



# **Estudio de Riesgo Ambiental**

**para la**

## **Estación de Suministro de Gas Natural Vehicular “Ecatepec”**

Elaboró:

Datos generales	Profesión	Área de participación
Juan Carlos Arredondo Brun	Ingeniero Químico y de Sistemas	Responsable del estudio
Paula Guadalupe Macías Díaz	Ingeniera Ambiental	Responsable Técnico
Servicios Integrales de Seguridad y Medio Ambiente, S. de R.L. de C.V.		Escenarios de riesgo ambiental Zonas de protección Simulaciones PHAST

Fecha: Febrero 2020

Nota: La denominación y logo de WIGAS corresponde a la marca comercial de la estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec.

## Índice

Índice de Tablas.....	4
Índice de Ilustraciones .....	5
<b>I. Escenarios de los Riesgos Ambientales Relacionados con el proyecto.....</b>	<b>6</b>
<b>I.1. Bases de diseño .....</b>	<b>6</b>
I.1.1 Proyecto civil .....	7
I.1.2. Proyecto mecánico.....	7
I.1.3 Proyecto sistema contra-incendio .....	7
<b>I.2 Descripción detallada del proceso.....</b>	<b>9</b>
I.2.1 Hojas de seguridad.....	12
I.2.2 Almacenamiento .....	23
I.2.3 Equipos de proceso y auxiliares .....	24
I.2.4 Pruebas de verificación .....	26
<b>I.3 Condiciones de operación .....</b>	<b>29</b>
I.3.1 Especificaciones del cuarto de control .....	30
I.3.2 Sistemas de aislamiento .....	33
<b>I.4 Análisis y Evaluación de Riesgos .....</b>	<b>34</b>
I.4.2 Metodología de identificación y jerarquización .....	36
<b>II. Descripción de las Zonas de protección en torno a las instalaciones .....</b>	<b>45</b>
II.1 Radios potenciales de afectación .....	45
II.2 Interacciones de Riesgo .....	61
<b>III Señalamiento de las medidas de seguridad y preventivas en materia ambiental .....</b>	<b>73</b>
<b>III. 1 Recomendaciones Técnico-Operativas.....</b>	<b>73</b>
III.1.1 Sistemas de seguridad .....	74
III.1.2 Medidas preventiva.....	76
<b>IV Resumen .....</b>	<b>80</b>
<b>IV.1 Señalar las conclusiones del estudio de riesgo ambiental .....</b>	<b>80</b>
<b>IV.2 Resumen de la situación general que presenta el proyecto en materia de riesgo ambiental.....</b>	<b>80</b>
<b>IV.3 Presentar el informe técnico debidamente llenado.....</b>	<b>82</b>
<b>V Identificación de los Instrumentos Metodológicos y Elementos Técnicos que sustentan la información señalada en el Estudio de Riesgo Ambiental .....</b>	<b>87</b>



<b>V.1</b>	<b>Formatos de presentación.....</b>	<b>87</b>
V.1.1	Planos de localización .....	87
V.1.2	Fotografías.....	89
V.1.3	Videos.....	95
<b>V.2</b>	<b>Otros anexos.....</b>	<b>95</b>

**Índice de Tablas**

Tabla 1 Normas y criterios utilizados para diseño de proyecto .....	6
Tabla 2 Resumen de los extintores.....	7
Tabla 3 Resumen de los sistemas auxiliares .....	7
Tabla 4. Características de los compresores .....	10
Tabla 5. Características de la Cascada .....	10
Tabla 6. Características de los surtidores .....	11
Tabla 7. Dimensiones de los cilindros de almacenamiento .....	23
Tabla 8. Límite inferior de explosividad y % en volumen en aire .....	24
Tabla 9. Características de los compresores .....	25
Tabla 10. Características de los surtidores .....	25
Tabla 11. Datos para cálculo de protección catódica de línea de baja presión. ....	28
Tabla 12. Datos para cálculo de protección catódica de línea de alta presión .....	28
Tabla 13. Condiciones de operación de la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec.....	29
Tabla 14 Terminología de análisis Hazop.....	37
Tabla 15 Palabras clave del análisis Hazop .....	37
Tabla 16 Desviaciones típicas para cada sección de proceso.....	37
Tabla 17 Resultados de Grados de Riesgo por Desviaciones.....	39
Tabla 18 Cuantificación de Riesgos de las Desviaciones.....	40
Tabla 19 Categorías de Frecuencia.....	41
Tabla 20 Categorías de Consecuencias .....	41
Tabla 21 Selección de las desviaciones de mayor riesgo del Hazop.....	44
Tabla 22 Guía de Grado de sistemas detección y aislamiento .....	46
Tabla 23 Tiempo de duración de la fuga basada en los sistemas de detección y aislamiento .....	46
Tabla 24 Clasificación de Estabilidad de Pasquill .....	48
Tabla 25 Identificación de Factores Ambientales Afectados Escenario 2 – Tubería de 6” .....	70
Tabla 26 Identificación de Factores Ambientales Afectados Escenario 3 – Tubería de 1” .....	71
Tabla 27 Identificación de Factores Ambientales Afectados Escenario 4 – “Cascada” .....	71
Tabla 28 Identificación de Factores Ambientales Afectados Escenario 5 – “Surtidor” .....	72
Tabla 29 Recomendaciones Técnico Operativas.....	73
Tabla 30 Datos para cálculo de protección catódica de línea de baja presión .....	78
Tabla 31 Datos para cálculo de protección catódica de línea de alta presión .....	78
Tabla 32 Escenarios de fuga evaluados .....	81
Tabla 33 Sustancias Involucradas .....	82
Tabla 34 Antecedentes de accidentes e incidentes .....	82
Tabla 35 Identificación y jerarquización de riesgos ambientales .....	83
Tabla 36 Estimación de consecuencias .....	84
Tabla 37 Criterios utilizados.....	86



## Índice de Ilustraciones

<i>Ilustración 1. Diagrama de bloques del proceso de la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec</i> .....	9
<i>Ilustración 2. Ubicación de los cilindros para almacenar gas natural comprimido</i> .....	24
<i>Ilustración 3. Ubicación de ERM, RCC y surtidores</i> .....	26
<i>Ilustración 4. Diagrama de bloques del proceso de la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec</i> .....	30
<i>Ilustración 5. Panel de control de compresor</i> .....	31
<i>Ilustración 6 Pantalla gráfica táctil del compresor</i> .....	31
<i>Ilustración 7 Arreglo de los equipos</i> .....	32
<i>Ilustración 8 App de ANGI para visualizar estado de los equipos en la EDS de gas natural comprimido</i> .....	33
<i>Ilustración 9 Plano de localización 1</i> .....	87
<i>Ilustración 10 Planos de localización 2</i> .....	88
<i>Ilustración 11 Plano de localización 3</i> .....	88

## I. Escenarios de los Riesgos Ambientales Relacionados con el proyecto

### I.1. Bases de diseño

Las normas y criterios utilizados para el diseño de la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec se muestran en la siguiente tabla y están divididas de acuerdo con los diferentes aspectos del proyecto:

*Tabla 1 Normas y criterios utilizados para diseño de proyecto*

Diseño	Normas y criterios utilizados
Civil	a) Reglamento para las construcciones del Distrito Federal b) Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcción del Distrito Federal para el diseño y construcción de las estructuras de concreto (6 de octubre de 2004) c) Aspectos fundamentales del concreto reforzado (Oscar González Cuevas-Roger Díaz de Cossío – Francisco Robles, Ed. Limusa) d) Concreto Reforzado Edward Nawy Ed. Prentice Hall e) Manual de productos de FESTER
Eléctrico	a) NOM-001-SEDE-2012 b) Normas de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (National Fire Protection Association) de los Estados Unidos NFPA 70 National Electrical Code c) International Electrotechnical Commission (IEC) 79-0 d) IEC 79-10 e) IEC 79-11
Mecánico	a) NOM – 010- ASEA-2016 b) NOM – 002-SECRE-2010 c) ANSI/ASME B31.2 Fuel gas Piping. d) ANSI B16.5 Steel Pipe Flanges and Flanged Fittings. e) ANSI B16.34 Steel Valves (Flanged and Butt-welding End). f) ANSI B16.40 Manually Operated Thermoplastic Gas Shut-offs and Valves in Gas Distribution Systems. g) API RP 5C6 Welding Connections to Pipe. h) API 5L Line Pipe. i) API 6D Pipeline Valves. j) API RP 500 Classification of Location for Electrical Installations at Petroleum Facilities. k) ANSI/NFPA 220 Type of Building Construction. l) NACE RP-01-69 Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping System. m) NACE RP-02-75 Application of Organic Coatings to the External Surface of Steel Pipe for Underground Service. n) ISO 9000 series Quality Management and Quality Assurance Standard. o) ANSI/ASME B31.3 p) ANSI/ASME B31.8

El área en la que se encuentra el predio es susceptible a sismicidad. En virtud de lo anterior se utilizaron reglamentos y normas de la región y se realizó un análisis sísmico de cada una de las estructuras que se prevé construir en la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec. De esta manera las estructuras serán resistentes a los sismos.

### I.1.1 Proyecto civil

Los resultados de la memoria técnica descriptiva del proyecto civil de los tanques de almacenamiento, equipos de proceso y auxiliares, entre otros se encuentra en el **Anexo 4** de la MIA.

### I.1.2. Proyecto mecánico

Los resultados de la memoria técnica descriptiva del proyecto mecánico de los tanques de almacenamiento, así como de los equipos de proceso y auxiliares, entre otros se encuentra en el **Anexo 4** de la MIA.

### I.1.3 Proyecto sistema contra-incendio

El riesgo de incendio para la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec se definió de acuerdo con la norma oficial mexicana *NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo*. Asimismo, con base en lo estipulado en la sección 7.17 de la misma norma se determinó el número de extintores requeridos.

- a) En la siguiente tabla se muestra la cantidad, capacidad y ubicación de los 21 extintores que tendrá la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec.

*Tabla 2 Resumen de los extintores*

Tipo de extintor	Capacidad	Cantidad	Ubicación
Extintor de CO <sub>2</sub>	7kg	1	Cuarto de tableros
		1	Cuarto de Sistema y Datos
		1	Subestación eléctrica
		6	Recinto de compresión
Polvo Químico Seco tipo ABC	12kg	6	Islas de despacho
		1	ERM
		1	Cuarto de Sistemas y Datos
		1	Cuarto de Tableros
		1	Administración
		1	Almacén
Polvo químico triclas ABC	70kg - rodante	1	Patio de maniobras trasvase

- b) Sistema de manejo de agua a presión  
 No se cuenta con un sistema de manejo de agua a presión en la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec.
- c) Los sistemas auxiliares se resumen en la Tabla 3.

*Tabla 3 Resumen de los sistemas auxiliares*

Sistemas	Cantidad	Ubicación
Pulsador de paro de emergencia en caso de fugas	6	Islas de despacho
	6	Recinto de compresión
	3	Compresores
	1	Cuarto de válvulas
	1	Exterior del edificio



Sistemas	Cantidad	Ubicación
	3	Tableros eléctricos
	6	Islas de despacho
Sensores de detección de fuga de gas	3	Compresores
	1	Cascada y panel prioritario
	1	Cuarto de válvulas
	1	Exterior de oficinas
Sirena de detección de fugas	1	Exterior de oficinas
Sistema de pararrayos de 25m de altura	1	Isla de despacho
Luz de emergencia	1	ERM
	2	Cuarto de tableros GNC
	1	Recinto de subestación eléctrica
	1	Cuarto de sistemas y data
	1	Administración
	1	Almacén
	1	Oficina de mantenimiento
	1	Financiera
Detector de humo	13	Indicados en el plano

En el **Anexo 5** de la MIA, se encuentran el plano **S-01 Seguridad y Señalización**, que indica la localización del sistema contra-incendio y la ubicación de todos los componentes del sistema dentro del arreglo general de la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec.

## I.2 Descripción detallada del proceso

El proyecto consiste en la construcción y puesta en operación de una estación de suministro de gas natural vehicular para expendio al público en Av. Vía Morelos (Carr. México-Pachuca) número 13, Col. San Pedro Xalostoc, Municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México. El predio tiene una superficie total de 4,191.94 m<sup>2</sup>. La estación de suministro contempla un área total construida de 911.60 m<sup>2</sup> en la cual se contará con áreas de oficinas, finanzas, administración, servicios sanitarios, mantenimiento y almacén; los recintos de compresores de gas natural, tableros y válvulas, el recinto de la subestación eléctrica, el cuarto de sistemas de control, los cuartos de compresores de aire y área de almacenamiento de residuos peligrosos. Conjuntamente, se prevee un espacio de 80m<sup>2</sup> como local comercial para tienda de autoservicio, área que está considerada en la cifra de área total construida. El patio de maniobras abarcará 2,788.44 m<sup>2</sup> y la zona de despacho de combustible, albergada bajo un canopy, será de 412.80m<sup>2</sup>. Se tiene prevista un área verde de 563.07m<sup>2</sup>.

Los componentes principales de la estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec se muestran en la ilustración siguiente.

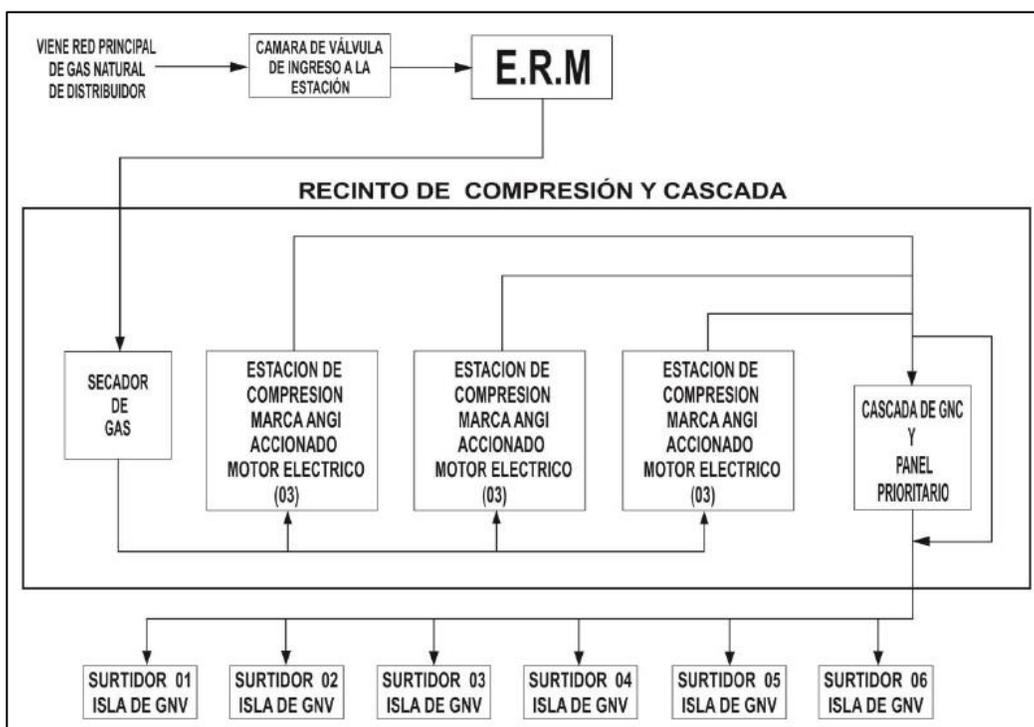


Ilustración 1. Diagrama de bloques del proceso de la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec

### 1. Estación de Regulación y Medición

La empresa ENGIE, a través de su filial MAXIGAS, cuenta con una red de distribución de gas natural en la Colonia San Pedro Xalostoc, Municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México. En esta colonia se encuentra el predio donde se prevé construir la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec. Dicha red de distribución proveerá con gas natural a la estación de suministro. El gas natural se recibirá en la Estación de Regulación y Medición (ERM) a fin de cuantificar el volumen de gas natural que se consume en la estación de suministro y una tubería de diámetro de 6 pulgadas de acero al carbono con un grosor de

7.11mm que transportará el gas natural al Recinto de Compresores y Cascada (RCC). La presión dentro de la tubería antes mencionada será de 7 bar. Se considera que la velocidad máxima del gas natural en este tramo de tubería será de 25m/s. Dentro de la ERM se cuenta con una sonda detectora de gas natural.

## 2. Recinto de Compresores y Cascada

El gas natural entra al Recinto de Compresores (RCC) a través de la tubería de diámetro de 6" de acero al carbono. Esta tubería alimenta a tres compresores a través de una acometida con tuberías de 3". Los compresores reciben el gas natural con una presión de 7 bar y por medio de 4 etapas incrementan la presión a 250 bar. Cada compresor cuenta con una sonda detectora de gas y un paro de emergencia. Los compresores que se utilizarán funcionan con un motor eléctrico y tienen las siguientes características:

*Tabla 4. Características de los compresores*

Marca	ANGI
Modelo	NG-300-E-S-4-Q
Tipo de motor	eléctrico
Presión de aspiración	7 bar
Capacidad de flujo a 4 bar	1200 Sm <sup>3</sup> /hora
Presión máxima de descarga	250 bar
Potencia motor baldor	250 HP
RPM de motor	1785
Número de etapas	4

El gas natural comprimido sale de los compresores en una tubería de 1" de diámetro con un espesor de 6.35mm. Esta tubería alimenta a la cascada con los cilindros de almacenamiento. Cabe mencionar que, existe una tubería paralela que evita enviar el gas natural directamente de los compresores a los surtidores en caso de que la demanda de GNC sea continua y no sea necesario almacenar el GNC en los cilindros.

## 3. Cascada con panel prioritario

La tubería de 1" de diámetro transporta el gas natural comprimido a 250 bar de los compresores a la cascada de gas natural (10 cilindros). La función de la cascada es almacenar el gas natural comprimido y enviarlo a los surtidores. El sistema de cascada tiene las siguientes características:

*Tabla 5. Características de la Cascada*

Capacidad de cada cilindro	200 litros
Número de cilindros	10
Capacidad total de cilindros	2000 litros
Tipo	Vertical
Material	Acero al cromo y molibdeno.
Presión de trabajo	250 bar
Presión de prueba	375 bar

## 4. Surtidores

Los cilindros envían el gas natural comprimido a los surtidores a través de una tubería de 1" con una bifurcación. De esta manera dos tuberías de 1" de diámetro alimentan con gas natural a dos surtidores cada una. Las tuberías conectan con los surtidores utilizando una válvula esférica y un conector dieléctrico de 1/2". Así, se abastecen 6 surtidores, cada uno se encuentra en una isla. Los surtidores podrán llenar los tanques de vehículos con gas natural mediante una manguera. Cada surtidor contará con un paro de emergencia y una sonda detectora de gas. En la siguiente tabla se describen las características de los surtidores:

*Tabla 6. Características de los surtidores*

Modelo	FF-050-2-B-1-S2
Capacidad de flujo	3lbm/min a 75lbm/min (57.14m <sup>3</sup> /h a 1428.81m <sup>3</sup> /h)
Temperatura de operación	-40°C to 54.44°C
Presión de trabajo máximo	5000 psi

Longitud de manguera de carga diámetro 1/2" y descarga de 3/8" con una longitud de 3.35m cada una.

### **Listados de Actividades Altamente Riesgosas**

Con fundamento en lo dispuesto por los artículos 5o. fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 fracción XXXII y 37 fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología expedieron el segundo listado de actividades altamente riesgosas en el Diario Oficial de la Federación el 4 de mayo de 1992.

El artículo 4º indica que las actividades asociadas con el manejo de sustancias inflamables y explosivas que deben considerarse altamente riesgosas son la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso y disposición final de metano, etano, butano y propano cuando se manejen cantidades iguales o superiores a cantidades de 500 Kg en estado gaseoso. De acuerdo con la Ley de Hidrocarburos, el gas natural se define como la mezcla de gases que se obtiene de la extracción o del procesamiento industrial y que es constituida principalmente por metano. Usualmente esta mezcla contiene etano, propano, butano y pentano. Asimismo, puede contener dióxido de carbono, nitrógeno y ácido sulfhídrico, entre otros.

En ese sentido, el gas natural que manejará la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec es una mezcla de gases compuesta principalmente por metano (88%), en menor medida por etano (9%) y una proporción pequeña de propano (3%). La cantidad máxima de almacenamiento es de 2,000 litros en volumen de agua dentro de la cascada. Como se mencionó anteriormente la cascada está compuesta por 10 cilindros de acero al cromo y molibdeno con una capacidad de prueba de 375 bar y presión de trabajo de 250 bar.

## I.2.1 Hoja de seguridad

### Sección 1. Identificación de la sustancia química peligrosa o mezcla y del proveedor o fabricante:

Nombre de la sustancia química peligrosa o mezcla	Gas natural
Otros medios de identificación	Gas seco, Gas natural licuado, Gas natural comprimido
Uso recomendado de la sustancia química peligrosa o mezcla, y restricciones de uso	En el sector industrial se utiliza en la generación de vapor, generación eléctrica, secado, industria de alimentos, fundición de metales, hornos, tratamientos térmicos, temple y recocido de metales y producción de petroquímicos entre muchos otros. En el sector comercial y doméstico se utiliza para la calefacción, aire acondicionado, preparación de alimentos, agua caliente y como combustible vehicular
Datos del proveedor o fabricante	Pemex Transformación Industrial. Subdirección de Procesos de Gas y Petroquímicos. Domicilio: Prolongación Paseo Usumacinta 1503, Colonia Tabasco 2000. Código Postal 86035. Villahermosa, Tabasco. México. Teléfono: 01 993 3103500 extensión 30170 para llamada nacional en México. Sustituir +52 en vez de 01 en caso de llamada internacional. Información adicional: <a href="http://www.pemex.com">www.pemex.com</a>
Número de teléfono en caso de emergencia	Llamar al Centro de Coordinación y Apoyo a Emergencias relacionados con la seguridad industrial, protección ambiental y seguridad física en centros de trabajo de Pemex, sus Empresas Productivas Subsidiarias y, en su caso, Empresas Filiales, disponible las 24 horas los 365 días al número telefónico 01 55 9689 6520.

### Sección 2. Identificación de los peligros:

Peligros	Clasificación SAC	Indicación de peligro
Físicos	Gas inflamable, categoría 1A. Gases a presión, categoría gas comprimido	H220 Gas extremadamente inflamable. H280 Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta.
Para la salud	Corrosión/irritación cutánea, categoría 2. Lesiones oculares graves/irritación ocular, categoría 2A.	H315 Provoca irritación cutánea. H319 Provoca irritación ocular grave. Nota: Las indicaciones de peligro para la salud fueron tomadas de ECHA, 2018.
Para el medio ambiente	No aplica	No aplica
Elementos de las etiquetas del SAC Pictograma		
Palabra de advertencia	Peligro	

Consejos de prudencia	
General	No aplica
Prevención	(H220) P202 No manipular antes de haber leído y comprendido todas las precauciones de seguridad. P210 Mantener alejado del calor, superficies calientes, chispas, llamas al descubierto y otras fuentes de ignición. No fumar. (H315/H319) P264 Lavarse la piel y los ojos cuidadosamente después de la manipulación. P280 Usar guantes de protección de cuero y equipo de protección para los ojos y la cara.
Intervención	(H220) P377 Fuga de gas inflamado: No apagar las llamas del gas inflamado si no puede hacerse sin riesgo. P381 En caso de fuga, eliminar todas las fuentes de ignición. (H315) P302+P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con abundante agua tibia. P321 Tratamiento específico: Lave la zona afectada con agua tibia durante al menos 15 minutos. Aplique un vendaje estéril. Obtenga asistencia médica inmediata. P332+P313 En caso de irritación cutánea: consultar a un médico. P362+P364 Quitar la ropa contaminada y lavarla antes de volverla a usar. (H319) P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado. P337+P313 Si la irritación ocular persiste, consultar a un médico.
Almacenamiento	(H220) P403 Almacenar en un lugar bien ventilado. (H280) P410+P403 Proteger de la luz solar. Almacenar en un lugar bien ventilado.
Eliminación:	No aplica
Otros peligros que no figuren en la clasificación	No aplica
Información adicional	No aplica

**Sección 3. Composición/información sobre los componentes:**

Nombre común:	Gas Natural			
Sinónimos	Gas natural licuado, gas natural comprimido, gas de los pantanos, grisú, hidruro de metilo, Liquefied Natural Gas (LNG).			
Identidad química				
Nombre químico	Número CAS	Concentración	Otros identificadores únicos	Numero ONU
Gas Natural	8006-14-2	100%	Número de comunidad europea 232-343-9	1971
Impurezas y aditivos estabilizadores	Etil Mercaptano 17-28 ppm, H <sub>2</sub> S 6,0 mg/m <sup>3</sup> máximo, Azufre total 150 mg/m <sup>3</sup> máximo, Nitrógeno 8,0% volumen máximo (Zona Sur) y 4,0% volumen máximo (CPG Poza Rica, Burgos y Arenque), CO <sub>2</sub> 3,0% volumen máximo, oxígeno 0,2% volumen máximo) y humedad 110 mg/m <sup>3</sup> máximo.			
Información adicional	No aplica			

**Sección 4. Primeros auxilios:**

Descripción de los primeros auxilios;	Descontaminación: no aplica <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inhalación: Retire a la víctima a un área no contaminada con equipo de respiración autónomo. Mantenga a la víctima caliente y recostada. Llame a un médico. Aplique ventilación artificial si se detiene la respiración.</li> <li>• Vía cutánea: En caso de congelación, lave la zona afectada con agua tibia durante al menos 15 minutos. Aplique un vendaje estéril. Obtenga asistencia médica inmediata.</li> <li>• Vía ocular: Enjuague los ojos inmediatamente con abundante agua tibia durante al menos 15 minutos. Obtenga asistencia médica inmediata.</li> <li>• Ingestión: La ingestión no se considera una posible ruta de exposición.</li> </ul>
Síntomas y efectos más importantes, agudos y crónicos, y	A altas concentraciones puede causar asfixia. Los síntomas pueden incluir pérdida de movilidad y del estado de alerta. La víctima podría no advertir el estado de asfixia. En bajas concentraciones puede causar efectos narcóticos. Los síntomas pueden incluir mareos, dolor de cabeza, náuseas y pérdida de la coordinación.  Crónico: Sensibilizante cardiaco, daño a sistema nervioso central.
Indicación de la necesidad de recibir atención médica inmediata y, en su caso, tratamiento especial.	Ante la presencia de dificultad respiratoria deben proporcionarse medidas de soporte vital avanzado el cual debe ser realizado por personal calificado.

**Sección 5. Medidas contra incendios:**

Medios de extinción apropiados;	Polvo químico seco (púrpura K = bicarbonato de potasio, bicarbonato de sodio, fosfato monoamónico), bióxido de carbono y aspersión de agua.
Medios de extinción no apropiados	Espuma
Peligros específicos de las sustancias químicas peligrosas o mezclas, y	No aplica
Medidas especiales que deberán seguir los grupos de combate contra incendio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actíve el Plan de Respuesta de Emergencia según la magnitud del evento.</li> <li>• Aún sin incendio, asegúrese de que el personal utilice el equipo de protección para combate de incendios.</li> <li>• Bloquee las válvulas que alimentan la fuga y proceda con los movimientos operacionales de ataque a la emergencia mientras enfría con agua las superficies expuestas al calor, ya que el fuego, incidiendo sobre tuberías y equipos provoca daños catastróficos.</li> </ul>

**Sección 6. Medidas que deben tomarse en caso de derrame accidental o fuga accidental:**

Precauciones personales, equipos de protección y procedimientos de emergencia	Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Llamar primero al número de teléfono en caso de emergencia.</li> <li>• Alejarse del lugar como mínimo 100 metros en todas las direcciones.</li> <li>• Eliminar todas las fuentes de ignición.</li> </ul>
---	---

	<p>Para el personal de los servicios de emergencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si esto sucede a la intemperie, el gas natural se disipa fácil y asciende rápidamente en las capas superiores de la atmósfera (ya que es más ligero que el aire); contrariamente, cuando queda atrapado en la parte inferior de techumbres se forman mezclas explosivas con gran potencial para explotar, y explotarán violentamente al encontrar una fuente de ignición.</li> <li>• Proceda a bloquear las válvulas que alimentan la fuga.</li> <li>• Mantenga alejado al personal no autorizado. El gas natural se disipará fácilmente.</li> <li>• Tenga presente la dirección del viento.</li> <li>• Elimine precavidamente fuentes de ignición y prevenga venteos para expulsar las probables fugas que pudieran quedar atrapadas.</li> <li>• Conectar eléctricamente a tierra todo el equipo que se use durante el manejo del producto.</li> <li>• Use rocío de agua para reducir los vapores o desviar la nube de vapor a la deriva.</li> <li>• No ponga agua directamente a la fuente de la fuga.</li> <li>• Prevenga la expansión de vapores a través de las alcantarillas, sistemas de ventilación y áreas confinadas.</li> </ul>
Precauciones relativas al medio ambiente, y	Evitar quemar el gas
Métodos y materiales para la contención y limpieza de derrames o fugas.	No aplica
Aviso adicional	El personal de operación, mantenimiento, seguridad y contra-incendio debe estar capacitado, adiestrado y equipado para cuidar, manejar, reparar y atacar incendios o emergencias, que deberá demostrarse a través de simulacros operacionales (falla eléctrica, falla de aire de instrumentos, falla de agua de enfriamiento, rotura de ducto de transporte, etc.) y contra-incendio.

**Sección 7. Manejo y almacenamiento:**

Precauciones que se deben tomar para garantizar un manejo seguro, y	<p>Evite respirar altas concentraciones de gas natural. Procure la máxima ventilación para mantener las concentraciones de exposición por debajo de los límites recomendados. Nunca trate de localizar fugas iluminándose con flama o cerillos. Utilice agua jabonosa o un detector electrónico de fugas a prueba de explosión.</p> <p>Verificar que la integridad mecánica - eléctrica de las instalaciones se encuentran en óptimas condiciones (diseño, construcción y mantenimiento) anticipadamente por medio de pruebas y auditorías:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificaciones de tubería (válvulas, conexiones, accesorios, etc.) y prácticas internacionales de ingeniería.</li> <li>• Detectores de mezclas explosivas, calor y humo con alarmas audibles y visuales.</li> <li>• Válvulas de operación remota para aislar grandes inventarios, entradas, salidas,</li> </ul>
---	--

	<p>etc., en prevención a posibles fugas, con actuador local o desde un refugio confiable.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redes de agua contra-incendio permanentemente presionadas, con sistemas disponibles de aspersión, hidrantes y monitores, con revisiones y pruebas frecuentes.</li> <li>• Extintores portátiles.</li> </ul>
Condiciones de almacenamiento seguro, incluida cualquier incompatibilidad.	Considerar para las naves industriales, los almacenes y las bodegas los extractores de tiro natural. Las techumbres deben tener precautoriamente venteos para desalojar las nubes de gas, de lo contrario, lo atraparán riesgosamente en las partes altas.
Aviso adicional	Todo sistema donde se maneje gas natural debe construirse y mantenerse de acuerdo con especificaciones que aseguren la integridad mecánica y protección de daños físicos. Las instalaciones, equipos, tuberías y accesorios (mangueras, válvulas, conexiones, etc.) utilizados para el almacenamiento, manejo y transporte de gas natural deben diseñarse, fabricarse y construirse de acuerdo con las normas aplicables y mantenerse herméticos para evitar fugas.

**Sección 8. Controles de exposición/protección personal:**

Parámetros de control					
Límites de exposición laboral					
Nombre químico	Tipo	ppm	Mg/m <sup>3</sup>	Observaciones	Referencia
Gas natural	PPT1	1000	No aplica	No disponible	NOM-010-STPS-2014
Índice Biológico de Exposición (IBE)					
Nombre químico	Determinante o parámetros biológicos	Momento del muestreo	IBE	Referencia	
Gas natural	No disponible	No disponible	No disponible	No disponible	

Controles técnicos apropiados, y Medidas de protección individual, como equipo de protección personal, EPP.	Utilice sistemas de ventilación natural en áreas confinadas, donde existan posibilidades de que se acumulen mezclas inflamables. Observe las normas eléctricas aplicables para este tipo de instalaciones (NFPA-70, "Código Eléctrico Nacional").
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección de los ojos/la cara: Anteojos de seguridad para protección frontal, lateral y superior de los ojos.</li> <li>• Protección de la piel: Camisola de manga larga y pantalón u overol de algodón 100%, guantes de cuero, botas industriales de cuero con casquillo de protección y suela antiderrapante a prueba de aceite y químicos.</li> <li>• Protección de las vías respiratorias: Utilizar líneas de aire comprimido con mascarilla o equipos de respiración autónoma en caso de combate contra incendio o espacio confinado.</li> <li>• Peligros térmicos: No aplica.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Otros: Utilice casco.</li> </ul>
Información adicional	Evite el contacto de la piel con metano en fase líquida ya que se provocarán quemaduras por congelamiento

**Sección 9. Propiedades físicas y químicas:**

Apariencia (estado físico, color, etc.)	Gas
Olor	Con ligero olor a huevos podridos
Umbral del olor	No disponible
Potencial de hidrógeno, pH	No aplica
Punto de fusión/punto de congelación	-182°C
Punto inicial e intervalo de ebullición	-165,5°C
Punto de inflamación	-222°C
Velocidad de evaporación	No aplica
Inflamabilidad (sólido/gas)	Extremadamente inflamable
Límite superior/inferior de inflamabilidad o explosividad	<p>Mezcla de aire y gas natural: Zonas A y B. En condiciones ideales de homogeneidad, las mezclas de aire con menos de 4,5% y más de 14,5% de gas natural no explotarán, aún en presencia de una fuente de ignición. Sin embargo, en condiciones prácticas, deberá desconfiarse de las mezclas cuyos contenidos se acerque a la zona explosiva, donde sólo se necesita una fuente de ignición para desencadenar un incendio o explosión</p> <p>Calibración de las alarmas en los detectores de mezclas explosivas: Punto 1 = 20% del LIE.- Alarma visual y audible de presencia de gas en el ambiente. Punto 2 = 60% del LIE.- Se deberán ejecutar acciones de bloqueo de válvulas, disparo de motores, etc., antes de llegar a la Zona Explosiva.</p> 

	Zona Explosiva. Las mezclas del gas natural con aire en concentraciones entre 4,5% y 14,5% son explosivas, solo hace falta una fuente de ignición para provocar una explosión.
Presión de vapor	No disponible
Densidad de vapor	0,61 @ 15,5°C (más ligero que el aire)
Densidad relativa	0,5540 (Agua = 1) @ 0°/4°C
Solubilidad(es)	Ligeramente soluble @ 20°C (de 0,1 @ 1,0%)
Coefficiente de partición n-octanol/agua	No disponible
Temperatura de ignición espontánea	525,22°C
Temperatura de descomposición	No disponible
Viscosidad	No disponible
Peso molecular	18.2
Otros datos relevantes	Poder calorífico: 36,1 – 43,6 MJ/m <sup>3</sup> (Zona Sur) 37,3 – 43,6 MJ/m <sup>3</sup> (CPG Poza Rica, Burgos, Arenque) Temperatura de rocío de hidrocarburos: - 2°C máximo

**Sección 10. Estabilidad y reactividad:**

Reactividad;	No disponible
Estabilidad química;	Estable en condiciones normales de almacenamiento y manejo.
Posibilidad de reacciones peligrosas;	Evite el contacto con peróxidos, plásticos, dióxido de cloro y calor.
Condiciones que deberán evitarse;	Manténgalo alejado de fuentes de ignición y calor intenso ya que tiene un gran potencial de inflamabilidad.
Materiales incompatibles, y	Oxidantes fuertes con los cuales reacciona violentamente (pentafluoruro de bromo, trifluoruro de cloro, cloro, flúor, heptafluoruro de yodo, tetrafluoroborato de dioxigenil, oxígeno líquido, ClO <sub>2</sub> , NF <sub>3</sub> , OF <sub>2</sub> ). Halógenos e interhalógenos.
Productos de descomposición peligrosos	Los gases o humos, productos de su combustión son: bióxido de carbono y monóxido de carbono (gas tóxico).

**Sección 11. Información toxicológica:**

Información sobre las vías probables de ingreso;	Por inhalación, cutánea y ocular.
Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas;	Mareo, cefalea, náuseas y fatiga.  Toxicidad aguda: En dosis altas puede causar asfixia y daño en sistema nervioso central.  Corrosión e irritación cutáneas: En general, los alcanos y monoalquenos (C1-C4) son, a lo sumo, irritantes cutáneos leves. La irritación de la piel podría ser causada por la presencia de ciertos componentes, particularmente amoníaco. Por lo tanto, la clasificación de la irritación de la piel podría estar justificada para algunos de los productos químicos de este grupo.

	<p>Lesiones oculares graves e irritación ocular: En general, los alcanos y monoalquenos (C1-C4) son, a lo sumo, irritantes para los ojos. La irritación ocular podría ser causada por la presencia de ciertos componentes, particularmente amoníaco.</p> <p>Sensibilización respiratoria o cutánea: Según los datos disponibles para alcanos y monoalquenos (C1-C4) y los otros componentes químicos, los productos químicos en este grupo no se consideran sensibilizadores de la piel. Observación en humanos: Se informa que los alcanos son sensibilizadores cardíacos débiles en altas concentraciones y se han relacionado con muertes súbitas.</p> <p>Mutagenicidad en células germinales: En general, los alcanos y monoalquenos (C1-C4) no se consideran con potencial genotóxico en función del peso de la evidencia de los resultados en varios ensayos in vitro e in vivo.</p> <p>Carcinogenicidad: En base a los datos limitados disponibles, se considera que los alcanos y monoalquenos (C1-C4) tienen un bajo potencial de carcinogenicidad, aunque no se pueden descartar los efectos si se producen exposiciones crónicas a altas concentraciones.</p> <p>Toxicidad para la reproducción: No hay estudios de toxicidad reproductiva específicos disponibles para los productos químicos. Se observó una mayor incidencia en el porcentaje de espermatozoides anormales a 10.000 ppm, en un estudio de inhalación de 13 semanas con la sustancia química análoga. No se observaron efectos en el recuento y la motilidad de los espermatozoides. En general, para alcanos y monoalquenos (C1-C4) no hay evidencia de toxicidad reproductiva y los efectos del desarrollo solo se observan como consecuencia de la toxicidad materna.</p>
Efectos inmediatos y retardados, así como efectos crónicos producidos por una exposición a corto o largo plazo;	Irritación ocular y dérmica.
Medidas numéricas de toxicidad (tales como estimaciones de toxicidad aguda);	No disponible
Efectos interactivos	No aplica
Otra información	No aplica

**Sección 12. Información ecotoxicológica:**

Toxicidad	No hay información disponible sobre toxicidad aguda y crónica para Organismos Acuáticos o Terrestres.
Persistencia y degradabilidad	El gas natural contiene al metano en mayor proporción, que es considerado uno de los gases de efecto invernadero, un contaminante de vida corta con una vida media

	de 12 años, 84 veces más potente que el CO <sub>2</sub> en un horizonte de 20 años. El metano es el principal precursor del ozono troposférico, un gas de efecto invernadero potente y contaminante.
Potencial de bioacumulación	No presenta riesgo de potencial exposición de bioacumulación. Para el caso del metano, el potencial de bioconcentración en organismos acuáticos es bajo (Factor de Bioconcentración=2).
Movilidad en el suelo	Se espera que el metano tenga movilidad muy alta en base a un Koc estimado de 9.
Otros efectos adversos.	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 Cambio Climático.

**Sección 13. Información relativa a la eliminación de los productos:**

Se recomienda considerar las propuestas de mitigación a la atmósfera de la Coalición de Clima y Aire Limpio bajo un esquema de viabilidad, tomando en cuenta las condiciones de operación, logística, seguridad y las consideraciones de costos.

**Sección 14. Información relativa al transporte:**

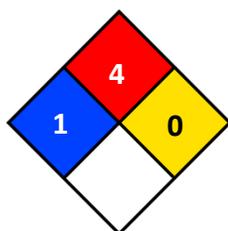
Número ONU;	1971
Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas;	Gas Natural, comprimido con alta proporción de metano.
Clase(s) de peligros en el transporte;	2.1
Grupo de embalaje/envasado, si se aplica;	No aplica
Riesgos ambientales;	No aplica
Precauciones especiales para el usuario, y	No se permite el transporte del gas natural comprimido de cantidades limitadas al amparo de la NOM-011-SCT2/2003 en México. No se permite el transporte como cantidad exceptuada.  Envases y/o embalajes y Recipientes Intermedios para Granel (RIG) (IBC): Instrucciones de envase y embalaje P200: Recipientes a presión autorizados: Botellas, tubos, bidones a presión, bloques de botellas y Contenedores de Gas de Elementos Múltiples. 10 años para la periodicidad de los ensayos, con una presión de servicio no superior a dos terceras partes de la presión de ensayo.
Transporte a granel con arreglo al anexo II de MARPOL 73/78 y al Código CIQ (IBC por sus siglas en inglés).	No aplica

**Sección 15. Información reglamentaria:**

Se debe reportar a través del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes en México cuando se emita o transfiera más de 2.500 kg/año de metano y con un umbral de 100.000 kg/año por manufactura, procesos u otros usos.

**Sección 16. Otras informaciones incluidas las relativas a la preparación y actualización de las hojas de datos de seguridad:**

Clasificación del grado de riesgo NFPA:



Salud	1
Inflamabilidad	4
Reactividad	0

Fecha de elaboración: 14 de septiembre del 2018

Fecha de actualización: 8 de octubre del 2018

**Referencias**

- a) ATSDR. (2012). Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Atlanta: Servicio de Salud Pública.
- b) Australian Government. (2017, mayo 10). INVENTORY MULTI-TIERED ASSESSMENT AND PRIORITISATION (IMAP) - NICNAS. Retrieved from <https://www.nicnas.gov.au/chemicalinformation>
- c) CCAC. (2018). Accelerating Methane and Black Carbon Reductions from Oil and Natural Gas Production | Climate & Clean Air Coalition. Retrieved from <http://ccacoalition.org/en/initiatives/oil-gas>
- d) ECHA. (2018). European Chemicals Agency. Retrieved from <https://echa.europa.eu>
- e) EINECS. (n.d.). NIOSH: Pocket Guide to Chemical Hazards, International Chemical Safety Cards. US Environmental Protection.
- f) Naciones Unidas. (2015). Recomendaciones relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas Reglamentación Modelo. Nueva York y Ginebra: Naciones Unidas.
- g) Naciones Unidas. (2017). Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos (SGA) ST/SG/AC.10/30/Rev.7. Nueva York y Ginebra: Naciones Unidas.
- h) NIH. (2018). TOXNET. Retrieved from <https://toxnet.nlm.nih.gov>
- i) PEMEX. (2000). Hoja de Datos de Seguridad Gas Natural. México: Pemex Gas y Petroquímica Básica.
- j) PTI. (2018). Monitoreo y Medición de Especificaciones de Productos Gas Natural (Gas Seco) Especificación PGPB 010, con referencia a la NOM-001-SECRE vigente. México: Subdirección de Proceso de Gas y Petroquímicos.
- k) SCT. (2012, enero 27). Norma Oficial Mexicana NOM002-SCT/2011, Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados. Diario Oficial.
- l) SEMARNAT. (2014, enero 24). Norma Oficial Mexicana NOM-165-SEMARNAT-2013, Que establece la lista de sustancias sujetas a reporte para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes. Diario Oficial.
- m) STPS. (2014, abril 28). Norma Oficial Mexicana NOM010-STPS-2014, Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral - Reconocimiento, evaluación y control. Diario Oficial.



- n) STPS. (2015, octubre 9). NORMA Oficial Mexicana NOM018-STPS-2015, Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo. Diario Oficial.
- o) Transport Canada, CIQUIME, SCT, & U.S. Department of Transportation. (2016). Guía de Respuesta en Caso de Emergencia.
- p) Norma Mexicana NMX-R-019-SCFI-2011 Sistema armonizado de calificación y comunicación de peligros de los productos químicos. Globally Harmoized System (GHS)

Aviso: La información se considera correcta, pero no es exhaustiva y se utilizará únicamente como orientación, la cual está basada en el conocimiento actual de la sustancia química o mezcla y es aplicable a las precauciones de seguridad apropiadas para el producto.

## I.2.2 Almacenamiento

La estación de suministro de gas natural vehicular contará con 10 cilindros para almacenar gas natural. Estos cilindros están compuestos por acero al cromo y molibdeno y fabricados de acuerdo con el estándar de calidad ISO:9809-1:2010 Cilindros de gas -- Cilindros de gas rellenables de acero sin costura -- Diseño, construcción y pruebas -- Parte 1: Cilindros de acero templado y revenido con resistencia a la tracción inferior a 1 100 MPa. (Gas cylinders -- Refillable seamless steel gas cylinders -- Design, construction and testing -- Part 1: Quenched and tempered steel cylinders with tensile strength less than 1 100 MPa).

Las dimensiones de los cilindros se muestran a continuación:

*Tabla 7. Dimensiones de los cilindros de almacenamiento*

Longitud	1915 mm
Diámetro externo	406 mm
Espesor	10.7 mm

La capacidad máxima de almacenamiento de cada cilindro asciende a 200 litros en volumen de agua. Por lo tanto, los 10 cilindros tendrán una capacidad de almacenar 2,000 litros en volumen de agua en su conjunto.

Es importante destacar que los principales dispositivos de seguridad son los siguientes:

- a) **Presostato (interruptor de presión):** dispositivo de control de arranque y parada del compresor;
- b) **Manómetro:** indica la presión de almacenaje en la cascada;
- c) **Válvula de seguridad:** sistema de seguridad que actúa en caso de sobre presión;
- d) **Válvula de exceso de flujo:** elemento de seguridad que bloquea la salida de gas ante un aumento brusco de flujo;
- e) **Válvula de cilindro:** Dispositivo de apertura y cierre de cada cilindro; además cuenta con una válvula de seguridad para exceso de temperatura;
- f) **Válvula anti retorno:** Componente que impide el retroceso de gas hacia el compresor;
- g) **Válvula prioritario:** Componente que produce automáticamente cuando el almacenaje no posea el suficiente diferencial de presión para recargar los depósitos de los vehículos;
- h) **Válvula de corte remoto:** con actuador simple efecto a la salida de los tanques de almacenamiento;
- i) **Sistema de alarma:** sistema que detecta una concentración del 10% de su límite inferior de explosividad.
- j) **Sistema de alarma general:** Se cuenta con un sistema de alarma para alertar de una emergencia a la población de la estación;
- k) **Sistema de desfogue:** en caso de una sobrepresión se cuenta con un sistema de desfogue que libera el gas a una altura de 7 m por encima del suelo;
- l) **Sistema de combate contra incendio:** se cuenta con extintores rodantes y portátiles que serán utilizados en caso de una emergencia, y
- m) **Sistema de señalamiento:** para facilitar el identificar los riesgos y los sistemas de seguridad se cuenta con un sistema de señalética conforme a la normativa vigente mexicana.

Una sonda detectora de gas se instalará en el techo, directamente sobre la ubicación de los cilindros. Por otro lado 6 paros de emergencia se colocarán en el cuarto donde se ubicarán los cilindros y compresores. Estos paros de emergencia son a prueba de explosión y cumplirán con la norma IRAM-IAP-IEC-79. En caso de ser necesario, se presionarán los pulsadores para activar el paro y cortar la energía de las instalaciones. Cada pulsador tiene grado de protección IP 65 de acuerdo con la norma IEC 529 y DIN 40050. Los pulsadores serán de tamaño grande, golpe de puño, instalado a 1.80 m de altura respecto del suelo y claramente identificados. Todos los elementos sometidos a presión poseerán su correspondiente certificado de aprobación. Los cilindros se ubicarán dentro del Recinto de

Compresión y Cascada en dónde se muestra el recuadro color rojo dentro de la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec:

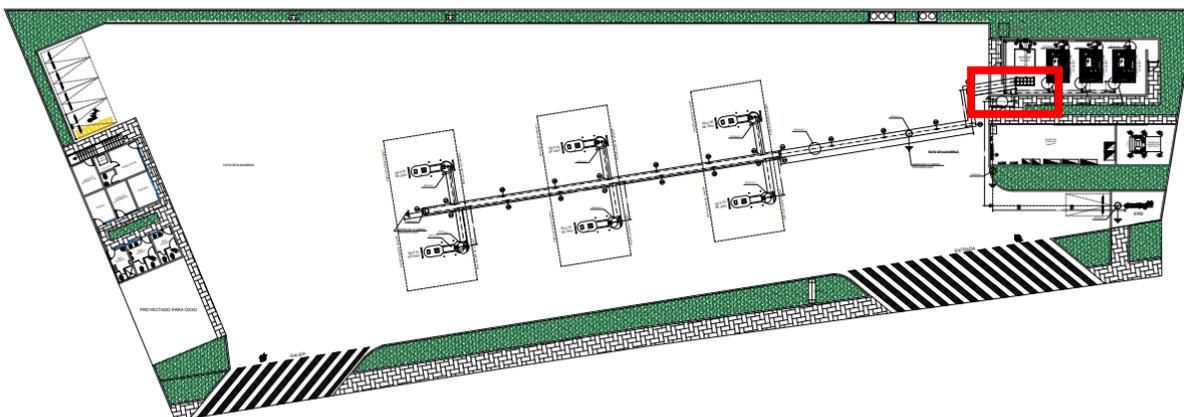


Ilustración 2. Ubicación de los cilindros para almacenar gas natural comprimido

### 1.2.3 Equipos de proceso y auxiliares

Se estima que los equipos dentro de la Estación de Regulación y Medición, Recinto de Compresores y Cascada (RCC) y Surtidores tendrán un tiempo estimado de uso de 20 horas diarias, siete días a la semana y 365 días al año. Los equipos tendrán mantenimiento periódico de acuerdo con lo indicado por el fabricante.

#### Estación de Regulación y Medición

La Estación de Regulación y Medición (ERM) tiene como propósito cuantificar el volumen de gas natural que se consume en la EDS y evitar que la conexión afecte la red de distribución generando fenómenos de contra presión o vacío. Por medio de una tubería de diámetro de 6 pulgadas de acero al carbono con un grosor de 7.11mm se transportará el gas natural al RCC. La presión dentro de la tubería antes mencionada será de 7 bar. Se considera que la velocidad máxima del gas natural en este tramo de tubería será de 25m/s. Dentro de la ERM se cuenta con una sonda detectora de gas natural. Las sondas detectoras de gas son a prueba de explosión y estarán calibradas en tres niveles de alarma: 10% del Límite Inferior de Explosividad (LIE) (pre alarma), 20% LIE (alarma) y 100% LIE. Al sistema se conecta la sirena que se activa en caso de fuga de gas para alertar al operador a través de una alarma auditiva y/o visual.

Los límites de explosividad del metano, principal componente del gas natural, en % vol. en aire son:

Límite inferior de explosividad (LIE) = 4.4 (como se muestra en la siguiente tabla)

Límite superior de explosividad (LSE) = 17

Tabla 8. Límite inferior de explosividad y % en volumen en aire

Gas metano (principal componente del gas natural)										
% Volumen	0.44	0.88	1.32	1.76	2.2	2.64	3.08	3.52	3.96	4.4
% en LIE	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

La ERM también contará con letreros de seguridad colocados al exterior, un pulsador de emergencia en el exterior, un extintor PQS de 12 Kg., tomacorriente antiexplosiva (APE), tubería de venteo y pozo de tierra para descargar la energía estática que se pueda acumular en las estructuras y equipos instalados en el recinto.

### Recinto de Compresores y Cascada

El gas natural entra al Recinto de Compresores y Cascada (RCC) a través de la tubería de diámetro de 6" de acero al carbono. Esta tubería alimenta a tres compresores a través de una acometida con tuberías de 3". Los compresores reciben el gas natural con una presión de 7 bar y por medio de 4 etapas de compresión incrementan la presión a 250 bar. Cada compresor cuenta con una sonda detectora de gas y un paro de emergencia. Los compresores que se utilizarán funcionan con un motor eléctrico y tienen las siguientes características:

*Tabla 9. Características de los compresores*

Marca	ANGI Energy Systems
Modelo	NG-300-E-S-4-Q
Tipo de motor	eléctrico
Presión de aspiración	7 bar
Capacidad de flujo a 4 bar	1200 Sm <sup>3</sup> /hora
Presión máxima de descarga	250 bar
Potencia motor baldor	250 HP
RPM de motor	1785
Número de etapas	4

El gas natural comprimido sale de los compresores en una tubería de 1" de diámetro con un espesor de 6.35mm. Esta tubería alimenta a la cascada con los cilindros de almacenamiento. Cabe mencionar que, existe una tubería paralela que evita enviar el gas natural directamente de los compresores a los surtidores en caso de que la demanda de GNC sea continua y no sea necesario almacenar el GNC en los cilindros. El RCC se construirá de concreto armado con resistencia adecuada al fuego y calor (muros de 4TRF - resistencia mínima de 4 horas al fuego), espesor mínimo de 20cm y calidad de concreto correspondiente a 250 kg/cm<sup>2</sup>.

### Surtidores

Los cilindros envían el gas natural comprimido a los surtidores a través de una tubería de 1" con una bifurcación. De esta manera dos tuberías de 1" de diámetro alimentan con gas natural a dos surtidores cada una. Las tuberías conectan con los surtidores utilizando una válvula esférica y un conector dieléctrico de 1/2". Así, se abastecen 6 surtidores, dos en cada una de las islas. Los surtidores podrán llenar los tanques de vehículos con gas natural mediante una manguera. Los surtidores son de alto caudal encargados de suministrar el gas regulado a los vehículos, con una presión máxima de suministro de 200 bar (3000 psi) de acuerdo con las normas y se cuantifica el volumen mediante un medidor de flujo másico. Cada surtidor contará con un paro de emergencia y una sonda detectora de gas. En la siguiente tabla se describen las características de los surtidores:

*Tabla 10. Características de los surtidores*

Modelo	FF-050-2-B-1-S2
Capacidad de flujo	3lbm/min a 75lbm/min (57.14m <sup>3</sup> /h a 1428.81m <sup>3</sup> /h)
Temperatura de operación	-40°C to 54.44°C

Presión máxima de suministro 3000 psi

Longitud de manguera de carga de diámetro 1/2" y descarga de 3/8" con una longitud de 3.35m cada una.

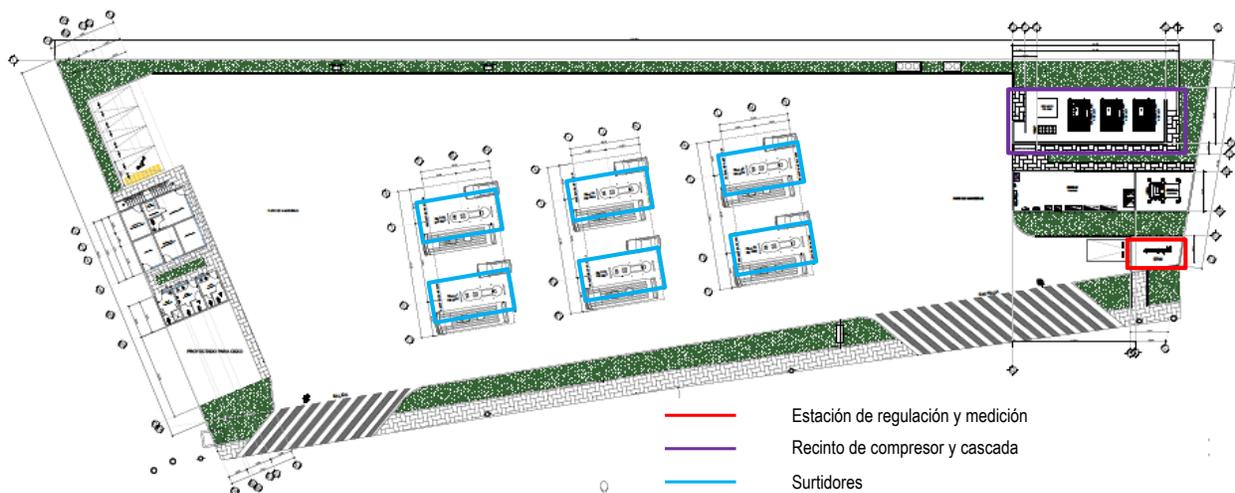


Ilustración 3. Ubicación de ERM, RCC y surtidores

Los planos de detalle mecánico de los principales equipos se encuentran en el **Anexo 5** de la MIA.

### I.2.4 Pruebas de verificación

A continuación, se describen las condiciones en las que se realizan las pruebas hidrostáticas, radiografiado, protección anticorrosiva, de los tanques de almacenamiento y de los equipos de proceso entre otros.

#### ○ Prueba hidrostática

De acuerdo con la *NOM-010-ASEA-2016*, antes del inicio de operaciones de la estación de GNC se deben realizar pruebas hidrostáticas o neumáticas del sistema. Asimismo, se establece que la tubería y accesorios de la Estación de GNC deben probarse hidrostáticamente a 1.5 veces o neumáticamente a 1.1 veces la presión de diseño. En virtud de lo anterior las pruebas se llevarán a cabo conforme a continuación se describe:

La prueba hidrostática se llevará a cabo en las estaciones para verificar la hermeticidad de las líneas de alta presión y de sus componentes. 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 homogéneo producido por el agua a presión. Cabe mencionar que, durante la prueba se retirarán los discos de ruptura, válvulas de relevo, recipientes e instrumentos que se puedan dañar.

Equipos y materiales para realizar la prueba:

- Bomba hidráulica capaz de alcanzar la presión de prueba;
- Manómetros con escala graduada no mayor a 2 (dos) veces la presión de prueba;
- Registrador con gráfica tiempo-presión;
- Válvulas capaces de soportar la presión de prueba;
- Tubería, mangueras y conectores adecuadas para conectar el sistema, y

- f) Agua para llenar el sistema o elemento a probar.

**Procedimiento:**

- 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 debe elevar gradualmente la presión del agua hasta alcanzar aproximadamente la mitad de la presión de prueba;
- c) Se debe incrementar la presión del agua a intervalos de 0.1 veces cada diez minutos, hasta que ésta alcance 1.5 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 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.

**Resultados**

Se verificará que no existan fugas, corroborando mediante la gráfica del registrador de presión. En caso de presentarse alguna fuga, será reparada, y se probará nuevamente la sección hasta comprobar su hermeticidad.

- o **Prueba Neumática**

Esta prueba se aplica para confirmar que las conexiones de las líneas y componentes de la estación resisten sin fuga el esfuerzo homogéneo producido por gas inerte a presión.

**Equipos y materiales para realizar la prueba neumática:**

- a) Equipo neumático capaz de alcanzar la presión de prueba;
- b) Manómetros con escala graduada no mayor a 2 (dos) veces la presión de prueba;
- c) Registrador con gráfica tiempo-presión;
- d) Válvulas capaces de soportar la presión de prueba;
- e) Tubería, mangueras y conexiones adecuadas para conectar el sistema, y
- f) Gas inerte suficiente para poder presurizar la parte del sistema y elementos a probar.

**Procedimiento:**

- a) Se elevará gradualmente la presión del gas hasta alcanzar aproximadamente la mitad de la presión de prueba;
- b) Se incrementará la presión del gas a intervalos de 0.1 cada 10 minutos, hasta que alcance 1.5 la presión de operación; y se verifica mediante la gráfica tiempo-presión que la presión se mantiene al menos durante 30 minutos, y
- c) Se reducirá la presión del gas a 1.1 la presión de operación y se verifica mediante el registro gráfico que la presión se mantiene durante ocho horas, para permitir la inspección en todos los puntos y conexiones de la línea.

**Resultados**

El material y equipo no deben presentar fugas, utilizando una solución tensoactiva formadora de espuma para detectarlas, esto se corrobora mediante la gráfica tiempo-presión del registrador de presión. En caso de presentarse alguna fuga, ésta debe ser reparada y se debe probar nuevamente esa sección con el mismo procedimiento hasta comprobar su hermeticidad.

- o **Protección anticorrosiva**

Se implementará un sistema de protección catódica con ánodos de sacrificio para las tuberías de acero enterradas. Para la red de baja presión de 6" soterrada, se instalarán 2 ánodos de magnesio de 17 lbs pre empacado. Para la red de Alta Presión de 1" Soterrada, se instalará 2 ánodos de Magnesio de 17 Lbs. pre empacado.

*Tabla 11. Datos para cálculo de protección catódica de línea de baja presión.*

Vida media del sistema de protección catódica	10 años
Diámetro (m)	6" ~ 0.1524 m
Longitud de tubería (m)	30 (aproximadamente)
Resistividad de la arena de relleno (Ohm-cm)	6,000
Desgaste de la pintura a 10 años (estimado)	10 %
Densidad de corriente	0.035 amp/m <sup>2</sup> (área desnuda)
	0.0004 amp/m <sup>2</sup> (área recubierta)
Tipo de ánodo a utilizar	17 lbs de magnesio

*Tabla 12. Datos para cálculo de protección catódica de línea de alta presión*

Vida media del sistema de protección catódica	10 años
Diámetro (m)	1" ~ 0.0254 m
Longitud de tubería (m)	140 (aproximadamente)
Resistividad de la arena de relleno (Ohm-cm)	6,000
Desgaste de la pintura a 10 años (estimado)	10 %
Densidad de corriente	0.035 amp/m <sup>2</sup> (área desnuda)
	0.0004 amp/m <sup>2</sup> (área recubierta)
Tipo de ánodo a utilizar	17 lbs de magnesio

Los tubos de acero al carbono exteriores se protegerán de la corrosión mediante la aplicación de pintura anticorrosiva epóxica: color amarillo RAL 1004, espesor de pintado 8 mil (200 micras, base más acabado), la medición puede realizarse con un micrómetro digital. Las tuberías y accesorios aéreos tendrán aplicación de pintura base epóxico acabado poliuretano. Para el inicio del pintado no se permitirá tener expuesto el arenado más allá de cuatro horas, además de no permitirse pintar si las condiciones de lluvias están presentes, las condiciones generalmente favorables se dan en las mañanas.

Las tuberías, accesorios y las áreas expuestas de las uniones que serán enterradas deben revestirse con cintas Polyken, con un espesor de 140 mills de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Se verificará la correcta instalación de las cintas Polyken, mediante inspección visual, prueba de adherencia y mediante holiday test antes de proceder al tapado de la zanja.

○ **Radiografiado**

La red de baja presión comprende desde el tren de válvulas localizadas aguas abajo de la ERM conformado por una válvula esférica bridada con actuador neumático, una válvula check bridada y una válvula esférica manual bridada hasta el punto de conexión con las estaciones de compresión. Los materiales utilizados son tuberías de acero al carbono cedula 40 de Ø 6" y Ø 3", accesorios Clase 150, 300 y 600; estos materiales están diseñados para operar a la presión regulada de 7 bar, cuya regulación de presión se efectúa en la ERM mediante un regulador de presión. Las uniones entre tuberías se realizarán mediante basándose en la última versión del estándar API-1104 con base en la Norma Oficial Mexicana *NOM-002-SECRE-2010, Instalaciones de aprovechamiento de gas natural*. Los ensayos no – destructivos (END) serán realizados por medio de inspección visual, inspección con líquidos penetrantes y placas radiográficas. Se realizará la inspección radiográfica al 100% de las uniones soldadas en todo el perímetro de la junta soldada. Se evaluarán las juntas de acuerdo con el estándar API-1104.

- El equipo de compresión, de cascada y los surtidores serán sometidos a pruebas de calidad de acuerdo con la norma *NFPA 52 para Sistemas de Gas Natural Comprimido para Vehículos (Compressed Natural Gas (CNG) Vehicular Fuel Systems)* y el *Código Nacional Eléctrico (National Electrical Code) ANSI/NFPA 70*, se entregan con un certificado de fabricación. En el caso de la cascada, los cilindros son sometidos a pruebas de presión de 375 bar. Los cilindros son de 674.9 bar. Dichos certificados se tendrán una vez que se compren los equipos y se presente la documentación para el inicio de operaciones. Una vez que ya se cuenta con los certificados y hasta un año o año y medio se vuelve a hacer la calibración de los equipos y se procede a realizar la verificación por un tercero acreditado.

### I.3 Condiciones de operación

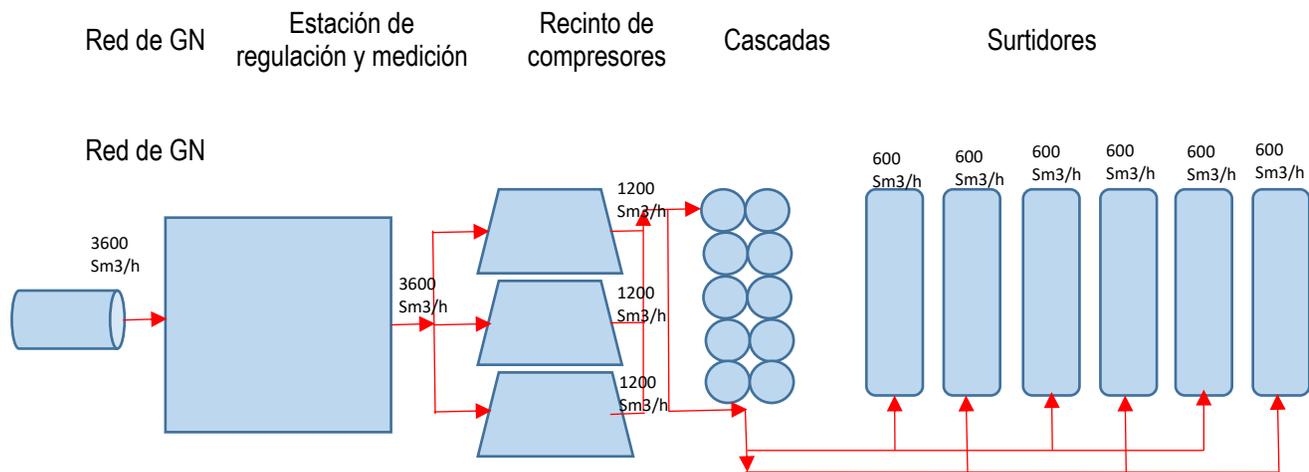
En la siguiente tabla se describen las condiciones de operación de la estación de suministro por componente.

*Tabla 13. Condiciones de operación de la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec*

Componente	Flujo	Temperatura (°C)	Presión de diseño (bar)	Presión de operación (bar)	Estado físico
ERM	3000 Sm <sup>3</sup> /h	17	7	7	Gaseoso
Compresor	1200 Sm <sup>3</sup> /h	40	350	250	Gaseoso
Cascada	2400 Sm <sup>3</sup> /h	40	375	250	Gaseoso
Surtidores	57.14m <sup>3</sup> /h a 1428.81m <sup>3</sup> /h	32	345	200	Gaseoso

En el siguiente diagrama de flujo de proceso se indican los equipos principales y auxiliares, y los balances de masa.

El diagrama de tubería e instrumentación se encuentra en el **Anexo 5** (Plano DT-01) de la MIA.



*Ilustración 4. Diagrama de bloques del proceso de la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec*

### I.3.1 Especificaciones del cuarto de control

Los compresores cuentan con sistema de control ANGI CCP SIEMENS S7 y se pueden controlar por medio de un panel de control que incluye de una pantalla gráfica táctil. Estos dispositivos se muestran en las siguientes ilustraciones.

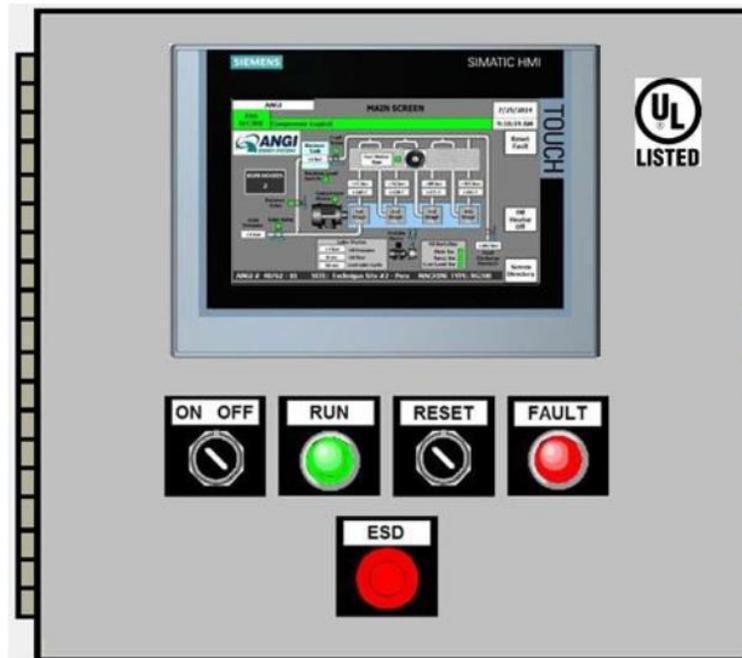


Ilustración 5. Panel de control de compresor

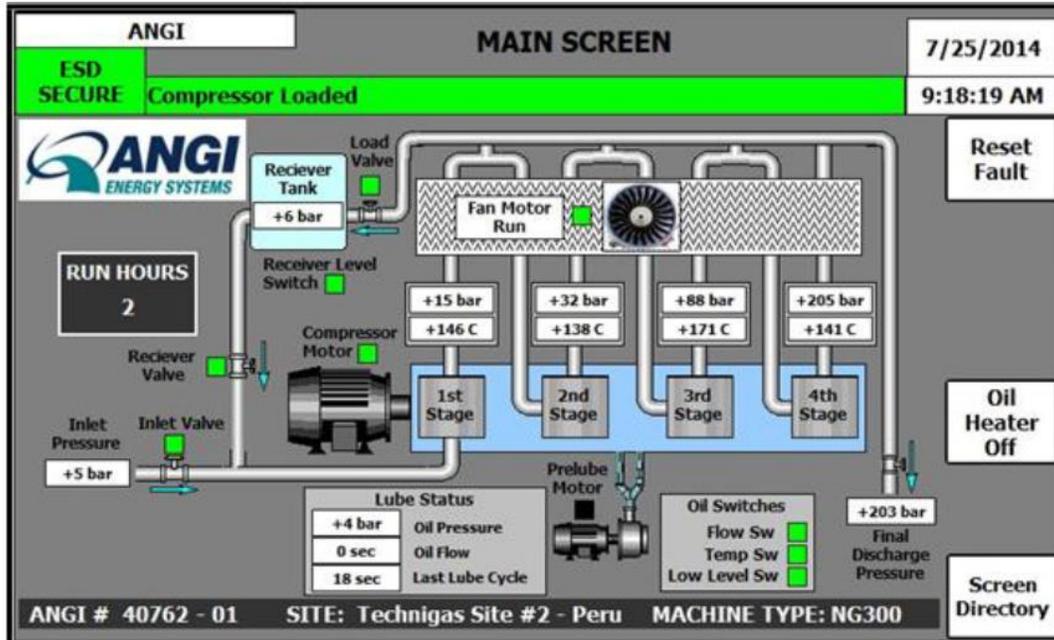


Ilustración 6 Pantalla gráfica táctil del compresor

La pantalla gráfica táctil muestra un compresor recíproco con presiones y temperaturas entre etapas, válvulas de control y enfriamiento del ventilador. Cada uno de los equipos está conectado a un servidor web local como se muestra en la siguiente ilustración. De esta manera la información alimenta el servidor web local que a su vez puede ser accedido por un servidor de control remoto.

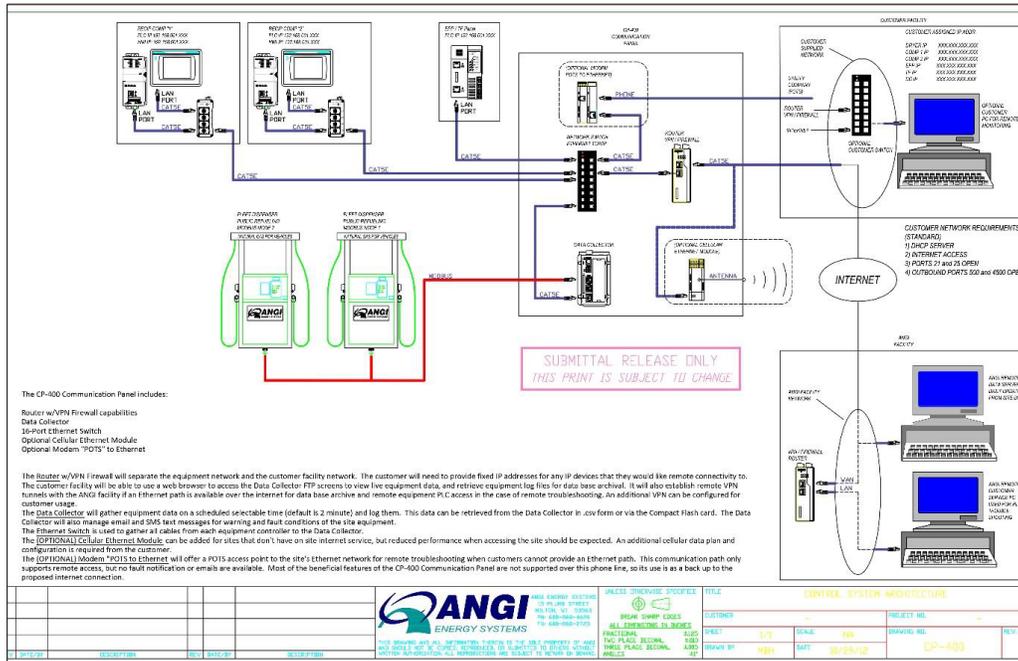


Ilustración 7 Arreglo de los equipos

El sistema de control remoto, "CP400", permitirá controlar los equipos de la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec. El servidor web local muestra datos registrados y en tiempo real, accesibles solo a dispositivos conectados directamente al CP400. El CP400 permitirá realizar las siguientes funciones:

- Registrar continuamente, en función del tiempo, los parámetros operativos del sistema.
- Registrar ininterrumpidamente los eventos del sistema.
- Guardar archivos localmente durante 7 días.
- Subir los archivos de registro a la red ANGI diariamente para una retención a largo plazo.
- Enviar correos electrónicos y alertas por SMS al servidor de ANGI y a la lista de personal del cliente.
- Acceder al servidor web local desde cualquier dirección IP estática.
- Recibir soporte remoto y diagnóstico, por medio de una conexión VPN segura, a la red ANGI para resolver problemas de los dispositivos conectados.

Así mismo se cuenta con una aplicación (*app*) por medio de la cual desde un dispositivo como una tableta o un teléfono móvil se puede conocer el desempeño de los equipos en las Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec.



Ilustración 8 App de ANGI para visualizar estado de los equipos en la EDS de gas natural comprimido

### I.3.2 Sistemas de aislamiento

A continuación se describen las bases de diseño de los sistemas de aislamiento de las diferentes áreas o equipos con riesgos potenciales de incendio y explosión.

La ERM contará con equipamiento de seguridad y emergencia, tal como los letreros de seguridad colocados al exterior de este (ingreso), un pulsador de emergencia en el exterior de este, un extintor de Polvo Químico Seco de 12 Kg., tomacorriente antiexplosiva, tubería de venteo y pozo de tierra para descargar la energía estática que se pueda acumular en las estructuras y equipos instalados en el recinto.

El RCC está construido con materiales incombustibles y tienen una resistencia al fuego y calor de 4 horas. El piso es de concreto, lo que permite que los compresores se encuentren sobre una cimentación estable. Asimismo, se instalará tubería para que la superficie de ventilación cumpla con lo establecido en la NOM-010-ASEA-2016 (no

debe ser menor al 5% de la superficie de los muros; el 80% de la ventilación debe ser en la parte superior y el 20% restante en la parte inferior). El RCC tiene dos accesos con un ancho libre de paso de 1,20 metros; las puertas abrirán hacia el exterior del recinto y contarán con cerraduras y dispositivos del tipo anti pánico (apertura por simple contacto). Las puertas serán de material no inflamable. Así mismo contará con sistemas de paros de emergencia y detectores de fuga de gases, extintor PQS de 12 Kg., tomacorriente antiexplosiva, tubería de venteo y pozo de tierra para descargar la energía estática que se pueda acumular en los equipos instalados dentro del recinto.

El canopy o techumbre es una estructura metálica a prueba de explosión de altura libre sobre las islas de atención a vehículos. El canopy o techumbre sobre las islas de GNC contará con un sistema de iluminación a prueba de explosión de 250W que consiste en el suministro e instalación de los circuitos de alimentación para las luminarias a prueba de explosión desde el tablero. El circuito de alimentación al igual que las lámparas deberá ser instalado cumpliendo con la norma NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización).

### **Sistema de equipo de venta**

Los sistemas de equipos punto de venta (P.O.S.) tendrán acometidas a prueba de explosión. El suministro e instalación de los circuitos de alimentación para el equipo P.O.S. serán aprobados para zona de riesgo Clase I y II. La acometida va desde el tablero hasta el equipo, la salida será en tubería de 21mm<sup>2</sup> PVC tipo pesado con curvas, uniones y cables en 2-1x4 mm<sup>2</sup> + 1x4 mm<sup>2</sup> (tierra). El alimentador de datos tendrá una tubería de 35mm<sup>2</sup> PVC-tipo pesado con curvas, uniones y cables belden 1533R (acometida y comunicación de POS a POS) y a la tubería de datos le acompañará una tubería de reserva de 27mm<sup>2</sup> PVC-P. Cuando la red eléctrica o comunicación se encuentre en zonas de riesgo clase I, II serán de tubería conduit tipo pesado con punta roscada con curvas y uniones de las mismas características. El paso de cables por tuberías será completamente suave y su dimensión debe permitir el paso del cableado, la tubería debe estar sellada en sus extremos con compuestos sellantes horizontales-verticales que evite el paso de gases, vapores o llama a través de ellos. Dentro del equipo P.O.S. se instala una caja a prueba de explosión para las conexiones respectivas de los equipos.

### **Paros de emergencia**

Los paros de emergencia son a prueba de explosión y serán a golpe de puño para mayor seguridad. Los paros de emergencia funcionarán a través de 20 pulsadores de emergencia que cortarán la energía de las instalaciones de GNC en forma manual con solo presionarlos. Cada pulsador tiene grado de protección IP 65 de acuerdo con la norma IEC 529 y DIN 40050. Todo componente debe incluir el código Exd II C.

Los planos de construcción de la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec se encuentran en el **Anexo 5** de la MIA.

## **I.4 Análisis y Evaluación de Riesgos**

### **1.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes**

No se tienen registros de accidentes en instalaciones similares, sin embargo a continuación se presentarán algunos accidentes relacionados con plantas de almacenamiento y gasoductos de gas natural.

#### **Almacenamiento internacional**

##### Cleveland, Ohio, 1944

En 1939, la primera planta comercial de "Reducción de pico" fue construida en West Virginia.

En 1941, la Compañía de Gas del Este de Ohio, construyó una Segunda planta en Cleveland.

La planta opero sin incidente alguno, hasta 1944, cuando las instalaciones fueron ampliadas para incluir un tanque más largo. La escasez de acero inoxidable durante la Segunda Guerra Mundial forzó algunos cambios en el diseño del nuevo tanque, mismo que fallo poco después de que fuera puesto en servicio, permitiendo el escape de GNL, el cual formó una nube de vapor que cubría las calles cercanas y el sistema de cloacas. El gas natural vaporizado del GNL hizo combustión y ocasionó las muertes de 128 personas en una zona residencial cercana. Un reporte reciente realizado por la firma de ingeniería consultora PTL concluyó que de haber construido el tanque de Cleveland de acuerdo con el reglamento vigente, el accidente no hubiera ocurrido. De hecho, los tanques de GNL construidos utilizando 9 por ciento acero níquel nunca han tenido ninguna falla en sus 35 años de historia.

#### Staten Island, New York, February 1973

En febrero de 1973 en la isla Staten, un accidente industrial no asociado con la presencia de GNL ocurrió en la planta de "reducción de pico" perteneciente a Texas Eastern Transmisión Company. En febrero de 1972, los operadores, sospechando una posible fuga en el tanque pusieron las instalaciones fuera de servicio. Cuando el tanque de GNL fue vaciado, fallas estructurales fueron encontradas en el forro de mylar. Durante la reparación, vapores asociados con el proceso de limpieza aparentemente encendieron el forro. El incendio causado elevó la temperatura en el tanque a, generando suficiente presión para deslizar el techo de concreto de 6" de espesor, el cual cayó sobre los trabajadores en el tanque matando a 40 personas. El Reporte del Departamento de Bomberos de la Ciudad de Nueva York en Julio de 1973, determinó que el accidente fue claramente un accidente de construcción y no de GNL.

#### Spezia, Italia, 1971.

La Spezia, Italia, 1971. El accidente ocurrió durante la descarga de GNL hacia el tanque de almacenamiento. El tanque desarrolló un incremento de presión y hubo una liberación de material por los sistemas de seguridad y venteo. El techo del tanque se dañó levemente y la nube de vapor no se incendió.  
Transporte internacional.

#### San Juan de Lurigacho, Peru

Habitantes de la zona señalaron que una compañía inicio obras de reparación de tuberías de agua, después de estas reparaciones estos percibieron de un olor extraño similar al del gas natural odorizado, Los bomberos acudieron al lugar y confirmaron la suposición de las personas, ya que se encontró un huevo en las tuberías, producto de las excavaciones que se habían realizado. La nube de gas se esparció por más de 2 km. Por la densidad y el comportamiento del gas, no se generó ningún evento catastrófico más el olor que percibían las personas.

#### California, EUA (2015)

Ruptura en la tubería de la autopista en Fresno /California. El daño en la tubería se generó a consecuencia de que un tractor perforará la tubería de gas. Como resultado hubo daños a la carretera y 13 personas heridas. El gas que se fugó encontró una fuente de calor y genero un JET FIRE el cual fue contenido y apagado por el personal de bomberos.

### **Almacenamiento Nacional**

#### Otumba, Estado de México

Baja en la presión, en el gasoducto de 18 pulgadas de diámetro Poza Rica-Venta de Carpio ocasionada por una maquinaria ajena a la paraestatal, que golpeó de manera accidental el ducto en una zona deshabitada, localizada en las inmediaciones del Rancho Mayorazgo, del municipio de Otumba, Estado de México. Por lo que de manera automática se suspendió el flujo de combustible de dicho gasoducto. Personal especializado de PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) actuó de manera inmediata para atender la emergencia que se registró a la altura del kilómetro 190 del mencionado ducto.

## I.4.2 Metodología de identificación y jerarquización

### Selección de la Metodología de Identificación de Riesgo

La selección de la metodología que mejor aplica al estudio de riesgo se hizo usando la guía sugerida por el Centro de Seguridad en Procesos Químicos de Instituto Americano de Ingenieros Químicos (Center for Chemical Process Safety (CCPs) del American Institute of Chemical Engineers (AIChE).

Los criterios de selección para la metodología utilizada que se tomaron fueron los siguientes:

Motivo del estudio (sin estudios previos); tipo de resultado requerido (lista de problemas / accidentes, lista de acciones y entrada para un análisis cuantitativo); información del proceso con que se cuenta (experiencia similar, diagramas de la instalación); características del problema (operación simple, proceso mecánico, operación continua, peligro de inflamabilidad y explosividad, situación falla aislada, pérdida de una función); riesgo percibido e historial (experiencia con procesos similares, sin historial de accidentes, riesgo percibido medio). En el **Anexo 1** del ERA, inciso a, se presenta el diagrama de flujo y los criterios para la determinación de la técnica más adecuada en el análisis de riesgo.

El resultado de aplicar los criterios arriba mencionados conlleva a la selección de la técnica Análisis de Riesgo y Operabilidad (HazOp).

HAZOP (Análisis de Riesgo y Operabilidad) es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los riesgos, los accidentes o los problemas de operabilidad se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada. Por tanto, ya sea que se aplique en la etapa de diseño o en la etapa de operación, la mecánica consiste en evaluar en todas las líneas y en todos los sistemas, las consecuencias de posibles desviaciones en las unidades de proceso, tanto si es continuo como discontinuo. La técnica consiste en analizar sistemáticamente las **Causas** y **Consecuencias** de ciertas **Desviaciones** de las **Variables de Proceso**, planteadas a través de **Palabras Guía** predeterminadas.

El método surgió en 1963, en la compañía Imperial Chemical Industries (ICI) que utilizaba técnicas de análisis crítico en otras áreas. Posteriormente se generalizó y formalizó, y actualmente es una de las herramientas más utilizadas internacionalmente en la identificación de riesgos en una instalación industrial.

El uso de esta metodología de análisis cualitativo de riesgo HazOp requiere de una fuente de información detallada referente al diseño y operación del proceso. Esta práctica es aplicable a todas las fases de vida del proceso, tanto para un diseño o tecnología nueva como para instalaciones ya existentes.

La realización de un análisis HazOp requiere del manejo de terminología y de usar las denominadas "Palabras Guías", cuyos significados se muestran en las siguientes tablas, respectivamente.

**Terminología más común usada en el Análisis Hazop.**
*Tabla 14 Terminología de análisis Hazop*

<b>Termino</b>	<b>Definición</b>
Nodos	Son secciones de un equipo, circuito o proceso con fronteras bien definidas, cuyas condiciones de operación son constantes o similares.
Intención de diseño	Definición de cómo se espera que el equipo, circuito o proceso opere en ausencia de desviaciones.
Palabras guía	Palabras simples que son usadas para determinar una desviación en el proceso con el fin de estimular una tormenta de ideas para identificar los peligros y riesgos del mismo. (p. ej. No, menos, más, bajo, alto, otro, además de, etc.)
Parámetros del proceso	Variables a controlar en la operación de un proceso.
Desviación	Es el alejamiento hipotético o desvío de la intención de diseño de un equipo, circuito o proceso, que resulta de aplicar las palabras guía a los parámetros o variables de proceso.
Causas	Son los motivos o razones más probables por las cuales las desviaciones pueden ocurrir. Estas causas pueden ser fallas, errores humanos, variaciones del proceso, perturbaciones externas, etc.
Consecuencias	Son los resultados de las desviaciones considerando que las protecciones fallan.
Protecciones o salvaguardas	Sistemas de Ingeniería o de control, equipos, instrumentación, procedimientos operativos o de seguridad, diseñados para prever las causas o mitigar las consecuencias de las desviaciones
Recomendaciones	Sugerencias para evitar las desviaciones, p. ej. cambios en el diseño, modificaciones al procedimiento, nuevos procedimientos o aplicación de procedimientos existentes, etc.

**Palabras claves del análisis Hazop**
*Tabla 15 Palabras clave del análisis Hazop*

<b>Palabra Clave</b>	<b>Significado</b>
No (Nulo)	Negación de la intención del diseño
Menos (bajo)	Decremento cuantitativo
Más (bajo)	Incremento cuantitativo
Además de	Incremento cualitativo
Parte de	Decremento cualitativo
Inverso	Oposición lógica de la intención
Distinto	Situación completa

Fuente: Crowl y Louvar, 2002

**Desviaciones típicas para cada sección de proceso**
*Tabla 16 Desviaciones típicas para cada sección de proceso*

<b>Desviación</b>	<b>Tipo de sección de proceso</b>	
	<b>Tanques/recipientes</b>	<b>Línea con bomba</b>
Flujo alto		<b>X</b>
Flujo bajo o cero flujo		<b>X</b>

Desviación	Tipo de sección de proceso	
	Tanques/recipientes	Línea con bomba
Flujo inverso o flujo mal dirigido		X
Nivel alto	X	
Nivel bajo	X	
Alta temperatura	X	X
Baja temperatura	X	X
Alta presión	X	X
Baja presión	X	X
Alta concentración de contaminantes	X	X
Desviaciones durante la puesta en operación	X	X
Desviaciones durante el paro	X	X
Desviaciones durante el mantenimiento	X	X
Desviaciones durante el muestreo	X	X

\*Estas son desviaciones típicas consideradas en la revisión Hazop. Algunas desviaciones se pueden eliminar, modificar y/o añadir según convenga al análisis.

Para el desarrollo del análisis se llevan a cabo los siguientes pasos:

- Seleccionar los nodos de estudio siguiendo el sentido y por equipo involucrado en el flujo del proceso.
- Establecer la intención de diseño del nodo.
- Seleccionar la palabra guía combinada con un parámetro de proceso para definir la desviación en el nodo de estudio (Algunas desviaciones se pueden eliminar, modificar y/o añadir según convenga al análisis).
- Evaluar las posibles consecuencias (suponiendo que todas las protecciones fallan).
- Listar las causas que originan la desviación.
- Ponderar la frecuencia del escenario (frecuencia de la causa - efectividad de la protección) y la severidad de la consecuencia de la desviación analizada con el fin de jerarquizar el riesgo identificado.
- El riesgo identificado es representado dentro de una Matriz de Riesgo.
- Listar todas las protecciones o salvaguardas existentes.
- Considerar y recomendar las acciones necesarias para evitar la desviación, reducir su frecuencia o para mitigar las consecuencias.
- Se establece la siguiente desviación del nodo, hasta concluir con todas las combinaciones posibles.
- Analizar un nuevo nodo o punto de estudio.

Para la aplicación de la técnica se utilizaron diagramas de tubería e instrumentación, isométricos de la red de alta y baja presión, plano de ubicación de los equipos de la estación de suministro de GNV. Los planos antes mencionados se presentan en el **Anexo 5** de la MIA.

Los nodos del proceso que se seleccionaron de los planos de acuerdo con los equipos que se presentan en el sentido del flujo del proceso son los siguientes:

**Nodo 1:** Estación de Regulación y Medición.

**Nodo 2:** Tubería 6"Ø “Baja Presión” (desde la salida de la ERM-Secador de Gas, Salida a Compresores).

**Nodo 3:** Tubería de 3"Ø “Baja Presión” (desde la Válvula Esférica Bridada 3"Ø llegada al Secador de Gas, hasta la Válvula Esférica Bridada 3"Ø salida del Secador).

**Nodo 4:** Secador de Gas.

**Nodo 5:** Compresoras – E/C.

**Nodo 6:** Tubería de 1"Ø "Alta Presión" (desde la salida de las Compresoras-Cascadas de Amortiguamiento-Llegada a Surtidores).

**Nodo 7:** Cascada GNC-Panel Prioritario.

**Nodo 8:** Surtidores.

Las hojas de desarrollo del HazOp se presentan en el **Anexo 1** del ERA. En ellas se pueden encontrar las desviaciones, causas que las originan, salvaguardas y recomendaciones aplicadas al proceso.

*Tabla 17 Resultados de Grados de Riesgo por Desviaciones*

Nodo	Desviación	Grado de Riesgo por Desviación
1	No hay flujo de gas natural a través de ERM.	D
	Bajo flujo de gas natural a través de ERM.	D
	Presión bajo en la ERM.	D
	Alta presión en la ERM.	D
2	No hay flujo de gas natural a través de la tubería de 6"Ø	D
	Bajo flujo de gas natural a través de la tubería de 6"Ø	C
	Baja presión del gas natural en la tubería de 6"Ø	A
	Alta presión del gas natural en la tubería de 6"Ø	A
3	No hay flujo de gas natural a través de la tubería de 3"Ø	D
	Bajo flujo de gas natural a través de la tubería de 3"Ø	D
	Baja presión del gas natural en la tubería de 3"Ø	C
	Alta presión del gas natural en la tubería de 3"Ø	C
4	No hay flujo de gas natural.	D
	Bajo flujo de gas natural.	D
	Bajo presión bajo en el secador de gas.	B
	Alta presión en el secador de gas.	B
	Baja temperatura del gas natural.	D
	Alta temperatura del gas natural.	D
5	No hay flujo de gas natural.	D
	Bajo flujo de gas natural.	D
	Bajo presión bajo en el secador de gas.	B
	Alta presión en el secador de gas.	B
6	No hay flujo de gas natural a través de la tubería de 1"Ø	D
	Bajo flujo de gas natural a través de la tubería de 1"Ø	D
	Baja presión del gas natural en la tubería de 1"Ø	A
	Alta presión del gas natural en la tubería de 1"Ø	A

Nodo	Desviación	Grado de Riesgo por Desviación
7	No hay flujo de gas natural.	D
	Bajo flujo de gas natural.	D
	Baja presión del gas natural	A
	Alta presión del gas natural	A
	Baja temperatura del gas natural.	D
	Alta temperatura del gas natural.	B
8	No hay flujo de gas natural.	D
	Bajo flujo de gas natural.	D
	Baja presión del gas natural	C
	Alta presión del gas natural	A
	Baja temperatura del gas natural.	D
	Alta temperatura del gas natural.	B

*Tabla 18 Cuantificación de Riesgos de las Desviaciones*

	Categoría del riesgo			
	No Tolerable "A"	Indeseable "B"	Aceptable con Controles "C"	Tolerable "D"
<b>Cantidad de desviaciones</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>41</b>	<b>86</b>

**Jerarquización de Riesgo**

A cada sistema evaluado se le categorizará su nivel de frecuencia y consecuencia de acuerdo con las siguientes tablas.

*Tabla 19 Categorías de Frecuencia*

Clasificación	Tipo	Descripción de la frecuencia	Frecuencia / año
F 6	Muy frecuente	Puede ocurrir más de una vez en un año.	$\geq 1.0$ ( $\geq 1 \times 10^0$ )
F 5	Frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 1 año y hasta 5 años.	$\geq 0.2$ a $< 1.0$ ( $\geq 2 \times 10^{-1}$ a $< 1 \times 10^0$ )
F 4	Poco frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 5 años y hasta 10 años.	$\geq 0.1$ a $< 0.2$ ( $\geq 1 \times 10^{-1}$ a $< 2 \times 10^{-1}$ )
F 3	Raro	Puede ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 10 años.	$\geq 0.01$ a $< 0.1$ ( $\geq 1 \times 10^{-2}$ a $< 1 \times 10^{-1}$ )
F 2	Muy raro	Puede ocurrir solamente una vez en la vida útil de la Instalación.	$\geq 0.001$ a $< 0.01$ ( $\geq 1 \times 10^{-3}$ a $< 1 \times 10^{-2}$ )
F 1	Extremadamente raro	Es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro.	$\geq 0.0001$ a $< 0.001$ ( $\geq 1 \times 10^{-4}$ a $< 1 \times 10^{-3}$ )

*Tabla 20 Categorías de Consecuencias*

Categoría de consecuencia (impacto)	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida o diferimiento de producción [usd]	Daños a la instalación [usd]
C 6 (Catastrófico)	Lesiones o daños físicos que puedan generar más de 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que puedan generar más de 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a 1 semana.	> 45,000	> 500'000,000
C 5 (Mayor)	Lesiones o daños físicos que puedan generar de 2 a 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 6 a 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de 1 día hasta 1 semana.	4,500 a 45,000	> 50'000,000 a 500'000,000
C 4 (Grave)	Lesiones o daños físicos con atención médica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad.	Lesiones o daños físicos mayores que generan de una a 5 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones en hasta 24 horas.	450 a 4,500	> 5'000,000 a 50'000,000
C 3 (Moderado)	Lesiones o daños físicos que requieren atención médica que pueda generar una incapacidad.	Ruidos, olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía se requieren acciones de evacuación y existe la posibilidad de lesiones o daños físicos.	Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora.	45 a 450	> 500,000 a 5'000,000

C 2 (Menor)	Lesiones o daños físicos que requieren primeros auxilios y/o atención médica.	Ruidos, olores e impacto visual que se pueden detectar fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía con posibilidades de evacuación.	Fugas y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación, el control es inmediato.	0.45 a 45	500,000
C 1 (Despreciable)	No se esperan lesiones o daños físicos.	No se esperan impactos, lesiones o daños físicos	No se esperan fugas, derrames y/o emisiones por arriba de los límites establecidos.	<0.45	100

Fuente: Guía Operativa para Realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los Proyectos y/o Instalaciones de PEMEX Exploración y Producción" GO-SS-TC-0002-2015.

**MATRIZ DE RIESGOS PARA APLICACIÓN EN PEMEX<sup>1</sup>.**

CONSECUENCIA

		1	2	3	4	5	6
FRECUENCIA	6	C	B	A	A	A	A
	5	C	C	B	B	A	A
	4	D	C	C	B	B	A
	3	D	C	C	C	B	A
	2	D	D	C	C	C	B
	1	D	D	D	D	C	C

**DAÑOS AL PERSONAL**

CONSECUENCIA

		1	2	3	4	5	6
FRECUENCIA	6	C	B	A	A	A	A
	5	C	C	B	B	A	A
	4	D	C	C	B	B	A
	3	D	C	C	C	B	A
	2	D	D	C	C	C	B
	1	D	D	D	D	C	C

**EFECTOS A LA POBLACION**

CONSECUENCIA

		1	2	3	4	5	6
FRECUENCIA	6	C	B	A	A	A	A
	5	C	C	B	B	A	A
	4	D	C	C	B	B	A
	3	D	C	C	C	B	A
	2	D	D	C	C	C	B
	1	D	D	D	D	C	C

**IMPACTO AMBIENTAL**

CONSECUENCIA

		1	2	3	4	5	6
FRECUENCIA	6	C	B	A	A	A	A
	5	C	C	B	B	A	A
	4	D	C	C	B	B	A
	3	D	C	C	C	B	A
	2	D	D	C	C	C	B
	1	D	D	D	D	C	C

**PERDIDA DE PRODUCCIÓN / DAÑO A INSTALACIONES**
**Región de Riesgo No Tolerable (Tipo A):**

El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas temporales y permanentes. Un riesgo Tipo "A" representa una situación de riesgo no tolerable y deben establecerse Controles Temporales Inmediatos si se requiere continuar operando. Se debe realizar una administración de riesgos temporal y permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a Tipo "C".

<sup>1</sup> Fuente: Guía Operativa para Realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los Proyectos y/o Instalaciones de PEMEX Exploración y Producción" GO-SS-TC-0002-2015.

En caso de identificar un Riesgo Tipo "A", se debe emplazar a la instalación o equipo por un periodo de 7 días naturales, para lo cual la Máxima Autoridad del Centro de Trabajo (MACT) debe presentar al área de Auditoría de Seguridad Industrial y Protección Ambiental (ASIPA) correspondiente su Programa de Acciones Correctivas y Preventivas temporales y permanentes para la reducción de riesgos a tipo "C" para ser sancionado.

La conclusión de las acciones correctivas y preventivas "Temporales" no deben ser mayores a 30 días naturales y la de las acciones correctivas y preventivas "Permanentes" no deben ser mayores a 90 días naturales después de entregar sus Programas de Acciones. El plazo de 90 días puede incrementarse siempre y cuando la atención del programa de Acciones Correctivas y Preventivas "Permanentes" lo justifique y esté autorizado por la MACT responsable de la instalación.

**Riesgo Indeseable (Tipo B):**

El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas permanentes. Un riesgo Tipo "B" representa una situación de riesgo Indeseable y deben establecerse Controles Permanentes Inmediatos. Se debe realizar una administración de riesgos permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos permanentes hasta reducirlo a Tipo "C" y en el mejor de los casos, hasta riesgo Tipo "D".

En caso de identificar un Riesgo Tipo "B", se debe emplazar a la instalación o equipo por un periodo de 15 días naturales para que la MACT debe presentar al área de ASIPA su Programa de Acciones Correctivas y Preventivas "Permanentes" para la reducción de los riesgos a tipo "C" o "D" para ser sancionado.

La conclusión de las Acciones Correctivas y Preventivas permanentes no debe ser mayor a 180 días naturales después de entregar el Programa de Acciones Correctivas Permanentes. Si la solución requiere de un plazo mayor, se deben establecer Controles Temporales Inmediatos, las cuales deben atenderse en un plazo no mayor a 30 días naturales después de entregar el Programa de Acciones Correctivas y Preventivas permanentes. La atención de estos riesgos no se determina en función de un Análisis Costo Beneficio.

**Riesgo Aceptable con Controles (Tipo C "ALARP"):**

El riesgo es significativo, pero se pueden gestionar con controles administrativos. Un riesgo Tipo "C" representa una situación de riesgo Aceptable siempre y cuando se establezcan Controles Permanentes. Las acciones correctivas y preventivas permanentes que se definan para atender estos hallazgos deben darse en un plazo no mayor a 180 días. La administración de un riesgo Tipo "C" debe enfocarse en la Disciplina Operativa y en la Confiabilidad de las diferentes Capas de Seguridad y/o Sistemas de Protección. La prioridad de su atención para reducirlos a riesgos tipo "D", debe estar en función de un Análisis Costo Beneficio de las acciones correctivas y preventivas establecidas para dar atención a las recomendaciones emitidas para Administrar los Riesgos identificados.

**Riesgo Tolerable (Tipo D):**

El riesgo no requiere de acciones correctivas y preventivas adicionales, es de bajo impacto. Un riesgo Tipo "D" representa una situación de riesgo tolerable. Se debe continuar con los programas de trabajo para mantener la integridad de las capas de protección.

En el **Anexo 2** del ERA se muestran las hojas que contienen, a detalle, los resultados de la aplicación de la metodología Hazop.

Una vez identificados y jerarquizados los riesgos de todas las desviaciones analizadas, se seleccionaron los siguientes escenarios de mayor grado de riesgo, mostrados en la siguiente tabla, siendo estos los que se considerarán para la evaluación de consecuencias.

Tabla 21 Selección de las desviaciones de mayor riesgo del Hazop

Nodo	Desviación	R	Causa	Consecuencia
<b>2- 2.3 y 2.4</b> Tubería de 6"Ø "Baja Presión"	Baja/Alta presión del gas natural en la tubería de 6"Ø	<b>A</b>	1. Falla en la integridad mecánica (corrosión, protección catódica, sismo, golpe). 2. Falla del regulador de presión de la ERM.	1. Daños al personal e instalaciones. 2. Paro de la producción. 3. Fuga de gas natural, potencial 4. Explosión e Incendio por presencia de una fuente de Ignición. 5. Efectos a la población e impacto ambiental.
<b>6- 6.3 y 6.4</b> Tubería de 1"Ø "Alta Presión"	Baja/Alta presión del gas natural en la tubería de 1"Ø	<b>A</b>	1. Falla en la integridad mecánica (corrosión, protección catódica, sismo, golpe). 2. Falla de cuplas (uniones roscadas).	1. Daños al personal e instalaciones. 2. Paro de la producción. 3. Fuga de gas natural, potencial 4. explosión e Incendio por presencia de una fuente de Ignición. 5. Efectos a la población e impacto ambiental.
<b>7- 7.3 y 7.4</b> Cascada	Baja/Alta presión del gas natural (cilindros)	<b>A</b>	1. Falla en la integridad mecánica de los cilindros (corrosión, sismo, golpe). 2. Fuga en accesorios roscables. 3. Fuga en la tubería 1" (alimentación al sistema de cascada)	1. Daños al personal e instalaciones. 2. Paro de la producción. 3. Fuga de gas natural, potencial 4. Explosión e Incendio por presencia de una fuente de Ignición. 5. Efectos a la población e impacto ambiental.
<b>8- 8.4</b> Surtidores	Alta presión del gas natural	<b>A</b>	1. Fallo de la válvula de exceso de flujo, del sistema de cascada	1. Baja el rendimiento de los Compresores. 2. Afectación al personal. 3. Pérdida de producto. 4. Fuga de gas natural, potencial incendio y/o explosión por presencia de una fuente de ignición. 5. Daño al medio ambiente (aire).

Para la elaboración de la Matriz de Jerarquización de Riesgos se evaluaron las desviaciones obtenidas en la técnica de identificación de Riesgos HazOp. Donde se le asignó una frecuencia de ocurrencia y una severidad o consecuencia tomando en cuenta las medidas de seguridad con que cuenta la instalación, de esta manera se pudieron identificar las situaciones que presentan mayor índice de riesgo.

## II. Descripción de las Zonas de protección en torno a las instalaciones

### II.1 Radios potenciales de afectación

La determinación de los radios potenciales de los eventos máximos probables se realizó mediante la aplicación del modelo de evaluación de riesgos denominado **Process Hazard Analysis Software Tools (PHAST) versión 7.1**

El software **PHAST** permite predecir las consecuencias de acuerdo con el tipo de producto por diversas concentraciones de interés, límites de explosividad y daños a la salud; además automáticamente selecciona el modelo correcto según el comportamiento de la nube y predice todos los efectos físicos, radiación y nube explosiva.

Este consiste en cuatro técnicas analíticas las cuales se describen a continuación:

**Modelos de Flujo.** De fuga o escape determina la tasa, velocidad, temperatura y otras condiciones de fuga ante una pérdida de contención que puede ser instantánea o de descarga continua.

**Modelos de Dispersión.** La turbulencia atmosférica se convierte en el principal mecanismo de mezcla y se desarrolla un perfil de concentración en toda la nube, esto permite relacionar los límites permisibles tolerables a distancias determinadas del punto de la fuga.

**Modelos de Explosión.** Determina los niveles de sobrepresión basados en la equivalencia de una explosión de carga de TNT. Las explosiones de nubes de vapor no confinadas se caracterizan por un frente de flama, que viaja por debajo de la velocidad del sonido y se denomina deflagración.

**Modelos de Radiación.** Determina el alcance y niveles de radiación producidos por:

- **Flamas de Chorro (Jet-Fire).** Es una llama estacionaria y alargada (de gran longitud y poca amplitud) provocada por la ignición de un chorro turbulento de gases o vapores combustibles (gas licuado de petróleo, en este caso en particular).
- **Bola de Fuego (Fire-Ball).** Llama de propagación por difusión, formada cuando una masa importante de combustible se enciende por contacto con llamas estacionarias contiguas. Se forma un globo incandescente que asciende verticalmente y que se consume con gran rapidez.
- **BLEVE.** Se produce por el estallido súbito y total, por calentamiento externo, de un recipiente que contiene un gas inflamable licuado a presión, cuando el material de la pared pierde resistencia mecánica y no puede resistir la presión interior.
- **Pool Fire (Incendio de Charco).** Es consecuencia de un derrame de líquidos inflamables, se forma un charco de líquido cuya extensión dependerá de la geometría y naturaleza del terreno. Por evaporación se generan gases inflamables si la temperatura del líquido está por encima de la temperatura de ignición de la sustancia, lo que produce un incendio del charco. Al incendiarse se producen unas llamas cuya altura depende principalmente del diámetro del charco, el incendio también puede tener lugar en el interior del tanque de almacenamiento.
- **Llamarada (Flash-Fire).** La llamarada "flash-fire" proviene de una fuga de gas o vapores inflamables que forman una nube hasta llegar al punto de ignición. También se produce a consecuencia del derrame de un líquido que se evapora en condiciones atmosféricas, que de hecho se trata como una fuga continua de vapor a la atmósfera. En caso de ignición, la llama se desplaza desde el punto de ignición hacia la fuente a través de las zonas de la nube que se encuentran dentro de los límites de inflamabilidad. Todo el proceso tiene una duración muy corta (unos pocos segundos), y en todo caso es difícil de establecer el umbral entre incendio (donde predomina la radiación térmica) y explosión (donde predomina el efecto de sobrepresión). Dentro de sus límites, la nube inflamable de gas supone un 100% de letalidad debido al contacto directo con las llamas y a la sofocación. Debido a la falta de homogeneidad en la nube, la inflamación de la nube de vapor puede

ser hasta en un contorno con el Límite Inferior de Inflamabilidad igual al 50%. De manera que la distancia desde el punto de escape hasta otro que llegue al 50% del Límite Inferior de inflamabilidad será considerada como criterio para la máxima distancia de letalidad.

Para definir los escenarios a simular se tomaron las consideraciones siguientes:

1. Resultados de la aplicación de las metodologías HazOp y Jerarquización de Riesgos.
2. La experiencia del personal que elabora este estudio.
3. El tiempo de duración de la fuga, para el cálculo de inventario se estimó en base a la práctica Inspección Basada en Riesgo, API 581 publicada en mayo de 2000, de acuerdo con las siguientes tablas:

*Tabla 22 Guía de Grado de sistemas detección y aislamiento*

Tipo de sistema de detección	Clasificación de detección
Instrumentación diseñada específicamente para detectar pérdidas de material por cambios en las condiciones de operación (ejemplo; pérdida de presión o flujo) en el sistema.	A
Detectores localizados convenientemente para determinar cuando el material está presente fuera de la cubierta contenedora de presión.	B
Detección visual, cámaras o detectores con cobertura marginal.	C
Tipo de sistema de aislamiento	Clasificación de aislamiento
Sistemas de aislamiento o paro activado directamente de la instrumentación del proceso o por detectores sin la intervención del operador.	A
Sistemas de aislamiento o paro activados por los operadores en el cuarto de control o en otras localizaciones remotas con respecto a la fuga.	B
El aislamiento depende de válvulas operadas manualmente	C

Fuente: API 581, Inspección Basada en Riesgo

*Tabla 23 Tiempo de duración de la fuga basada en los sistemas de detección y aislamiento*

Sistema de detección	Sistema de aislamiento	Tiempo de duración de la fuga
A	A	20 minutos para fugas de ¼" 10 minutos para fugas de 1" 5 minutos para fugas de 4"
A	B	30 minutos para fugas de ¼" 20 minutos para fugas de 1" 10 minutos para fugas de 4"
A	C	40 minutos para fugas de ¼" 30 minutos para fugas de 1" 20 minutos para fugas de 4"
B	A o B	40 minutos para fugas de ¼" 30 minutos para fugas de 1" 20 minutos para fugas de 4"
B	C	60 minutos para fugas de ¼" 30 minutos para fugas de 1" 20 minutos para fugas de 4"

Sistema de detección	Sistema de aislamiento	Tiempo de duración de la fuga
C	A, B o C	60 minutos para fugas de ¼" 40 minutos para fugas de 1" 20 minutos para fugas de 4"

Fuente: API 581, Inspección Basada en Riesgo

- El cálculo de inventario para los escenarios se hizo aplicando la Fórmula 1 de DGO-GDOESSPA-CT-001, que se presenta a continuación.

$$IF = (Fm \times t) + \left( \left( \left( \frac{\pi d^2}{4} \right) \times D \right) \times \rho \right)$$

Donde:

IF = Inventario de fuga (Kg).

Fm = Flujo másico (Kg/s).

t = tiempo en transcurrir la fuga, hasta ser aislada (s).

d = diámetro de la tubería (m).

D = distancia entre válvulas de seccionamiento (m).

ρ = densidad de la sustancia (kg/m³).

En el **Anexo 3** del ERA, se presentan los cálculos.

- Los criterios para determinar la velocidad del viento relacionado con la estabilidad de Pasquill, se basaron en la consideración de mayor estabilidad como condición crítica, para ello, se consideró también que la velocidad del viento sea de 1.5 m/s.
- Para la selección de la estabilidad atmosférica se tomó en consideración también la situación más estable que sea consistente con la velocidad de viento utilizada.

Tabla 24 Clasificación de Estabilidad de Pasquill

Velocidad de viento en m/s	Día			Noche	
	Radiación Solar Incidente			Nubosidad mayor o igual a 4/8	Nubosidad menor a 4/8
	Fuerte	Moderada	Ligera		
+ Nota para los números	(1) +	(2) +	(3) +	(4) +	(5) +
< 2	A	A-B	B	F	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

Nota: Radiación solar fuerte significa:  $\geq 600 \text{ W/m}^2$

Radiación solar moderada significa entre: 300 y 600  $\text{W/m}^2$

Radiación solar ligera significa:  $< 300 \text{ W/m}^2$

1. Cielos despejados, una altura solar mayor de 60 grados sobre el horizonte, típicos de una tarde soleada de verano. Una atmósfera muy convectiva.

2. Un día de verano con algunas nubes dispersas.

3. Típico de una soleada tarde de otoño, un día de verano con bajas nubes dispersas, un día de verano con cielos despejados y una altura del sol de 15 a 35 grados sobre el horizonte.

4. Se puede usar también para un día de invierno.

(Fuente: Modelos Atmosféricos para Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias).

7. El valor de Estabilidad de Pasquill corresponde al más estable, "F" con una velocidad de viento 2.0 m/s presentará durante las noches.
8. La temperatura considerada durante la simulación de los escenarios corresponde a temperaturas promedio anual mediana de 13.8 °C, Servicio Meteorológico Nacional.
9. Las condiciones de operación utilizadas:

Tubería de 6"Ø "Baja Presión" (desde la salida de la ERM- Secador de Gas, Llegada a Compresores).

Presión Máxima de Operación	Temperatura Máxima de Operación	Volumen de Fuga
7.0 bar (101 psi)	16.85 °C	20.633 kg

Tubería de 1"Ø "Alta Presión" (desde la salida de las Compresoras-Cascadas de Amortiguamiento-Llegada a Surtidores).

Presión Máxima de Operación	Temperatura Máxima de Operación	Volumen de Fuga
250 bar (3600 psi)	27 °C	203.324 kg

Cascada GNC-Panel Prioritario. (cilindros)

Presión Máxima de Operación	Temperatura Máxima de Operación	Volumen de Fuga
250 bar (3600 psi)	27 °C	200 L (0.2 m <sup>3</sup> ) / 0.122 kg

Surtidores.

Presión Máxima de Operación	Temperatura Máxima de Operación	Volumen de Fuga
5000 psi	-40 °C / 54.44°C	72.6310 kg

10. Además de las consideraciones anteriores en un análisis de consecuencias para los casos de fuga debido a falla por impacto en la tubería de proceso, Crowl y Louvar (2002) indican *que para un incidente, se debe asumir un área de ruptura equivalente al 20% del área de sección del tubo (con base en el Dow's Chemical EXPOSURE Index Guide) para diámetros mayores a 4 pulgadas. Para diámetros de tubos menores de 2 pulgadas se debe considerar la ruptura total; y para diámetros entre 2 y 4 pulgadas, se considera el límite inferior.*

De acuerdo con lo establecido en el punto anterior, para las tuberías 6" y 1", se considera que los diámetros de los orificios de fuga son los siguientes:

Tubería 6"

- Diámetro de orificio de Fuga 1.2" (20% nominal de la tubería).
- Diámetro de orificio de Fuga 6.0", ruptura de tubería 6".

Tubería 1"

- Diámetro de orificio de Fuga 1.0", ruptura de tubería 1".

Para el caso de Cascada de Amortiguamiento, al plantear el escenario en el recipiente se considera lo siguiente:

- Diámetro de orificio de Fuga 3.6" (20% nominal del cilindro0029).

Para el caso del Surtidor, se considera que el diámetro de orificio de fuga es el siguiente:

- Diámetro de orificio de Fuga ½" en la tubería ½" (interna del surtidor).

Las consideraciones que se tomaron para definir la zona de alto riesgo y de seguridad, e interpretar los resultados de la simulación son las siguientes:

Niveles de radiación por incendio:

- 1,4 kW/m<sup>2</sup>  
(440 BTU/h/ft<sup>2</sup>), Es el flujo térmico equivalente al del sol en verano en medio día. No causará incomodidad durante exposición prolongada. Este límite se considera como zona de amortiguamiento.
- 5,0 kW/m<sup>2</sup>  
(1 500 BTU/h/ft<sup>2</sup>) Nivel de radiación térmica suficiente para causar dolor al personal si no se protege adecuadamente en 8 segundos, sufriendo quemaduras hasta de 2º grado, sin protección adecuada, después de 8 segundos. Esta radiación será considerada como límite de zona de alto riesgo.

Niveles de sobrepresión por explosión:

- Toxicidad TLV<sub>15</sub>. Valor Límite de Umbral-Límite de Exposición a Corto Plazo (TLV-STEL Threshold Limit Value- Short Term Exposure Limit). Es una concentración promedio del tiempo en el cual los trabajadores no deben ser expuestos por más de 15 minutos y que no deben de ser repetidos por más de 4 veces por día, por lo menos con 60 minutos entre exposiciones sucesivas. Este límite no es un límite de exposición independiente, suplementa al TLV-TWA (Valor Límite de Umbral- Promedio Ponderado en el Tiempo), cuando se admite la existencia de efectos agudos de una sustancia cuyos efectos tóxicos son principalmente de carácter crónico. Los STEL son recomendados solamente donde los efectos tóxicos han sido reportados por sus altas exposiciones a corto plazo tanto en humanos como en animales. Estos límites son publicados anualmente por la Conferencia Americana Gubernamental de Higienistas Industriales (ACGIH – The American Conference of Governmental Industrial Hygienists). El valor del TLV-STEL para el ácido sulfhídrico es de 15 ppm (Fuente: Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices, ACGIH, 2002).
- Toxicidad IDLH. NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), define a los Niveles Inmediatamente Peligrosos para la Vida o la Salud (IDLH- Immediately Dangerous to Life or Health) como concentraciones de contaminantes aéreos máximos de los cuales las personas pueden escapar en 30 minutos sin ningún síntoma dañino o ningún efecto irreversible en la salud. El valor del IDLH para el ácido sulfhídrico es de 100 ppm (Fuente: NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, June 1997).

**Escenario de Riesgo: 1-EGN - Fuga de gas natural por orificio de 1.2" Ø (20% diámetro nominal de la tubería), en la tubería 6" Ø. La fuga se produce por falla de integridad de la tubería, corrosión. La ubicación de la fuga se produce en la llegada al cuarto de válvulas.**

<b>Nombre del simulador utilizado:</b>	PHAST, Versión 7.1
<b>Centro de trabajo:</b>	Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec.
<b>Clave del escenario:</b>	1-EGN
<b>Descripción del escenario de riesgo</b>	
Fuga de gas natural por orificio de 1.2" Ø (20% diámetro nominal de la tubería), en la tubería 6" Ø. La fuga se produce por falla de integridad de la tubería, corrosión. La ubicación de la fuga se produce en la llegada al cuarto de válvulas.	
<b>Condiciones ambientales y tipo de área de localización de la instalación.</b>	
<b>Temperatura ambiente (°C):</b>	27
<b>Humedad relativa (%):</b>	50
<b>Velocidad de viento (m/s)</b>	2
<b>Estabilidad de Pasquill y Dirección del viento</b>	F
<b>Sustancia peligrosa bajo estudio</b>	
<b>Nombre:</b>	Gas Natural "Metano"
<b>Fase:</b>	Gas
<b>Inventario (Kg)</b>	20.633
<b>Componente y % de la mezcla:</b>	Ver el <b>Anexo 3</b> del ERA, "Composición de la hoja de datos de seguridad del gas natural"
<b>Características del sitio en el que se encuentra el recipiente</b>	
<b>Tipo de área y superficie:</b>	Concreto
<b>Datos del recipiente y características de la fuga</b>	
<b>Tipo de recipiente:</b>	Tubería 6"
<b>Temperatura (°C):</b>	16.85
<b>Presión (Psi):</b>	101
<b>Diámetro equivalente de fuga (pulgadas):</b>	1.2
<b>Dirección de la fuga:</b>	Horizontal
<b>Elevación de la fuga:</b>	1 m

Resultados de las **Zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento** para el escenario **1-EGN**

<b>RESULTADOS:</b>	
<b>Clave del escenario: 1-EGN</b>	
<b>Descripción del escenario de riesgo:</b> Fuga de gas natural por orificio de 1.2" Ø (20% diámetro nominal de la tubería), en la tubería 6" Ø. La fuga se produce por falla de integridad de la tubería, corrosión. La ubicación de la fuga se produce en la llegada al cuarto de válvulas.	
<b>RADIACIÓN TÉRMICA "BOLA DE FUEGO"</b>	
<b>Zona de alto riesgo (5 KW /m<sup>2</sup>)</b>	<b>No presenta evento</b>
<b>Zona de amortiguamiento (1.4 KW /m<sup>2</sup>)</b>	
<b>RADIACIÓN TÉRMICA "JET FIRE"</b>	
<b>Zona de alto riesgo (5 KW /m<sup>2</sup>)</b>	<b>15.05 m</b>
<b>Zona de amortiguamiento (1.4 KW /m<sup>2</sup>)</b>	<b>19.50 m</b>
<b>SOBREPRESIÓN POR EXPLOSIÓN</b>	
<b>Zona de alto riesgo (1 psi)</b>	<b>16.86 m</b>
<b>Zona de amortiguamiento (0.5 psi)</b>	<b>22.70 m</b>
<b>OBSERVACIONES:</b>	
La memoria del simulador se presenta en el <b>Anexo 2</b> del ERA, inciso c	

En el **Anexo 2** del ERA, inciso b, se presentan los **Diagramas de Pétalos** del escenario **1-EGN** denotando las **zonas de amortiguamiento y alto riesgo para los eventos radiación térmica (jet fire) y sobrepresión** del presente estudio.

**Escenario de Riesgo: 2-EGN - Ruptura total de la tubería 6" Ø. La fuga se produce por falla del regulador de presión de la ERM. La ubicación de la fuga se produce en la llegada al cuarto de válvulas.**

Nombre del simulador utilizado:	PHAST, Versión 7.1
Centro de trabajo:	Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec.
Clave del escenario:	2-EGN
<b>Descripción del escenario de riesgo</b>	
Ruptura total de la tubería 6" Ø. La fuga se produce por falla del regulador de presión de la ERM. La ubicación de la fuga se produce en la llegada al cuarto de válvulas.	
<b>Condiciones ambientales y tipo de área de localización de la instalación.</b>	
Temperatura ambiente (°C):	27
Humedad relativa (%):	50
Velocidad de viento (m/s)	2
Estabilidad de Pasquill y Dirección del viento	F
<b>Sustancia peligrosa bajo estudio</b>	
Nombre:	Gas Natural "Metano"
Fase:	Gas
Inventario (Kg)	20.633
Componente y % de la mezcla:	Ver el <b>Anexo 3</b> del ERA, "Composición de la hoja de datos de seguridad del gas natural"
<b>Características del sitio en el que se encuentra el recipiente</b>	
Tipo de área y superficie:	Concreto
<b>Datos del recipiente y características de la fuga</b>	
Tipo de recipiente:	Tubería 6"
Temperatura (°C):	16.85
Presión (Psi):	101
Diámetro equivalente de fuga (pulgadas):	6.0
Dirección de la fuga:	Horizontal
Elevación de la fuga:	1 m

Resultados de las **Zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento** para el escenario **2-EGN**

<b>RESULTADOS:</b>	
<b>Clave del escenario: 2-EGN</b>	
<b>Descripción del escenario de riesgo:</b> Ruptura total de la tubería 6" Ø. La fuga se produce por falla del regulador de presión de la ERM. La ubicación de la fuga se produce en la llegada al cuarto de válvulas.	
<b>RADIACIÓN TÉRMICA "BOLA DE FUEGO"</b>	
<b>Zona de alto riesgo (5 KW /m<sup>2</sup>)</b>	<b>37.24 m</b>
<b>Zona de amortiguamiento (1.4 KW /m<sup>2</sup>)</b>	<b>72.98 m</b>
<b>RADIACIÓN TÉRMICA "JET FIRE"</b>	
<b>Zona de alto riesgo (5 KW /m<sup>2</sup>)</b>	<b>77.70 m</b>
<b>Zona de amortiguamiento (1.4 KW /m<sup>2</sup>)</b>	<b>111.31 m</b>
<b>SOBREPRESIÓN POR EXPLOSIÓN</b>	
<b>Zona de alto riesgo (1 psi)</b>	<b>71.08 m</b>
<b>Zona de amortiguamiento (0.5 psi)</b>	<b>97.51 m</b>
<b>OBSERVACIONES:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>La memoria del simulador se presenta en el <b>Anexo 2</b> del ERA, inciso <b>c</b></li> </ul>	

En el **Anexo 2** del ERA, inciso **b**, se presentan los **Diagramas de Pétalos** del escenario **2-EGN** denotando las **zonas de amortiguamiento y alto riesgo** para los eventos **radiación térmica (jet fire) y sobrepresión** del presente estudio.

**Escenario de Riesgo: 3-EGN - Ruptura total de la tubería 1" Ø. La fuga se produce por falla en la integridad mecánica (corrosión). La ubicación de la fuga se produce en la llegada al surtidor.**

Nombre del simulador utilizado:	PHAST, Versión 7.1
Centro de trabajo:	Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec.
Clave del escenario:	3-EGN
<b>Descripción del escenario de riesgo</b>	
Ruptura total de la tubería 1" Ø. La fuga se produce por falla en la integridad mecánica (corrosión). La ubicación de la fuga se produce en la llegada al surtidor.	
<b>Condiciones ambientales y tipo de área de localización de la instalación.</b>	
Temperatura ambiente (°C):	27
Humedad relativa (%):	50
Velocidad de viento (m/s)	2
Estabilidad de Pasquill y Dirección del viento	F
<b>Sustancia peligrosa bajo estudio</b>	
Nombre:	Gas Natural "Metano"
Fase:	Gas
Inventario (Kg)	203.324
Componente y % de la mezcla:	Ver el <b>Anexo 3</b> del ERA, "Composición de la hoja de datos de seguridad del gas natural"
<b>Características del sitio en el que se encuentra el recipiente</b>	
Tipo de área y superficie:	Concreto
<b>Datos del recipiente y características de la fuga</b>	
Tipo de recipiente:	Tubería 1"
Temperatura (°C):	27
Presión (Psi):	3600
Diámetro equivalente de fuga (pulgadas):	1.0
Dirección de la fuga:	Horizontal
Elevación de la fuga:	0.5 m

Resultados de las **Zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento** para el escenario **3-EGN**

<b>RESULTADOS:</b>	
<b>Clave del escenario:</b> 3-EGN	
<b>Descripción del escenario de riesgo:</b> Ruptura total de la tubería 1" Ø. La fuga se produce por falla en la integridad mecánica (corrosión). La ubicación de la fuga se produce en la llegada al surtidor.	
<b>RADIACIÓN TÉRMICA "BOLA DE FUEGO"</b>	
<b>Zona de alto riesgo (5 KW /m<sup>2</sup>)</b>	<b>133.00 m</b>
<b>Zona de amortiguamiento (1.4 KW /m<sup>2</sup>)</b>	<b>248.60 m</b>
<b>RADIACIÓN TÉRMICA "JET FIRE"</b>	
<b>Zona de alto riesgo (5 KW /m<sup>2</sup>)</b>	<b>80.65 m</b>
<b>Zona de amortiguamiento (1.4 KW /m<sup>2</sup>)</b>	<b>117.00 m</b>
<b>SOBREPRESIÓN POR EXPLOSIÓN</b>	
<b>Zona de alto riesgo (1 psi)</b>	<b>142.20 m</b>
<b>Zona de amortiguamiento (0.5 psi)</b>	<b>174.10 m</b>
<b>OBSERVACIONES:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>La memoria del simulador se presenta en el <b>Anexo 2</b> del ERA, inciso <b>c</b></li> </ul>	

En el **Anexo 2** del ERA, inciso **b**, se presentan los **Diagramas de Pétalos** del escenario **3-EGN** denotando las **zonas de amortiguamiento y alto riesgo para los eventos radiación térmica (jet fire) y sobrepresión** del presente estudio.

**Escenario de Riesgo: 4-EGN - Fuga de gas natural por medio de un orificio 3.6". La fuga se produce por falla de integridad del cilindro. La ubicación de la fuga se produce en los tanques de cascada de amortiguamiento.**

Nombre del simulador utilizado:	PHAST, Versión 6.7.
Centro de trabajo:	Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec.
Clave del escenario:	4-EGN
<b>Descripción del escenario de riesgo</b>	
Fuga de gas natural por medio de un orificio 3.6". La fuga se produce por falla de integridad del cilindro. La ubicación de la fuga se produce en los tanques de cascada de amortiguamiento.	
<b>Condiciones ambientales y tipo de área de localización de la instalación.</b>	
Temperatura ambiente (°C):	27
Humedad relativa (%):	50
Velocidad de viento (m/s)	1.5
Estabilidad de Pasquill y Dirección del viento	F
<b>Sustancia peligrosa bajo estudio</b>	
Nombre:	Gas Natural "Metano"
Fase:	Gas
Inventario (m3)	0.2
Componente y % de la mezcla:	Ver el <b>Anexo 3</b> del ERA, "Composición de la hoja de datos de seguridad del gas natural"
<b>Características del sitio en el que se encuentra el recipiente</b>	
Tipo de área y superficie:	Concreto
<b>Datos del recipiente y características de la fuga</b>	
Tipo de recipiente:	Cilindro
Temperatura (°C):	27
Presión (Psi):	3600
Diámetro equivalente de fuga (pulgadas):	18
Dirección de la fuga:	Horizontal
Elevación de la fuga:	1.5 m

Resultados de las **Zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento** para el escenario **4-EGN**

<b>RESULTADOS:</b>	
Clave del escenario: 4-EGN	
<b>Descripción del escenario de riesgo:</b> Fuga de gas natural por medio de un orificio 3.6". La fuga se produce por falla de integridad del cilindro. La ubicación de la fuga se produce en los tanques de cascada de amortiguamiento.	
<b>RADIACIÓN TÉRMICA "BOLA DE FUEGO"</b>	
Zona de alto riesgo (5 KW /m <sup>2</sup> )	63.78 m
Zona de amortiguamiento (1.4 KW /m <sup>2</sup> )	119.21 m
<b>RADIACIÓN TÉRMICA "JET FIRE"</b>	
Zona de alto riesgo (5 KW /m <sup>2</sup> )	251.47 m
Zona de amortiguamiento (1.4 KW /m <sup>2</sup> )	385.50 m
<b>SOBREPRESIÓN POR EXPLOSIÓN</b>	
Zona de alto riesgo (1 psi)	109.76 m
Zona de amortiguamiento (0.5 psi)	126.24 m
<b>OBSERVACIONES:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>La memoria del simulador se presenta en el <b>Anexo 2</b> del ERA, inciso c</li> </ul>	

En el **Anexo 2** del ERA, inciso **b**, se presentan los **Diagramas de Pétalos** del escenario **4-EGN** denotando las **zonas de amortiguamiento y alto riesgo para los eventos radiación térmica (jet fire) y sobrepresión** del presente estudio.

**Escenario de Riesgo: 5-EGN - Fuga de gas natural por orificio de 1/2"Ø. La fuga se produce por falla de la válvula de exceso de flujo del sistema de cascada. La ubicación de la tubería 1/2" es en el interior del surtidor.**

Nombre del simulador utilizado:	PHAST, Versión 6.7.
Centro de trabajo:	Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec.
Clave del escenario:	5-EGN
<b>Descripción del escenario de riesgo</b>	
Fuga de gas natural por orificio de 1/2"Ø. La fuga se produce por falla de la válvula de exceso de flujo, del sistema de cascada. La ubicación de la tubería 1/2" es en el interior del surtidor.	
<b>Condiciones ambientales y tipo de área de localización de la instalación.</b>	
Temperatura ambiente (°C):	27
Humedad relativa (%):	50
Velocidad de viento (m/s)	1.5
Estabilidad de Pasquill y Dirección del viento	F
<b>Sustancia peligrosa bajo estudio</b>	
Nombre:	Gas Natural "Metano"
Fase:	Gas
Inventario (kg)	72.63102
Componente y % de la mezcla:	Ver el <b>Anexo 3</b> del ERA, "Composición de la hoja de datos de seguridad del gas natural"
<b>Características del sitio en el que se encuentra el recipiente</b>	
Tipo de área y superficie:	Concreto
<b>Datos del recipiente y características de la fuga</b>	
Tipo de recipiente:	Tubería 1/2"
Temperatura (°C):	27
Presión (Psi):	5000
Diámetro equivalente de fuga (pulgadas):	0.5
Dirección de la fuga:	Horizontal
Elevación de la fuga:	1 m

Resultados de las **Zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento** para el escenario **5-EGN**

<b>RESULTADOS:</b>	
<b>Clave del escenario: 5-EGN</b>	
<b>Descripción del escenario de riesgo:</b> Fuga de gas natural por orificio de $\frac{1}{2}$ " $\varnothing$ . La fuga se produce por falla de la válvula de exceso de flujo, del sistema de cascada. La ubicación de la tubería $\frac{1}{2}$ " es en el interior del surtidor.	
<b>RADIACIÓN TÉRMICA "BOLA DE FUEGO"</b>	
<b>Zona de alto riesgo (5 KW /m<sup>2</sup>)</b>	<b>96.89 m</b>
<b>Zona de amortiguamiento (1.4 KW /m<sup>2</sup>)</b>	<b>181.30 m</b>
<b>RADIACIÓN TÉRMICA "JET FIRE"</b>	
<b>Zona de alto riesgo (5 KW /m<sup>2</sup>)</b>	<b>46.81 m</b>
<b>Zona de amortiguamiento (1.4 KW /m<sup>2</sup>)</b>	<b>66.31 m</b>
<b>SOBREPRESIÓN POR EXPLOSIÓN</b>	
<b>Zona de alto riesgo (1 psi)</b>	<b>91.80 m</b>
<b>Zona de amortiguamiento (0.5 psi)</b>	<b>105.80 m</b>
<b>OBSERVACIONES:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>La memoria del simulador se presenta en el <b>Anexo 2</b> del ERA, inciso c</li> </ul>	

En el **Anexo 2** del ERA, inciso b, se presentan los **Diagramas de Pétalos** del escenario **5-EGN** denotando las **zonas de amortiguamiento y alto riesgo para los eventos radiación térmica (jet fire) y sobrepresión** del presente estudio.

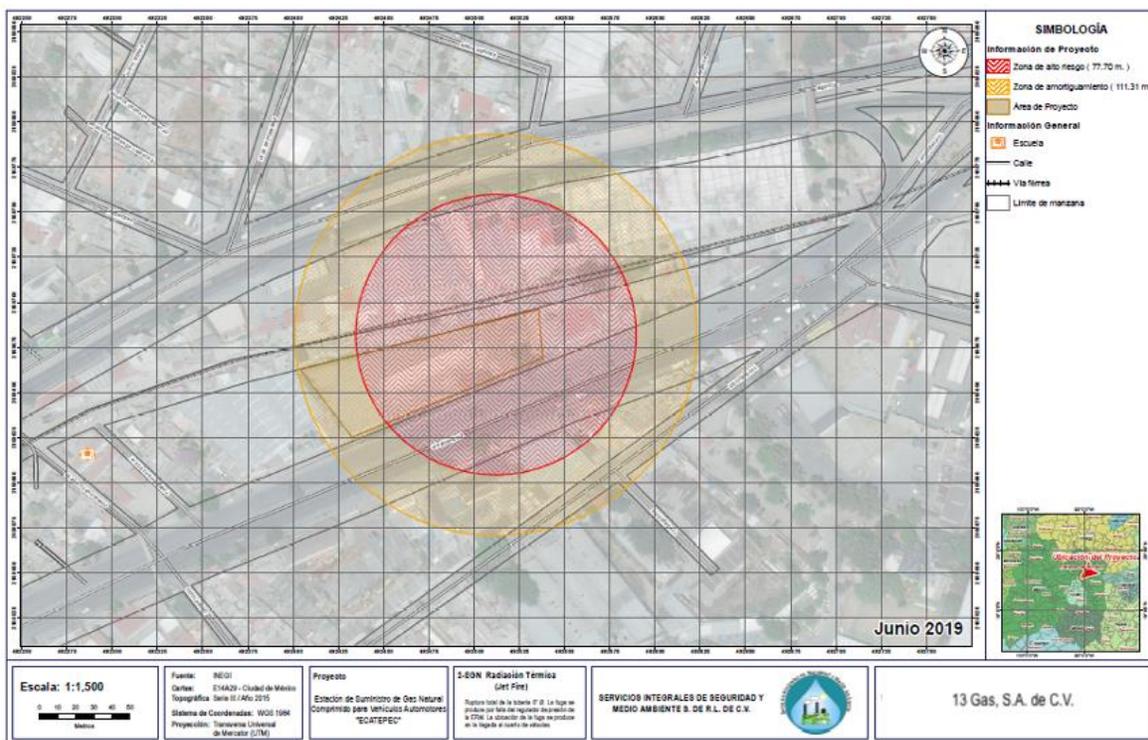
## II.2 Interacciones de Riesgo

En el **Anexo 2** del ERA, inciso **d**, se presenta el Plano de Interacciones en cual se representan los eventos Catastróficos de todos los escenarios evaluados para la estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec.

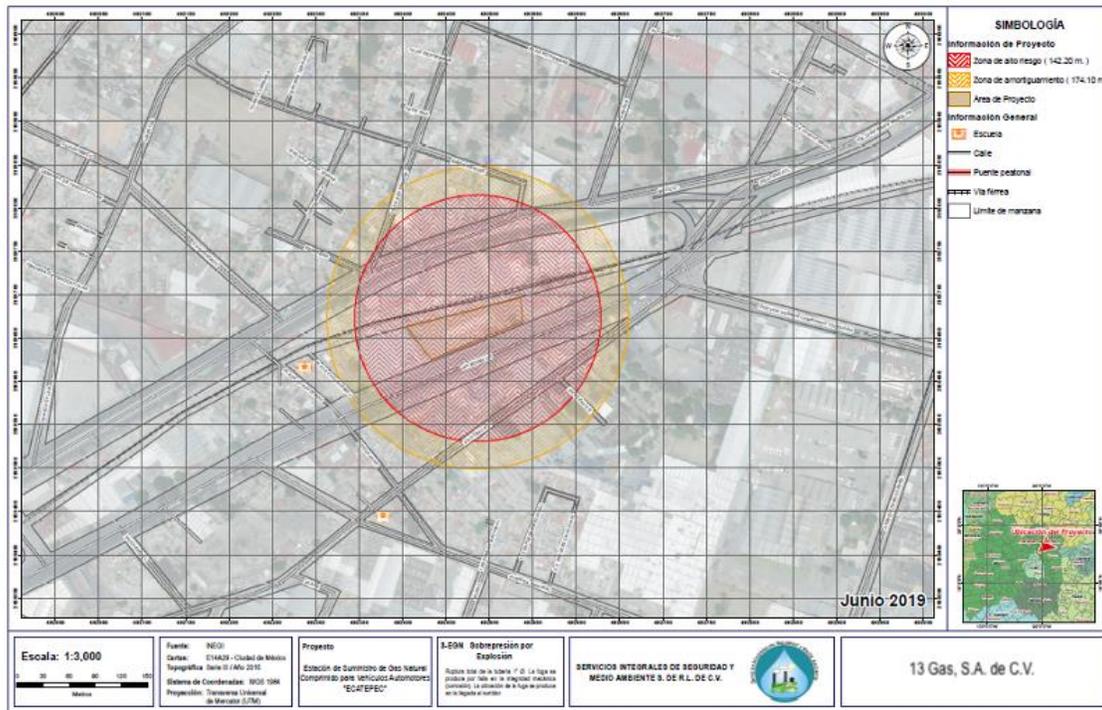
El sitio donde se pretende construir la estación de suministro es una zona urbana en cual se encuentran industrias, oficinas, comercio menor, construcciones habitacionales, centros médicos y estación de servicio de gasolina.

De acuerdo con los escenarios presentados para los eventos de ruptura-catastróficos, **Escenarios 2-EGN, 3-EGN, 4-EGN y 5-EGN**. En caso de presentarse algún incidente como los descritos en los Escenario 2-EGN, 3-EGN, 4-EGN y 5-EGN, los radios de afectación serian de:

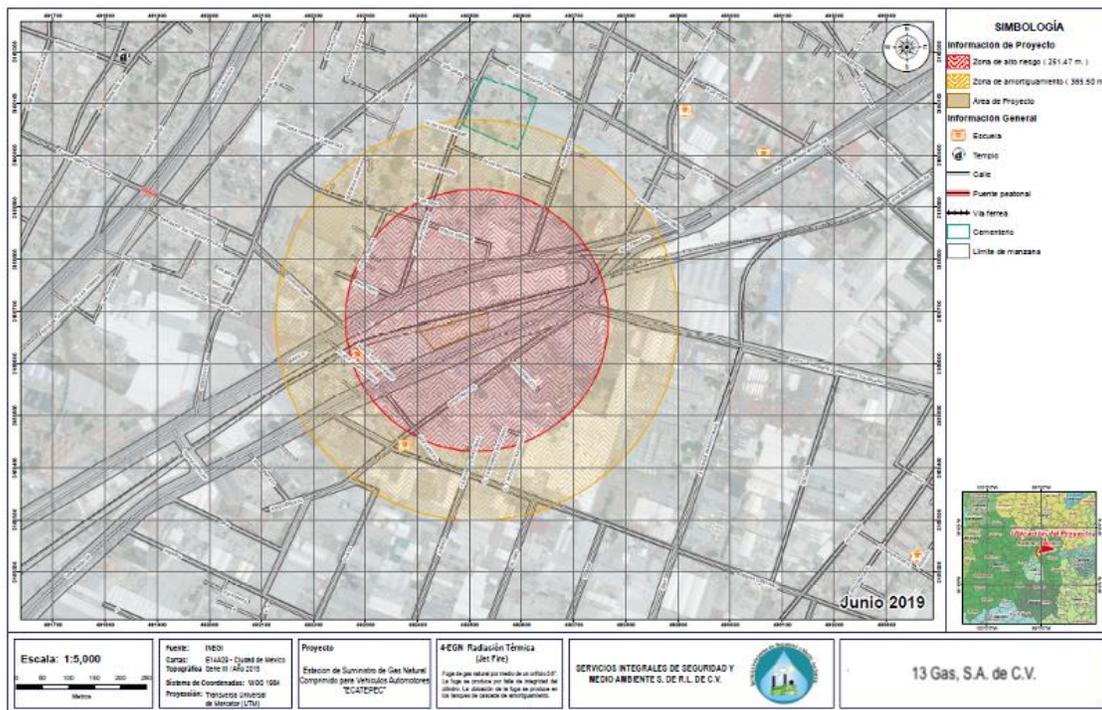
- a) **Escenario 2-EGN: 77.70 metros Radiación Térmica-Tubería 6"Ø.**



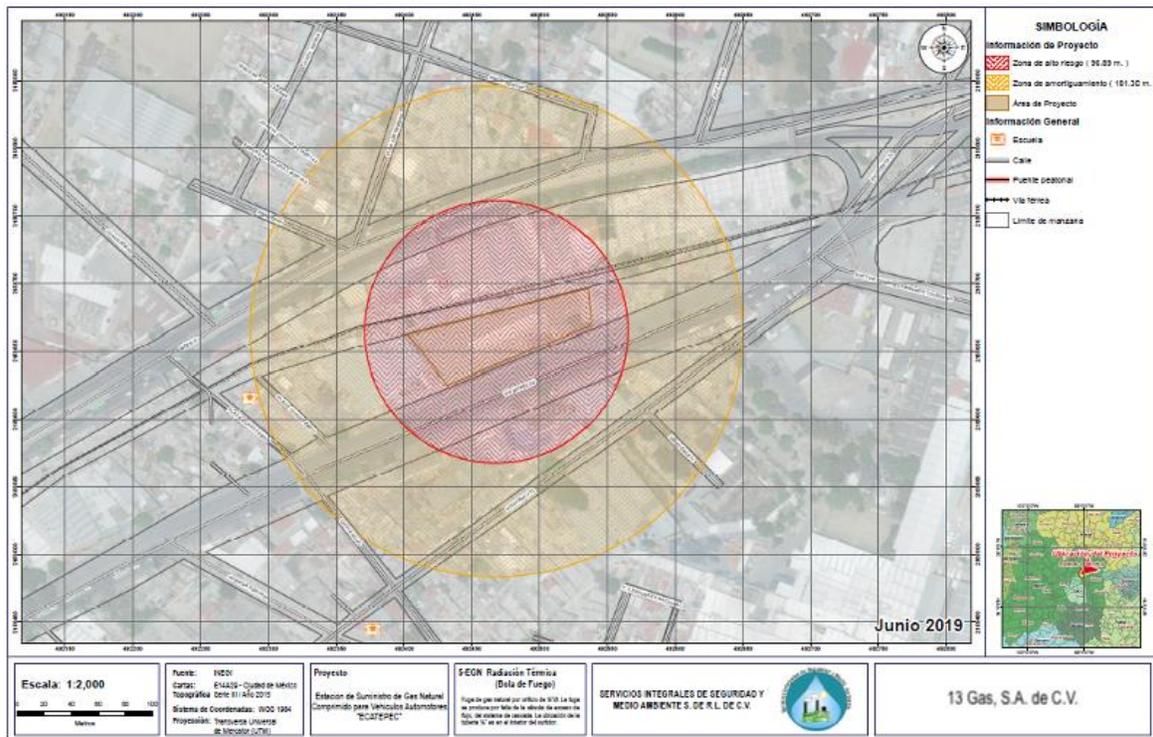
b) **Escenario 3-EGN: 142.20 metros Sobrepresión-Tubería 1"Ø.**



c) **Escenario 4-EGN: 251.47 metros Radiación Térmica-Cascada de Amortiguamiento "Cilindro".**



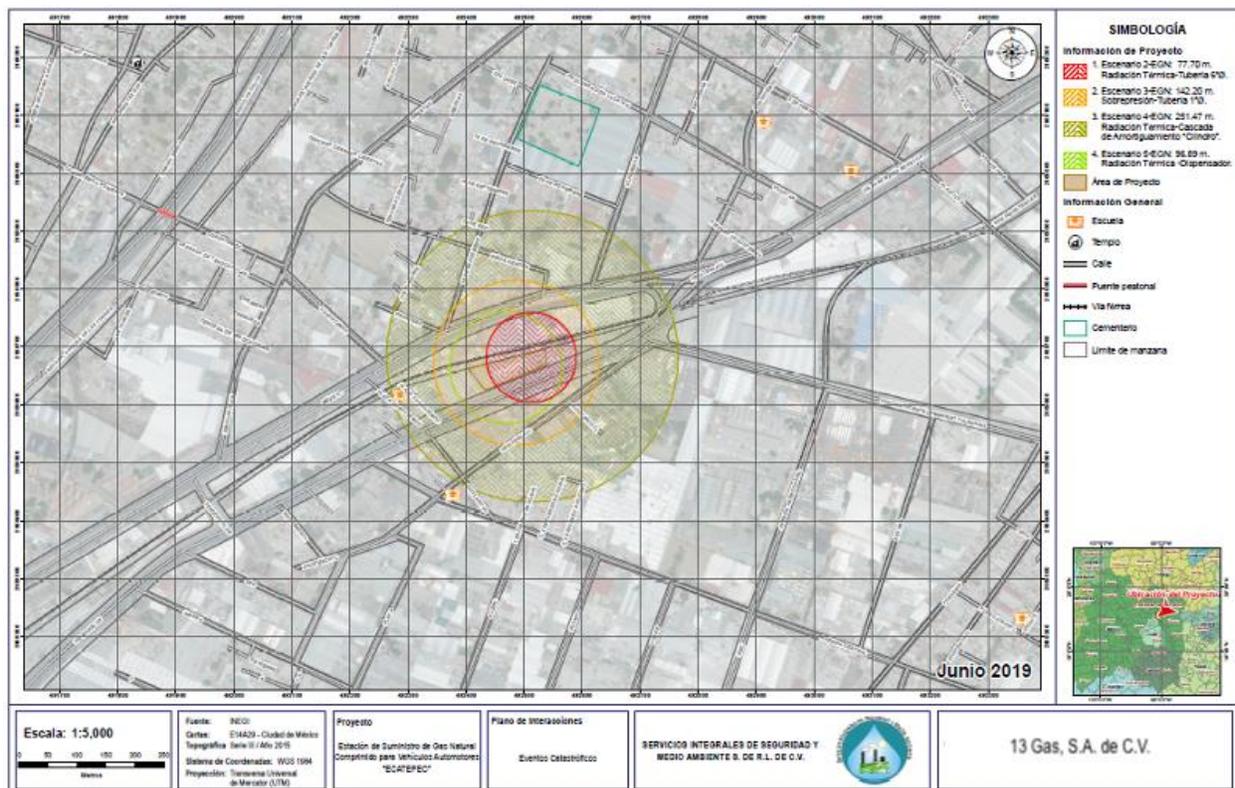
d) **Escenario 5-EGN:** 96.89 metros Radiación Térmica -Surtidor.



De los escenarios **2-EGN, 3-EGN y 5-EGN** sus radios no tendrían un alcance fuera del predio de la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec, presentando interacción sólo con áreas de la misma estación de servicio *Estación de Medición y Regulación, Surtidores, Compresores, Cuarto de Válvulas, Área de Cascadas*.

En caso del escenario **4-EGN**, siendo el radio de mayor alcance 251.47 m, presentaría interacciones con: pequeñas industrias, oficinas, comercio menor, gasolineras, construcciones habitacionales y centro médico IMSS-UMF 67, además de interacciones con las diferentes áreas que integran la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec. Sin embargo, dado que este escenario está planteado sobre la base de una falla de integridad mecánica del cilindro, es importante señalar que estos cilindros deben cumplir con normas internacionales de seguridad que disminuyan la probabilidad de que este evento ocurra.

A continuación se muestra el plano de interacciones de la instalación y colindancias donde se pueden observar los radios de afectación de los cuatro escenarios descritos, para ver con mayor detalle dicho plano ver el **Anexo 2** del ERA, inciso d.



Por lo anterior, para disminuir el riesgo en la instalación, se contará con las medidas preventivas indicadas a continuación:

### 1. Medidas Preventivas

- Contar un sistema de pararrayos.
- Cumplir con cada una de las recomendaciones del Hazop.
- Contar con un Programa para la Prevención de Accidentes.
- Contar con un programa de simulacros anual, en el cual participen protección civil y demás grupos de apoyo externo a emergencias.
- Establecer grupos de ayuda mutua con Protección Civil Municipal y Empresas.
- Contar con Planes de Respuestas a Emergencias avalados por Protección Civil.
- Establecer programas de mantenimiento preventivos y predictivos para la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec.
- Establecer Planes de Capacitación al personal en materia de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección Ambiental.
- Contar con un programa de inspección de fugas.
- Contar e implementar un Sistema de Administración de Seguridad, Operación, Mantenimiento y Medio Ambiente.

## 2. Medidas generales

- Desarrollar procedimientos internos de seguridad, incluyendo el plan de respuesta a contingencias ambientales por derrames, fugas, incendio y explosión.
- Programa de capacitación para el personal operativo de la EDS, garantizando en todo momento que el personal cumple con los conocimientos y competencias necesarias para la atención a contingencias.
- Llevar a cabo procesos de etiquetado, bloqueo y candado para interrupción de líneas eléctricas.
- Procedimientos de seguridad para el desempeño de actividades que generen ignición como soldaduras, chispas y/o flama abierta.
- Contar con los teléfonos de emergencia en un lugar visible (Unidad de Bomberos, Policía local y Protección Civil de Ecatepec).
- Contar con la señalización adecuada, rutas de evacuación y zonas de seguridad.
- Contar con el Organigrama de conformación específica de las brigadas.
- Brigada de apoyo médico, con la descripción de puestos y el detalle completo de los equipos de primeros auxilios.
- Procedimientos de notificación y comunicación entre el personal de la instalación, Protección Civil, autoridades policiales y políticas.
- Listado de equipos a ser utilizados para hacer frente a las emergencias y desastres. El listado debe estar acompañado de un plano que indique su ubicación.
- Llevar a cabo simulacros, por lo menos una vez al año, con la participación de todo el personal, en coordinación con las autoridades involucradas en el evento hipotético. Antes de la ejecución del simulacro, se deberá verificar la correcta operación de los extintores.

## 3. Programa de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo contenga un programa mensual de detección de fugas y derrames.

El programa de mantenimiento debe aplicarse a todos los componentes y sistemas de la EDS, de conformidad con los manuales, especificaciones y fichas técnicas de los equipos que conforman la estación. El programa de mantenimiento implicará:

- Testificar las revisiones y pruebas de manera periódica. Se deberá llevar un registro en bitácora de cada verificación que se lleve a cabo.
- Estricto apego al cumplimiento del calendario de mantenimiento de cada equipo, incluyendo equipos nuevos y de reemplazo.
- Pruebas de hermeticidad de tanques y accesorios para determinar si se requieren acciones de mantenimiento, suspensión temporal o retiro definitivo.
- Verificación del sistema de seguridad: sistemas de control electrónico, para la detección de fuego, mezclas explosivas y mezclas inflamables, con sistema de paro de emergencia y con circuitos de control que hayan interrumpido la operación de un sistema por mal funcionamiento y su restablecimiento manual cuando se asegure que se tienen condiciones operativas seguras.
- Verificación de que el Sistema de Compresión cuente con los elementos de seguridad necesarios (válvulas).
- Verificación de las condiciones de seguridad del Dispositivo de Ruptura del Poste o Surtidor instalado en la EDS.
- Verificación de las condiciones de seguridad de la línea de suministro de GNC a cada Surtidor (válvulas).
- Verificación del funcionamiento de las boquillas de recepción.

- Verificación del proceso de purga del sistema de tuberías.
- Revisión de los sistemas de secado y filtrado para controlar la humedad del Gas Natural, procesos de odorización (si aplica), sistema de conexión al gasoducto de distribución.
- Verificación del funcionamiento y condiciones de seguridad del Sistema de Paro del Compresor.
- Verificación de las condiciones de los dispositivos de seguridad del sistema de suministro del GN (Lector del Dispositivo Identificador, surtidores, manómetros y mangueras, etc.).
- Verificación de los componentes del sistema de suministro, de modo que estén diseñados para funcionar, como mínimo, a la Presión de Trabajo Máxima Permitida (PTMP) del sistema o a una presión mayor.
- Verificación de las condiciones y funcionamiento del sistema de detección de mezclas explosivas.
- Verificar que el Sistema de Paro de Emergencia (SPE) se encuentra en las condiciones de operación adecuadas.
- Verificar que los elementos del sistema contra incendio se encuentran en óptimas condiciones para detectar, alarmar, controlar, mitigar y minimizar las consecuencias de fugas, incendios o explosiones del Gas Natural
  - Sistemas eléctricos de potencia e iluminación, primario y de emergencia.
  - Sistemas de alarma visual y sonora
  - Sistemas de protección catódica de estructuras y tuberías de acero enterradas o sumergidas.
  - Sistema de puesta a tierra y el sistema de protección contra descargas eléctricas atmosféricas.
  - Revisión periódica de los equipos electrónicos y herramientas de software para poder verificar si el vehículo presenta las condiciones de seguridad para el suministro de GNC, a través de la información contenida en el Dispositivo Identificador del vehículo.
  - Verificación de las condiciones de los recipientes de almacenamiento
- Corroborar que el sistema de almacenamiento estacionario cumple con: conexiones accesibles, operación adecuada de las válvulas, anclados en forma segura para evitar flotación y/o arrastre en lugares donde existe riesgo de inundación; los cilindros no acumulan humedad ni suciedad y son intercambiables, y que los recipientes cumplen con las especificaciones adecuadas para su operación y funcionamiento.
  - Verificación de la protección de los recipientes contra la corrosión por recubrimientos anticorrosivos o cualquier otro sistema equivalente que inhiba el ataque del medio ambiente y cuenten con envoltorio de materiales compuestos y protegidos de la radiación ultravioleta si es requerido por el fabricante.
  - Verificar que no se almacena ningún material combustible en un radio de 3 m de los recipientes.

#### **4. Manual de operaciones**

El manual de operaciones es un documento técnico en donde se describirán a detalle los procedimientos específicos, así como las relaciones que guardan entre sí, para la óptima operación de la estación en las condiciones de seguridad adecuadas. El manual es una guía para instruir al personal involucrado en las diversas operaciones de la EDS y describe también las políticas de la empresa, así como las relaciones con las autoridades competentes. El manual de operaciones se enfocará a la descripción de:

- Procedimientos de operación para los sistemas y componentes;
- El Plan de Respuesta a Emergencias;
- El Programa de capacitación del personal;
- Procedimientos para el monitoreo de la operación de cada sistema y la integridad mecánica de las estructuras;
- Plan de detección de fugas.

## 5. Manual de seguridad

El manual de seguridad describe a detalle aquellas medidas y acciones enfocadas a salvaguardar la integridad y las condiciones operativas de los equipos que conforman la EDS, considerando los riesgos potenciales que se derivan de la naturaleza de las operaciones que requiere el suministro de gas natural. El manual se enfocará en:

- Las especificaciones de seguridad de los materiales y equipos;
- Las medidas de prevención de incidentes y accidentes en la Estación:
  - Fugas de baja presión
  - Fugas de alta presión
  - Fugas por ruptura de mangueras
  - Sobrepresión en el sistema
  - Incendio incipiente
  - Incendio de vehículo al momento del suministro de GN
  - Incendios declarados
  - Atentados, amenazas de bomba, etc.
- El Plan de respuesta a emergencias;
- El Programa anual de capacitación y entrenamiento a todo el personal de la EDS, que considere simulacros de siniestros que pudieran presentarse;
- El plan de capacitación y entrenamiento donde se establece el nivel de competencia individual para todo el personal de la Estación y sus registros.

## 6. Plan de respuesta a contingencias ambientales

El Plan de respuesta a contingencias ambientales documenta los procedimientos y acciones que se deben llevar a cabo, para hacer frente a cualquier contingencia que se presente. Por la naturaleza de las actividades de la EDS, los riesgos potenciales identificados son los incendios, explosiones, derrames y fugas. El plan debe contener:

- Procedimientos para la atención a emergencias originadas en la EDS: incendios, fugas, derrames, explosiones;
- Programa de capacitación para atención a emergencias;
- Responsables de los procesos: personal operativo, administrativo y otros;
- Procedimientos para regular aspectos de Seguridad y Ambiente;
- Mecanismos y sistemas de comunicación al personal y público en general;
- Equipo contra incendio;
- Equipo contra derrames;
- Equipo de protección personal;
- Sistema de alarmas;
- Equipo de primeros auxilios;
- Simulacros y entrenamiento;
- Establecimiento de los procesos detallados para la atención a emergencias;
- Identificación de riesgos en salud, seguridad y medio ambiente;
- Disposición de los números de emergencia.

## 7. Programa de Prevención de Accidentes

Documenta los procedimientos que se deben seguir para la prevención de accidentes que se deriven principalmente por fallas de operación de la estación, orientado a garantizar la comprensión y cumplimiento de todas las normas, disposiciones, políticas y procedimientos de seguridad y salud que se implementen en el sitio. Este programa es útil para identificar y eliminar los peligros en el trabajo a través de procedimientos de análisis de la seguridad en el trabajo.

El programa implica el establecimiento de procedimientos para:

- Atención a lesiones o enfermedades en el lugar del trabajo;
- Investigación de accidentes;
- Primeros auxilios incluyendo la capacitación;
- Reuniones de seguridad en el equipo de trabajo;
- Equipo de protección personal;
- Limpieza y orden;
- Procedimientos de emergencia;
- Seguridad de las instalaciones eléctricas;
- Prevención de incendios/extintores de incendios;
- Espacios confinados.
- Recorridos de inspección
- Seguridad para el manejo de sustancias peligrosas

## 8. Programa de gestión ambiental

El Programa de Gestión Ambiental conllevará que se cuente con los procedimientos y el personal responsable para implementar y llevar registro de cada una de las acciones que se proponen como medidas preventivas y de mitigación en la Manifestación de Impacto Ambiental. El Programa implica un programa de capacitación semestral a todo el personal de la EDS, tanto técnico – operativo, como al administrativo, y la supervisión de cada acción. El programa incluye:

- Plan de manejo residuos;
- Procedimientos de Recolección, almacenamiento, manejo y disposición final de RSU, RME y RP;
- Capacitación para manejo y almacenamiento de residuos, dentro de la EDS;
- Requerimientos de equipo de protección personal;
- Limpieza con productos biodegradables;
- Mantenimiento de áreas ajardinadas;
- Mantenimiento a la red hidrosanitaria;
- Análisis de aguas residuales;
- Supervisión.

## 9. Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente

El Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente sirve para gestionar todos los aspectos abordados en los manuales y programas anteriormente mencionados, relacionados a la seguridad, la operación, las acciones de mantenimiento y el cuidado al medio ambiente. Permitiendo centralizar los procedimientos y registros que se deban llevar a cabo, y agilizando así el control y

operación de la estación. Entre los procedimientos que se establecen en el sistema, se pueden mencionar los siguientes:

- Política del sistema;
- Identificación de peligros y aspectos ambientales
- Análisis de riesgos y evaluación de aspectos ambientales;
- Funciones y responsabilidades;
- Competencia del personal, capacitación y entrenamiento;
- Procedimientos de comunicación;
- Control de documentos y registros;
- Integridad mecánica;
- Calibración, verificación y mantenimiento de equipos;
- Evaluación del cumplimiento de requisitos legales;
- Aseguramiento de la calidad;
- Mejores prácticas;
- Seguridad de contratistas;
- Respuesta a emergencias;
- Monitoreo, verificación y evaluación;
- Investigación de accidentes;
- Auditorías;
- Informes de desempeño.

### II.3 Efectos sobre el Sistema Ambiental

Para los escenarios de riesgo planteados para la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec, se tienen las siguientes consideraciones:

Debido a que la principal sustancia química manejada es el Gas Natural (Metano), los escenarios evaluados comprendieron eventos de incendio y explosión. Sin embargo, debemos resaltar que para que el GN se incendie o explote debe liberarse y alcanzar el rango de inflamabilidad (4-16 % aproximadamente), además estar presente una fuente de ignición. El gas que se libere a la atmósfera no es tóxico.

En términos generales, para los eventos analizados, el sistema ambiental regional tiene la capacidad de recuperar los valores normales en sus componentes ambientales.

#### II.3.1. Alcances de los radios de afectación para los eventos Catastróficos sobre el Sistema Ambiental.

A continuación, se presentan los alcances de los radios de afectación para los eventos Catastróficos sobre el Sistema Ambiental.

Los radios de afectación en el **Escenario 2** "Tubería de 6", para incendio de chorro son de 77.70 m en zona de alto riesgo y para explosión es de 71.08 m en zona de alto riesgo, los factores ambientales afectados se muestran en la siguiente tabla. Y se marcan con una X.

*Tabla 25 Identificación de Factores Ambientales Afectados Escenario 2 – Tubería de 6"*

Factor ambiental	Evento: <b>Ruptura Total</b>	
	Radiación térmica	Sobrepresión
	Incendio de chorro: 77.70 m	Explosión: 71.08 m
Aire	X	X
Suelo		
Hidrología		
Vegetación (protegida)		
Vegetación (común "matorral/áreas agrícolas)		
Fauna		
Paisaje		
Población		

Los radios de afectación en el **Escenario 3** "Tubería de 1", para incendio de chorro son de 80.65 m en zona de alto riesgo y para explosión es de 142.20 m en zona de alto riesgo, los factores ambientales afectados se muestran en la siguiente tabla.

*Tabla 26 Identificación de Factores Ambientales Afectados Escenario 3 – Tubería de 1"*

Factor ambiental	Evento: <b>Ruptura Total</b>	
	Radiación térmica	Sobrepresión
	Incendio de chorro: 80.65 m	Explosión: 142.20 m
Aire	X	X
Suelo		
Hidrología		
Vegetación (protegida)		
Vegetación (común "matorral/áreas agrícolas)		
Fauna		
Paisaje		
Población	X	X

Los radios de afectación en el **Escenario 4** "Cascada", para incendio de chorro son de 251.47 m en zona de alto riesgo y para explosión es de 109.76 m en zona de alto riesgo, los factores ambientales afectados se muestran en la siguiente tabla.

*Tabla 27 Identificación de Factores Ambientales Afectados Escenario 4 – "Cascada"*

Factor ambiental	Evento: <b>Ruptura Total</b>	
	Radiación térmica	Sobrepresión
	Incendio de chorro: 251.47 m	Explosión: 109.76 m
Aire	X	X
Suelo		
Hidrología		
Vegetación (protegida)		
Vegetación (común "matorral/áreas agrícolas)		
Fauna		
Paisaje		
Población	X	X

Los radios de afectación en el **Escenario 5** "Surtidor", para incendio son de 96.8 m en zona de alto riesgo y para explosión es de 91.80 m en zona de alto riesgo, los factores ambientales afectados se muestran en la siguiente tabla.



*Tabla 28 Identificación de Factores Ambientales Afectados Escenario 5 – "Surtidor"*

Factor ambiental	Evento: <b>Ruptura Total</b>	
	Radiación térmica	Sobrepresión
	Bola de fuego: 96.81 m	Explosión: 91.80 m
Aire	X	X
Suelo		
Hidrología		
Vegetación (protegida)		
Vegetación (común "matorral/áreas agrícolas)		
Fauna		
Paisaje		
Población	X	X

## III Señalamiento de las medidas de seguridad y preventivas en materia ambiental

### III. 1 Recomendaciones Técnico-Operativas

Las recomendaciones derivadas de la aplicación de la metodología de evaluación de riesgos "Hazop" para el proyecto son las siguientes:

*Tabla 29 Recomendaciones Técnico-Operativas*

No.	RECOMENDACIÓN
1	Contar con programa de capacitación anual, para el personal técnico en operación y funcionamiento correcto de la ERM.
2	Contar un programa de mantenimiento preventivo y predictivo anual, para cada uno de los componentes que integran la ERM.
3	Verificar y documentar la calidad de los materiales y tuberías procuradas en la etapa de construcción.
4	Contar con procedimientos de operación donde se involucre al personal técnico.
5	Contar con el programa de mantenimiento y calibración periódica a la válvula de seguridad.
6	Contar con programa de mantenimiento a válvulas, incluyendo el Actuador neumático.
7	Contar con procedimientos internos de seguridad, incluyendo el Plan de respuesta a contingencias ambientales por derrames, fugas, incendio y explosión.
8	Verificar el funcionamiento de los sistemas de alarma visual y sonora.
9	Verificar el funcionamiento de los Sistemas de protección catódica de estructuras y tuberías de acero enterradas o sumergidas.
10	Verificar y documentar la calidad de los materiales y tuberías procuradas en la etapa de construcción.
11	Contar con un programa para el buen funcionamiento del equipo contra incendio.
12	Contar con un plan de respuesta a emergencias.
13	Contar con un programa anual de monitoreo de la continuidad y resistencia de la protección catódica.
14	Contar con programa anual para el mantenimiento preventivo y correctivo para cada uno de los componentes críticos del secador de gas.
15	Contar un programa anual de inspección y mantenimiento preventivo y predictivo para los equipos EC.
16	Realizar prueba de resistencia y hermeticidad de acuerdo con la norma correspondiente
17	Contar con programa anual para el mantenimiento preventivo y correctivo para cada uno de los componentes críticos del sistema de cascada.
18	Contar con programa anual para el mantenimiento preventivo y correctivo para cada uno de los componentes críticos de surtidores de gas.

### III.1.1 Sistemas de seguridad

La Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec contará con los siguientes sistemas de seguridad:

- ✓ Detectores de fuga de gas
- ✓ Sirena central de detección de fuga de gases
- ✓ Sistema de agua contra incendios por seguridad cerca de la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec ante una eventualidad.
- ✓ También se contará con un plan de contingencias para emergencias en caso de una eventualidad y las acciones a desarrollar ante cualquier situación.

- **Estación de Regulación y Medición (ERM)**

Válvulas Esféricas bridadas 6".

Filtro.

Indicador de flujo.

- **Recinto de Compresión y Cascada**

Se construirá de concreto armado con resistencia adecuada al fuego y calor (muros de 4TRF - resistencia mínima de 4 horas al fuego), espesor mínimo de 0,20 metros y calidad de hormigón correspondiente a 250 kg/cm<sup>2</sup> o superior.

- **Paros de emergencia**

Los paros de emergencia son indispensables para todo el sistema de GNC, estos accesorios son a prueba de explosión y tienen que ser golpe de puño para mayor seguridad, tienen que cumplir con la norma IRAM-IAP-IEC-79 y a fin de contar con un accionamiento de desconexión instantáneo del suministro eléctrico se instalarán 15 pulsadores de emergencia. Estos pulsadores cortarían la energía de las instalaciones de GNC en forma manual con solo presionarlos. Cada pulsador tiene grado de protección IP 65 de acuerdo con la norma IEC 529 y DIN 40050. Todo componente debe incluir el código Exd II C.

Los pulsadores serán de tamaño grande, golpe de puño, instalado a 1,80 m de altura respecto del suelo, tendrán grado de protección IP65 de acuerdo con la norma IEC 529 y DIN 40050 y estarán debidamente identificados. Los ubicados próximos a la zona de compresión y en las islas de carga serán a prueba de explosión, asimismo su instalación eléctrica y elementos anexos. A continuación, se detallan las ubicaciones consideradas:

Paradas de Emergencia en Surtidores: 06

Paradas de Emergencia en ERM: 01

Paradas de Emergencia en RCC: 06

Paradas de Emergencia en Edificación: 02

Paradas de Emergencias ubicados en tablero: 02

TOTAL: 17

- **Cascada**

Presostato de arranque parada: Dispositivo de control de parada y arranque del compresor.

Manómetro: Indicador de la presión de almacenaje

Válvula de seguridad: Sistema de seguridad que actúa en caso de sobre presión.

Válvula de exceso de flujo: Elemento de seguridad que bloquea la salida de gas ante un aumento brusco de flujo.

Válvula de cilindro: Dispositivo de apertura y cierre de cada cilindro; además cuenta con una válvula de seguridad para exceso de temperatura.

Válvula anti retorno: Componente que impide el retroceso de gas hacia el compresor.

Válvula prioritaria: Componente que produce automáticamente cuando el almacenaje no posea el suficiente diferencial de presión para recargar los depósitos de los vehículos.

- **Surtidor**

Válvula de seguridad de desacople: Break Away diseñada para alto caudal

Display electrónico compacto de cuarzo líquido de alta visibilidad.

Manguera de carga diámetro 3/8" tipo 5 CNG-6 o similar

Válvula de carga GNV

Válvula esférica de 1/2"

Medidor másico

Indicación sonora de fin de carga

Válvula de exceso de flujo

Gabinete de acero inoxidable

Se ha instalado asimismo una válvula de corte remoto con actuador simple efecto a la salida de los tanques de almacenamiento.

- **Secador de Gas**

Válvulas de alivio de los recipientes: ASME UV, 1 unidad localizada sobre la Torre principal 24".

Clasificación a prueba de explosión: CLASE 1 DIV. 2 GRUPO D.

Sensores termopar: tipo "k" en salida del calentador, calentador de piel, enfriador entrada / salida.

Sensor de humedad: incluido, localizado en la salida del secador, 2 ajustes de alarma

Alto voltaje cable: teck tipo multi-conductor.

- **Sistema de Tuberías 6"Ø, 3"Ø y 1"Ø**

Válvula Check bridad de acero al carbón 6".

Válvula Esférica bridada con actuador neumático, simple efecto y solenoide APE 6".

Válvula Esférica bridada 6".

Válvula Esférica bridada 3".

Válvula Esférica roscada 3".

Válvula Check bridada de acero al carbón 3".

Válvula Esférica NPT 1".

Válvula de Retención NPT 1".

Válvula Esférica NPT 1/2".

Válvula Esférica NPT 3/2".

Todos los elementos sometidos a presión poseerán su correspondiente certificado de aprobación. Se ha instalado asimismo una válvula de corte remoto con actuador simple efecto.

Todos estos elementos y componentes que se ubiquen en áreas de riesgo estarán diseñados y certificados para uso en áreas clasificadas Clase 1, División 1, Grupos C y D.

- **Sistemas de Aislamiento**

A continuación, se describen las bases de diseño de los sistemas de aislamiento de las diferentes áreas o equipos con riesgos potenciales de incendio y explosión.

La ERM contará con equipamiento de seguridad y emergencia, tal como los letreros de seguridad colocados al exterior de este (ingreso), un pulsador de emergencia en el exterior de este, extintor Polvo Químico Seco de 12 Kg., tomacorriente antiexplosivo, tubería de venteo y pozo de tierra para descargar la energía estática que se pueda acumular en las estructuras y equipos instalados en el recinto.

El RCC está construido con materiales incombustibles y tienen una resistencia al fuego y calor de 4 horas. El piso es de concreto, lo que permite que los compresores se encuentren sobre una cimentación estable. Asimismo, se instalará tubería a fin de la superficie de ventilación cumpla con lo establecido en la NOM-010-ASEA-2016 (no debe ser menor al 5% de la superficie de los muros; el 80% de la ventilación debe ser en la parte superior y el 20% restante en la parte inferior). El RCC tiene dos accesos con un ancho libre de paso de 1,20 metros; las puertas abrirán hacia el exterior del recinto y contarán con cerraduras y dispositivos del tipo anti pánico (apertura por simple contacto). Las puertas serán de material no inflamable. Así mismo contará con sistemas de paros de emergencia y detectores de fuga de gases, extintor PQS de 12 Kg., tomacorriente antiexplosivo, tubería de venteo y pozo de tierra para descargar la energía estática que se pueda acumular en los equipos instalados dentro del recinto.

El canopy o techumbre es una estructura metálica a prueba de explosión de altura libre sobre las islas de atención a vehículos. El canopy o techumbre sobre las islas de GNC contará con un sistema de iluminación a prueba de explosión de 250 W que consiste en el suministro e instalación de los circuitos de alimentación para las luminarias a prueba de explosión desde el tablero. El circuito de alimentación al igual que las lámparas deberán ser instalados cumpliendo con la norma NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización).

- **Sistema de equipo de venta**

Los sistemas de equipos punto de venta (P.O.S.) tendrán acometidas a prueba de explosión. El suministro e instalación de los circuitos de alimentación para el equipo P.O.S. serán aprobados para zona de riesgo Clase I y II. La acometida va desde el tablero hasta el equipo, la salida será en tubería de 21 mm<sup>2</sup> PVC tipo pesado con curvas, uniones y cables en 2-1x4 mm<sup>2</sup> + 1x4 mm<sup>2</sup> (tierra). El alimentador de data tendrá una tubería de 35 mm<sup>2</sup> PVC-tipo pesado con curvas, uniones y cables belden 1533R (acometida y comunicación de POS a POS) y a la tubería de data le acompañará una tubería de reserva de 27 mm<sup>2</sup> PVC-P. Cuando la red eléctrica o comunicación se encuentre en zonas de riesgo clase I, II serán de tubería conduit tipo pesado con punta roscada con curvas y uniones de las mismas características. El paso de cables por tubería será completamente suave y su dimensión debe permitir el paso del cableado, la tubería debe estar sellada en sus extremos con compuestos sellantes horizontales-verticales que evite el paso de gases, vapores o llama a través de ellos. Dentro del equipo P.O.S. se instala una caja a prueba de explosión para las conexiones respectivas de los equipos.

### III.1.2 Medidas preventivas

La Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec contará con las siguientes medidas de seguridad:

- Programa para la Prevención de Accidentes.
- Programa de simulacros anual, en el cual participen protección civil y demás grupos de apoyo externo a emergencias.
- Planes de Respuestas a Emergencias avalados por Protección Civil.
- Programas de mantenimiento preventivos y predictivos.
- Programas de Capacitación al personal en materia de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección Ambiental.
- Programa de inspección de fugas.
- Sistema de Administración de Seguridad, Operación, Mantenimiento y Medio Ambiente.
- Sistema de pararrayos.

Se contará con sistemas de paros de emergencia y detectores de fuga de gases, extintor PQS de 12 Kg., tomacorriente antiexplosivo, tubería de venteo y pozo de tierra para descargar la energía estática que se pueda acumular en los equipos instalados dentro del recinto, además se colocaran los letreros de seguridad.

**Extintores.-** El Establecimiento estará provisto de un total de once extintores contra incendio portátiles de 12 Kgs impulsado por cartucho externo, cuyo agente extinguidor será de multi propósito ABC (polvo químico seco) a base de monofosfato de amonio al 75% y con una certificación por Underwrites Laboratorios (U.L), los que se colocarán distribuidos entre oficinas, islas de suministro, recinto de compresores y patio de maniobras; nueve extintores de CO<sub>2</sub> y uno móvil de polvo químico triclase, todos con una cartilla de instrucciones para su uso; además se instalarán detectores de fuga de gas y sirena central de detección de fuga de gas. El diseño e instalación de equipos y de la estación en su conjunto se realiza de acuerdo con especificaciones de la NOM-010-ASEA-2016 sobre requisitos mínimos de seguridad para gas natural comprimido, incluido en estaciones de suministro de vehículos automotores y de la NOM-001-SEDE-2012 sobre instalaciones eléctricas

**Señalización.-** Se colocarán letreros próximos a los surtidores en forma visible donde indica **NO FUMAR, GAS ALTA PRESION, PROHIBIDO EL LLENADO EN AUSENCIA DEL OPERADOR CON PERSONAS DENTRO DEL VEHICULO CON FALTA DE EXHIBICION DEL CHIP DE CONTROL DE CONVERSION, PROHIBIDO EL USO DE TELEFONO CELULAR Y APAGUE SU MOTOR**, en cada uno de los surtidores y se colocará en una de las paredes de la estación el letrero - **PROHIBIDO HACER FUEGO ABIERTO y PROHIBIDO LA ATENCION A VEHICULOS SIN EL SISTEMA DE CONTROL DE CARGA** como medida de seguridad.

- Las entradas, salidas y el patio de maniobras permanecerán limpios, libres de obstáculos y con la indicación del sentido del tránsito respectivo.
- Los equipos o materiales anti-explosivos deberán tener inscripciones o certificados que indiquen la marca, clase, división o grupo y además la identificación de la entidad que aprobó su uso.
- El Sistema de Seguridad comprende la instalación de un cilindro de arena en los extremos de la isla de despacho, un cilindro de agua en los extremos de cada isla.

Las tuberías y accesorios cumplirán con las especificaciones ANSI/ASME B31.4, siendo los requisitos los siguientes:

Las tuberías de baja presión serán de acero al carbono, ASTM A-53 ó similar, cédula 40 para tuberías de 6" y 3". Las tuberías de baja presión serán de acero al carbono, ASTM A-53, cédula 160 de 1" y las conexiones a los surtidores de acero inoxidable 316/316L sin soldadura, A269, SA213 Ø 1/2 in. OD x 0.065 in.

Los tubos de acero al carbono exteriores se protegerán de la corrosión mediante la aplicación de pintura anticorrosiva epóxica: color amarillo RAL 1004, espesor de pintado 8 mil (200 micras, base más acabado), la medición puede realizarse con un micrómetro digital.

Los accesorios (codos, tees, etc.) en baja presión serán de acero al carbono ASTM A105 y dimensiones según ANSI/ASME B16.9 y B16.11, del mismo espesor que la tubería en diámetros de 6" y 3", y clase 150 para todas las conexiones roscadas.

Los accesorios de alta presión (codos, tees, coples y otros) serán de acero forjado A-105 SW y NPT x 6000#.

Las empaquetaduras deberán tener un punto de fusión sobre los 900°C pudiendo ser de fibra de carbono y grafito apropiados para alta presión y variación de temperatura.

La tubería que pase a través de paredes, piso o techo tendrán una cubierta concéntrica externa de PVC en el espacio de pase, la misma será fijada al piso, techo o pared de tal manera que quede embebida en esta, el diámetro del tubo PVC será como mínimo ½" mayor al diámetro del tubo de GNV, el espacio entre el tubo y la cubierta de PVC será rellenada de un material sellante y flexible (Silicona o similar) capaz de absolver cualquier vibración del sólido a la tubería.

- **Prueba hidrostática**

De acuerdo con la *NOM-010-ASEA-2016*, antes del inicio de operaciones de la estación de GNC se deben realizar pruebas hidrostáticas o neumáticas del sistema. Asimismo, se establece que la tubería y accesorios de la Estación de GNC deben probarse hidrostáticamente a 1.5 veces o neumáticamente a 1.1 veces la presión de diseño. En virtud de lo anterior las pruebas se llevarán a cabo conforme se describe a continuación.

La prueba hidrostática se llevará a cabo en las estaciones para verificar la hermeticidad de las líneas de alta presión y de sus componentes. 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 homogéneo producido por el agua a presión. Cabe mencionar que, durante la prueba se retirarán los discos de ruptura, válvulas de relevo, recipientes e instrumentos que se puedan dañar.

- **Prueba Neumática**

Esta prueba se aplica para confirmar que las conexiones de las líneas y componentes de la estación resisten sin fuga el esfuerzo homogéneo producido por gas inerte a presión.

- **Protección anticorrosiva**

Se implementará un sistema de protección catódica con ánodos de sacrificio para las tuberías de acero enterradas. Para la red de baja presión de 6" soterrada, se instalarán 3 ánodos de magnesio de 17 lbs pre empacado. Para la red de Alta Presión de 1" Soterrada, se instalará 01 ánodo de Magnesio de 17 Lbs. pre empacado.

*Tabla 30 Datos para cálculo de protección catódica de línea de baja presión*

Vida media del sistema de protección catódica	10 años
Diámetro (m)	6" ~ 0.1524 m
Longitud de tubería (m)	50 (aproximadamente)
Resistividad de la arena de relleno (Ohm-cm)	6,000
Desgaste de la pintura a 10 años (estimado)	10 %
Densidad de corriente	0.035 amp/m <sup>2</sup> (área desnuda) 0.0004 amp/m <sup>2</sup> (área recubierta)
Tipo de ánodo a utilizar	17 lbs de magnesio

*Tabla 31 Datos para cálculo de protección catódica de línea de alta presión*

Vida media del sistema de protección catódica	10 años
Diámetro (m)	1" ~ 0.0254 m
Longitud de tubería (m)	90 (aproximadamente)
Resistividad de la arena de relleno (Ohm-cm)	6,000
Desgaste de la pintura a 10 años (estimado)	10 %
Densidad de corriente	0.035 amp/m <sup>2</sup> (área desnuda)

	0.0004 amp/m <sup>2</sup> (área recubierta)
Tipo de ánodo a utilizar	17 lbs de magnesio

Los tubos de acero al carbono exteriores se protegerán de la corrosión mediante la aplicación de pintura anticorrosiva epóxica: color amarillo RAL 1004, espesor de pintado 8 mil (200 micras, base más acabado), la medición puede realizarse con un micrómetro digital. Las tuberías y accesorios aéreos tendrán aplicación de pintura base epóxico acabado poliuretano. Para el inicio del pintado no se permitirá tener expuesto el arenado más allá de cuatro horas, además de no permitirse pintar si las condiciones de lluvias están presentes, las condiciones generalmente favorables se dan en las mañanas.

Las tuberías, accesorios y las áreas expuestas de las uniones que serán enterradas deben revestirse con cintas Polyken, con un espesor de 140 mills de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Se verificará la correcta instalación de las cintas Polyken, mediante inspección visual, prueba de adherencia y mediante holiday test antes de proceder al tapado de la zanja.

- **Radiografiado**

La red de baja presión comprende desde el tren de válvulas localizadas aguas abajo de la ERM conformado por una válvula esférica bridada con actuador neumático, una válvula check bridada y una válvula esférica manual bridada hasta el punto de conexión con las estaciones de compresión. Los materiales utilizados son tuberías de acero al carbono cedula 40 de Ø 6" y Ø 3", accesorios Clase 150, 300 y 600; estos materiales están diseñados para operar a la presión regulada de 7 bar, cuya regulación de presión se efectúa en la ERM mediante un regulador de presión. Las uniones entre tuberías se realizarán mediante basándose en la última versión del estándar API-1104 con base en la Norma Oficial Mexicana *NOM-002-SECRE-2010, Instalaciones de aprovechamiento de gas natural*. Los ensayos no – destructivos (END) serán realizados por medio de inspección visual, inspección con líquidos penetrantes y placas radiográficas. Se realizará la inspección radiográfica al 100% de las uniones soldadas en todo el perímetro de la junta soldada. Se evaluarán las juntas de acuerdo conl estándar API-1104.

El equipo de compresión, de cascada y los surtidores serán sometidos a pruebas de calidad de acuerdo con la norma *NFPA 52 for Compressed Natural Gas (CNG) Vehicular Fuel Systems y el National Electrical Code ANSI/NFPA 70* y se entregan con un certificado de fabricación.

## IV Resumen

### IV.1 Señalar las conclusiones del estudio de riesgo ambiental

De acuerdo con los resultados del estudio de riesgo fundamentados en la información proporcionada por 13 Gas, S.A. de C.V., se puede establecer que las instalaciones correspondientes a la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec dispondrá de la infraestructura necesaria para operar con seguridad, minimizando los riesgos al personal, al ambiente e instalaciones propias y aledañas.

Se implementarán y aplicarán medidas de seguridad de operación y preventivas para abatir el riesgo en las instalaciones, haciendo énfasis en los cruzamientos y en los receptores de importancia que se señalaron en el desarrollo del estudio como se menciona en las recomendaciones dadas en el apartado II.2, III.1. y III.1.1

### IV.2 Resumen de la situación general que presenta el proyecto en materia de riesgo ambiental

De acuerdo con los escenarios presentados, para los eventos de ruptura-catastróficos, **Escenarios 2-EGN, 3-EGN, 4-EGN y 5-EGN**. En caso de presentarse algún incidente como los descritos en los Escenario 2-EGN, 3-EGN, 4-EGN y 5-EGN, los radios de afectación serian de:

- 1.- **Escenario 2-EGN:** 77.70 metros Radiación Térmica-Tubería 6"Ø.
- 2.- **Escenario 3-EGN:** 142.20 metros Sobrepresión-Tubería 1"Ø.
- 3.- **Escenario 4-EGN:** 251.47 metros Radiación Térmica-Cascada de Amortiguamiento "Cilindro".
- 4.- **Escenario 5-EGN:** 96.89 metros Radiación Térmica-Surtidor.

De los escenarios **2-EGN, 3-EGN y 5-EGN** sus radios de afectación por radiación térmica Jet Fire no tendrían un alcance fuera del predio de la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec, presentando interacción sólo con áreas de la misma estación de servicio *Estación de Medición y Regulación, Surtidores, Compresores, Cuarto de Válvulas, Área de Cascadas*.

En caso del escenario **4-EGN**, siendo el radio de mayor alcance 251.47 m, presentaría interacciones con: pequeñas industrias, oficinas, comercio menor, gasolineras, construcciones habitacionales y centro médico IMSS-UMF 67, además de interacciones con las diferentes áreas que integran la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec. Sin embargo, dado que este escenario está planteado sobre la base de una falla de integridad mecánica del cilindro, es importante señalar que estos cilindros deben cumplir con normas internacionales de seguridad que disminuyan la probabilidad de que este evento ocurra.

Para disminuir el riesgo en la instalación contará con las medidas preventivas indicadas a continuación:

#### Medidas Preventivas

- Contar un sistema de pararrayos.
- Cumplir con cada una de las recomendaciones del Hazop
- Contar con un Programa para la Prevención de Accidentes.
- Contar con un programa de simulacros anual, en el cual participen protección civil y demás grupos de apoyo externo a emergencias.
- Establecer grupos de ayuda mutua con Protección Civil Municipal y Empresas.
- Contar con Planes de Respuestas a Emergencias avalados por Protección Civil.

- Establecer programas de mantenimiento preventivos y predictivos para la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec.
- Establecer Planes de Capacitación al personal en materia de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección Ambiental.
- Contar con un programa de inspección de fugas.
- Contar e implementar un Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente.

A continuación, se presentan los escenarios de fuga evaluados en caso de algún incidente por radiación térmica o sobrepresión.

*Tabla 32 Escenarios de fuga evaluados*

Escenario	Radiación térmica Jet Fire	Radiación térmica Bola de Fuego	Sobrepresión
1. Fuga de gas natural por orificio de 1.2" Ø (20% diámetro nominal de la tubería), en la tubería 6" Ø. La fuga se produce por falla de integridad de la tubería, corrosión. La ubicación de la fuga se produce en la llegada al cuarto de válvulas.	15.05 m	No presenta Evento	16.86 m
2. Ruptura total de la tubería 6" Ø. La fuga se produce por falla del regulador de presión de la ERM. La ubicación de la fuga se produce en la llegada al cuarto de válvulas.	77.70 m	37.24 m	71.08 m
3. Ruptura total de la tubería 1" Ø. La fuga se produce por falla en la integridad mecánica (corrosión). La ubicación de la fuga se produce en la llegada al surtidor.	80.65m	133.00 m	142.20 m
4. Fuga de gas natural por medio de un orificio 3.6". La fuga se produce por falla de integridad del cilindro. La ubicación de la fuga se produce en los tanques de cascada de amortiguamiento.	251.47m	63.78 m	109.76m
5. Fuga de gas natural por orificio de ½"Ø. La fuga se produce por falla de la válvula de exceso de flujo, del sistema de cascada. La ubicación de la tubería ½" es en el interior del surtidor.	46.81m	96.89 m	91.80m

### IV.3 Presentar el Informe Técnico debidamente llenado

Tabla 33 Sustancias Involucradas

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)*	No. CAS**	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Flujo (m <sup>3</sup> /seg)	Longitud de la tubería (km)	Diámetro de la tubería (cm)	Presión de operación (psi)	Temperatura (°C)	Descripción de la Trayectoria
Metano	74-82-8	0.61	4000	0.2	6", 3" y 1"	5000	-40 °C - 54.44°C	Tubería 6"Ø de ERM a Secador y Compresoras. Tubería 1"Ø compresoras a cascadas y surtidores

\*De acuerdo con los lineamientos descritos de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), International Union Pure Applied Chemistry

\*\*De acuerdo con el Chemical Abstract Service (CAS)

Tabla 34 Antecedentes de accidentes e incidentes

Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes afectados)	Acciones realizadas para su atención
2015	Argentina Ciudad Tortuguitas	Estación de servicio de gas natural comprimido	Metano Ga natural	Explosión	Fuga de gas en el sistema del vehículo	Aire	Medidas de control de seguridad

Tabla 35 Identificación y jerarquización de riesgos ambientales

No. de falla	No. de evento	Falla	Accidente hipotético				Unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			
1.	<b>1-EGN.-</b> Fuga de gas natural por orificio de 1.2" Ø (20% diámetro nominal de la tubería), en la tubería 6" Ø. La fuga se produce por falla de integridad de la tubería, corrosión. La ubicación de la fuga se produce en la llegada al cuarto de válvulas..	Fuga, se produce por falla de integridad de la tubería, corrosión	X		X	X	Tubería 6"Ø	HAZOP	Aire, Suelo
2.	<b>2-EGN.-</b> Ruptura total de la tubería 6" Ø. La fuga se produce por falla del regulador de presión de la ERM. La ubicación de la fuga se produce en la llegada al cuarto de válvulas.	Fuga, se produce por falla del regulador de presión de la ERM	X		X	X	Tubería 6"Ø	HAZOP	Aire, Suelo
3.	<b>3-EGN.-</b> Ruptura total de la tubería 1" Ø. La fuga se produce por falla en la integridad mecánica (corrosión). La ubicación de la fuga se produce en la llegada al surtidor.	Fuga, se produce por falla en la integridad mecánica (corrosión).	X		X	X	Tubería 1"Ø	HAZOP	Aire, Suelo
4.	<b>4-EGN.-</b> Fuga de gas natural por medio de un orificio 3.6". La fuga se produce por falla de integridad del cilindro. La ubicación de la fuga se produce en los tanques de cascada de amortiguamiento.	Fuga, se produce por falla de integridad del cilindro	X		X	X	Cilindro	HAZOP	Aire, Suelo
5.	<b>5-EGN.-</b> Fuga de gas natural por orificio de ½"Ø. La fuga se produce por falla de la válvula de exceso de flujo, del sistema de cascada. La ubicación de la tubería ½" es en el interior del surtidor	Fuga, se produce por falla en la integridad mecánica (corrosión).	X		X	X	Surtidor	HAZOP	Aire, Suelo

**Nota:** Información en base a los Anexos 1 y 2 del ERA.

Tabla 36 Estimación de consecuencias

No. de Falla	No. de Evento	Tipo de liberación		Cantidad hipotética liberada		Estado Físico	Efectos potenciales					Programa de simulación empleado	Zona de alto riesgo		
		Masiva	Continua	Cantidad	Unidad		C	G	S	R	N		*10-5	X 10 -6	
													Distancia(m)	Distancia(m)	
1.	<b>1-EGN.</b> Fuga de gas natural por orificio de 1.2" Ø (20% diámetro nominal de la tubería), en la tubería 6" Ø. La fuga se produce por falla de integridad de la tubería, corrosión. La ubicación de la fuga se produce en la llegada al cuarto de válvulas.		X	20.633	kg	Gaseoso						X	PHAST Versión 7.1	15.05 m	No presenta Evento
2.	<b>2-EGN.</b> Ruptura total de la tubería 6" Ø. La fuga se produce por falla del regulador de presión de la ERM. La ubicación de la fuga se produce en la llegada al cuarto de válvulas.		X	20.633	kg	Gaseoso						X	PHAST Versión 7.1	77.70 m	37.24 m
3.	<b>3-EGN.</b> Ruptura total de la tubería 1" Ø. La fuga se produce por falla en la integridad mecánica (corrosión). La ubicación de la fuga se produce en la llegada al surtidor.		X	203.324	kg	Gaseoso						X	PHAST Versión 7.1	80.65 m	133.00 m
4.	<b>4-EGN.</b> Fuga de gas natural por medio de un orificio 3.6". La fuga se produce por falla de integridad del cilindro. La ubicación de la fuga se produce en los tanques de cascada de amortiguamiento.		X	0.122	kg	Gaseoso				X			PHAST Versión 7.1	251.47 m	63.78 m
5.	<b>5-EGN.</b> Fuga de gas natural por orificio de ½"Ø. La fuga se produce por falla de la válvula de exceso de flujo, del sistema de cascada. La ubicación de la tubería ½" es en el interior del surtidor.		X	76.6310	kg	Gaseoso						X	PHAST Versión 7.1	46.81 m	96.89 m



## Estudio de Riesgo Ambiental

Estación de suministro de gas natural vehicular  
“Ecatepec”

### Efectos potenciales:

**(C) Catastrófico:** Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con un nivel de peligro (por ejemplo, gases tóxicos o inflamables, radiación térmica o explosión causada por sobrepresión) que puede causar efectos ecológicos adversos irreversibles o grave desequilibrio al ecosistema. Un efecto ecológico adverso irreversible es aquel que no puede ser asimilado por los procesos naturales, o solo después de muy largo tiempo, causando pérdida o disminución de un componente ambiental sensible (por ejemplo especies de la NOM-059-SEMARNAT-2010, tipos de vegetación amenazada, entre otros)

**(G) Grave:** Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con suficiente nivel de peligro para causar efectos ecológicos adversos temporales. Un efecto ecológico adverso temporal es aquel que permanece un tiempo determinado, y disminuye la calidad o funcionalidad de un componente ambiental, siendo factible atenuar con acciones de restauración o compensación.

**(S) Significativo:** Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con suficiente nivel de peligro para causar efectos ecológicos adversos recuperables. Un efecto ecológico adverso recuperable es aquel que puede eliminarse o remplazarse por la acción natural o humana, no afectando la dinámica natural del ecosistema o del componente ambiental.

**(R) Reparable:** Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con suficiente nivel de peligro para causar efectos ecológicos adversos reversibles. Un efecto ecológico adverso reversible es aquel que puede ser asimilado por los procesos naturales a corto plazo.

**(N) Ningún:** Este evento no alcanza áreas externas a los terrenos de la instalación.



## Estudio de Riesgo Ambiental

Estación de suministro de gas natural vehicular  
"Ecatepec"

Tabla 37 Criterios utilizados

No. de falla	No. de evento	Toxicidad				Explosividad	Radiación Térmica	Otros criterios
		IDHL *	TLV8**	Velocidad del viento (m/seg)	Estabilidad atmosférica			
1.	1-WIGAS	N/A	N/A	1.5 m/s	F	X	X	Para Radiación térmica se consideró "Bola de Fuego" y "Jet Fire"
2.	2-WIGAS	N/A	N/A	1.5m/s	F	X	X	Para Radiación térmica se consideró "Bola de Fuego" y "Jet Fire"
3.	3-WIGAS	N/A	N/A	1.5m/s	F	X	X	Para Radiación térmica se consideró "Bola de Fuego" y "Jet Fire"
4.	4-WIGAS	N/A	N/A	1.5m/s	F	X	X	Para Radiación térmica se consideró "Bola de Fuego" y "Jet Fire"
5.	5-WIGAS	N/A	N/A	1.5m/s	F	X	X	Para Radiación térmica se consideró "Bola de Fuego" y "Jet Fire"

\*IDLH: Inminente peligro para la vida y salud

\*\*TLV8: Valor Umbral Límite

## V Identificación de los Instrumentos Metodológicos y Elementos Técnicos que sustentan la información señalada en el Estudio de Riesgo Ambiental

### V.1 Formatos de presentación

#### V.1.1 Planos de localización

Los siguientes planos muestran la localización del predio, en dónde se prevé construir la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec, que se ubica en Av. Vía Morelos (Carr. México-Pachuca) número 13, Colonia San Pedro Xalostoc, Ecatepec de Morelos, Estado de México, C.P. 55310.

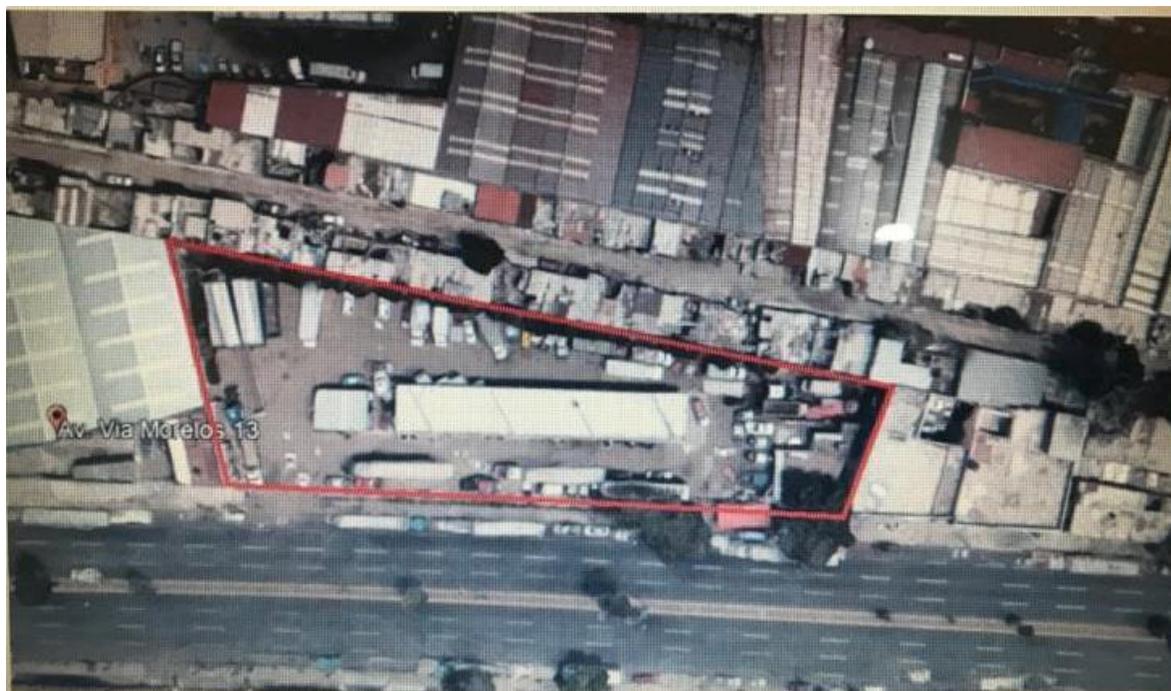


Ilustración 9 Plano de localización 1



Ilustración 10 Plano de localización 2

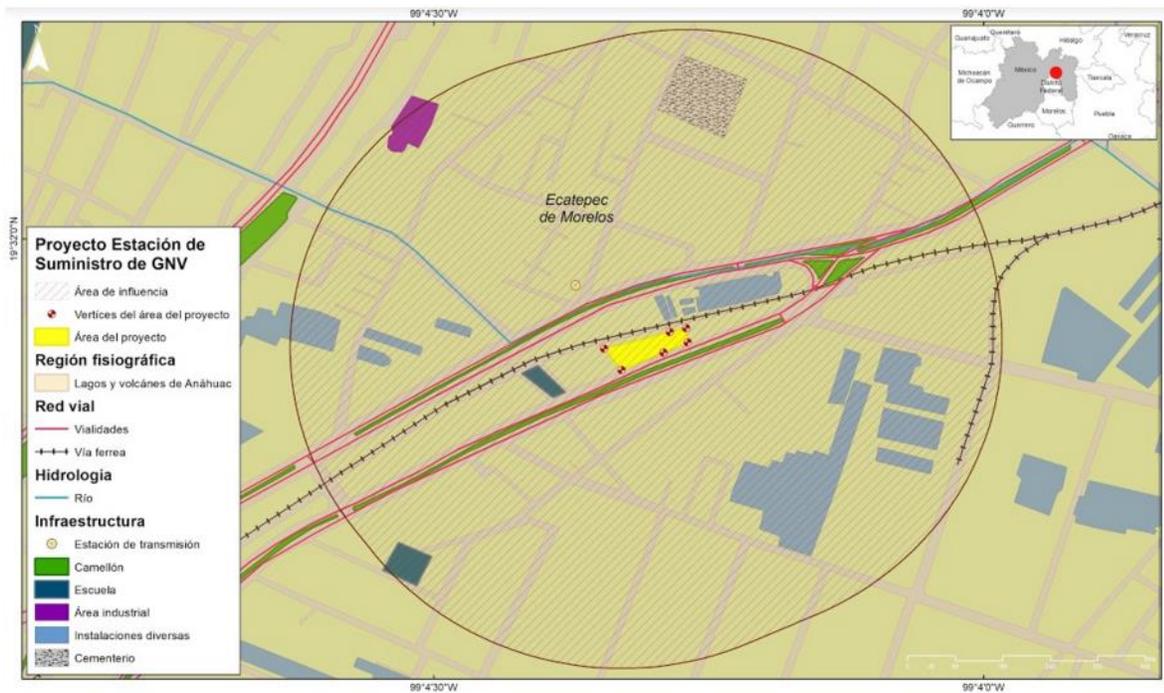


Ilustración 11 Plano de localización 3

### V.1.2 Fotografías



La barda de ladrillo con maya ciclónica y portón color ladrillo muestra el acceso al predio en dónde se prevé realizar la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec



Foto del interior del predio en dónde se prevé realizar la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec



Barda trasera colindante del predio en dónde se prevé realizar la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec



Construcción al interior del predio en dónde se prevé realizar la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec



Vista panorámica de la construcción al interior del predio, portón de acceso y barda perimetral en dónde se prevé realizar la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec



Foto panorámica de otra parte al interior del predio en dónde se prevé realizar la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec



Gasolinera de PEMEX cercana a las colindancias del predio en dónde se prevé realizar la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec



Gasolinera G500 cercana a las colindancias del predio en dónde se prevé realizar la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec



Vista de la calle principal sobre la que se encuentra el predio en dónde se prevé realizar la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec



Vista de comercios y servicios cercanos al predio en dónde se prevé realizar la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec



Fotos de asentamiento irregulares cercanos al predio en dónde se prevé realizar la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec



Fotos de comercios anexos al predio en dónde se prevé realizar la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec

### V.1.3 Videos

No se realizaron videos para el proyecto en cuestión.

### V.2 Otros anexos

#### a) Documentos legales. Copia de autorizaciones, concesiones, escrituras, etc.

- **Anexo 5** del ERA: CURP, Cédula y RFC Responsable de Elaboración del Estudio.
- **Anexo 6** del ERA: DT-01 DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION, IM-01 RED DE ALTA Y BAJA PRESION, IS-01 ISOMETRICO RED DE ALTA PRESION; IS-02 ISOMETRICO RED DE BAJA PRESION.

#### b) Cartografía consultada

**Cartas:** E14A29- Ciudad de México, **Topográficas:** Serie III / 2015, escalas 1:1000, 1:1500, 1:2000- 1:3000, 1:5000

#### c) Autorizaciones y permisos.

No Aplica.

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

En el Apartado I.4.2 del presente estudio, se describe la metodología Análisis de Riesgo y Operabilidad (HazOp), utilizada para análisis de riesgo.

A continuación, se presenta la siguiente información en el **Anexo 1 y 5** del ERA:

- Criterios y planos de ingeniería, que se utilizaron para la determinación de la técnica más adecuada en el análisis.
- Hojas de Trabajo Hazop
- Plano Delimitación de Nodos

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

**Ver Anexo 2** del ERA

- Cálculo de Inventarios de Fuga
- Reportes de Simulaciones PHAST
- Diagramas de pétalos.
- Informe Técnico.

**f) Memoria técnico-descriptiva y justificativa del proyecto civil, mecánico, eléctrico, y sistema contra incendio.**

Ver **Anexo 4** de la MIA.

**g) Análisis de posibles riesgos de contaminación hacia el suelo y los recursos hídricos y subterráneos, que incluya:**

- **Caracterización de los materiales o residuos que serán manejados o depositados en el sitio, anexando la información toxicológica de las sustancias peligrosas identificadas.**

El Gas natural toxicológicamente no reviste mayor importancia salvo la posibilidad de asfixia por desplazamiento de oxígeno atmosférico. Por otro lado, el metano, constituyente principal del gas natural, es un constituyente normal de la atmósfera que en ausencia de contaminación se presenta en concentraciones de 1,6 ppm con lo que se constituye como el hidrocarburo atmosférico más abundante. Se produce por fermentación de materia orgánica o bien es liberado por fuentes subterráneas por lo que su presencia es algo normal; tiene el inconveniente sin embargo, de ser un gas de invernadero 23 veces más efectivo que el dióxido de carbono para captar calor; pese a ser muy poco reactivo interviene en procesos químicos en la troposfera y estratosfera influyendo en los niveles del radical hidroxilo (que es el intermediario más importante de los procesos químicos atmosféricos), ozono y vapor de agua estratosférico. Por lo tanto la peligrosidad del gas natural radica más bien en su potencial de incendio y explosión.

Se presenta la hoja de seguridad del gas natural (Metano), como suministro de combustible de la Estación de suministro de gas natural vehicular Ecatepec. Ver **Anexo 4** del ERA.

- **Identificación de los niveles de contaminación en el medio (agua, agua subterránea, agua superficial, suelo, sedimentos, etc.).**

**Calidad del agua**

El sistema hidrológico superficial del municipio de Ecatepec es escaso y con altos niveles de contaminación, siendo su principal recurso el Río de Remedios, que cruza todo el Municipio de sur a noreste mezclándose con el Gran Canal. A estos dos cauces se suman el Canal de las Sales, con los que se desalojan las aguas residuales domésticas e industriales municipales, proceso que se lleva a cabo sin ningún tipo de tratamiento.

Los principales escurrimientos perennes existentes en la zona son: Arroyo Puente de Piedra, La Guinda, Tres Barrancas, Las Venitas, La Tabla y El Calvario, que en temporada de lluvia aumentan su caudal arrastrando sedimentos de la partes altas y erosionadas de la Sierra de Guadalupe además de los desechos sólidos acumulados en las barrancas, obstruyendo los drenajes y generando avenidas e inundaciones.

La hidrografía del municipio está compuesta principalmente por escurrimientos de tipo intermitente y canales que transportan aguas negras fuera del territorio de la Ciudad de México. La mayor parte de los escurrimientos nacen en las partes más altas de la Sierra de Guadalupe, los cuales en periodo de lluvias acarrearán gran cantidad de sedimentos provenientes de las zonas más elevadas y erosionadas de la Sierra, así como basura, lo que ocasiona severos problemas a los habitantes del municipio.

Cabe señalar que el municipio no cuenta con cuerpos de agua lénticos (lagos, lagunas, presas). Al este se localiza el depósito de evaporación solar "El Caracol", que concentraba y evaporaba las aguas del ex Lago de Texcoco; en este sitio se extraía carbonato de sodio, sosa cáustica y sal común, que posteriormente eran procesados. Actualmente "El Caracol" se encuentra en desuso.

La Avenida Vía Morelos, que es donde se ubica el predio del proyecto, corre paralela a un acueducto de lado izquierdo y al Gran Canal del lado derecho. Asimismo, el predio se encuentra cercano al arroyo La Guiñada.

**Derivado de lo anterior se concluye que el que el gas natural no es una sustancia tóxica que pudiera tener afectación al agua, agua subterránea, agua superficial, suelo, sedimentos.**

#### **Suelo**

- **Características ambientales que afectan el destino y transporte de los contaminantes.**

La posible exposición sería por vía aérea, pero es importante mencionar que el gas natural no es una sustancia tóxica que pudiera tener afectación a la población o biota expuesta.

- **Con base en la información anterior, analizar el comportamiento de los contaminantes en el ambiente (entre otros aspectos, detectar el tiempo en que llegaría una concentración de sustancias a los mantos freáticos que pudiera causar problemas de contaminación) y su afectación hacia la biota y la población, por su exposición cronológica a los mismos. Estimar la concentración por la exposición a los contaminantes.**

No aplica debido a que el combustible transportado es Gas Natural y lo expuesto en el apartado anterior.

- **Recomendaciones para reducir la exposición y afectaciones hacia el ambiente.**

No aplica por lo señalado en apartados anteriores.