

ÍNDICE

| | |
|--|------------|
| I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO | |
| DESCRIPCIÓN DEL PROCESO..... | 1 |
| I.1. Bases de Diseño | 1 |
| I.1.1 Proyecto civil | 15 |
| I.1.2 Proyecto mecánico | 24 |
| I.1.3 Proyecto sistema contra-incendio..... | 31 |
| I.2. Descripción Detallada del Proceso | 36 |
| I.2.3 Equipos de proceso y auxiliares | 45 |
| I.2.4 Pruebas de verificación | 46 |
| I.3 Condiciones de Operación | 48 |
| I.3.1 Especificación del cuarto de control..... | 49 |
| I.3.2 Sistemas de aislamiento | 50 |
| I.4 Análisis y Evaluación de Riesgos | 52 |
| I.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes | 52 |
| I.4.2 Metodologías de identificación y jerarquización..... | 59 |
| Selección de los eventos de riesgo. | 69 |
| II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.... | 91 |
| II.1 Radios Potenciales de Afectación | 91 |
| II.2 Interacciones de Riesgo | 114 |
| II.3 Efectos Sobre el Sistema Ambiental | 123 |
| III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA | |
| AMBIENTAL..... | 125 |
| III.1 Recomendaciones Técnico-Operativas..... | 125 |
| III.1.1 Sistemas de seguridad..... | 129 |

| | |
|---|------------|
| III.1.2 Medidas preventivas..... | 131 |
| IV. RESUMEN | 133 |
| IV.1 Señalar las Conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental..... | 133 |
| IV.2 Hacer un Resumen de la Situación General que Presenta el Proyecto en Materia de Riesgo Ambiental..... | 134 |
| IV.3 Presentar el Informe Técnico debidamente llenado | 135 |
| V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL ... | 136 |
| V.1 Formatos de Presentación | 136 |
| V.1.1 Planos de localización | 136 |
| V.1.2 Fotografías | 136 |
| V.1.3 Vídeos | 136 |
| V.2 Otros Anexos..... | 136 |

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

I.1. BASES DE DISEÑO

El proyecto de *“Instalación y operación de una estación de suministro de gas natural para uso vehicular, municipio La Paz, Estado de México”*, de la compañía Comercializadora y Servicios Bexica, S.A. de C.V. SOFOM ENR, en lo relativo a su ingeniería básica, instalaciones y operación de la estación de suministro, está diseñado de conformidad con los códigos y normas nacionales e internacionales.

El proyecto surge por la necesidad de satisfacer la demanda del consumo de Gas Natural Comprimido (GNC) en la zona oriente de la Ciudad de México, con objeto de suministrar un combustible limpio, económico y seguro a los usuarios de vehículos destinados, principalmente, al transporte público.

Al ser el transporte público el mercado objetivo, el predio donde se ubica el proyecto fue seleccionado por su cercanía al paradero La Paz, de la terminal de la Línea A del transporte metropolitano de pasajeros Metro.

La operación del proyecto consiste de manera general en la conexión de unidades móviles cargadas con GNC a las Unidades de Presión Hidráulica (HPU), instaladas éstas en la estación de suministro, con el objetivo de propiciar la descarga de todo el volumen gas de los depósitos de GNC instalados en unidades móviles. El GNC será enviado a la zona de despacho -o suministro- donde los vehículos -consumidores finales- se estacionan para abastecerse del GNC; la estación contempla 12 posiciones de llenado, distribuidas en 6 islas.

Las Unidades Móviles serán cargadas en las instalaciones del proveedor a una presión de 250 bar, ubicadas en la región de Xostla, en el estado de Puebla, de donde serán trasladadas por tractocamiones al sitio del proyecto, ubicado en el municipio de La Paz, en el Estado de México.

Las unidades móviles constan de once (11) tanques salchicha, cada uno con una longitud de 40 ft (12.19 metros), y un diámetro de 0.559 metros, dichos tanques pueden soportar presiones del orden de 250 bar; durante la operación, una vez que las unidades móviles estén vacías, se cambiarán por una nueva unidad cargada, en tanto la otra se envía para

su recarga Xostla, Puebla.

El proyecto contempla espacio suficiente para colocar hasta seis (6) unidades móviles; sin embargo, durante las operaciones de la estación a su máxima capacidad solamente estarán simultáneamente estacionadas tres (3) de éstas, como máximo.

Las unidades móviles serán situadas en el patio de trasvase para efectuar la conexión con las tres (3) HPU, estas últimas cumplen con la función de regular la presión para un flujo constante y uniforme a los surtidores, además de medir los volúmenes suministrados.

Por su parte, dentro de la zona de despacho se tendrán seis (6) unidades de suministro (surtidores), que son los elementos que proporcionan el combustible a los vehículos; constan de elementos para abastecimiento, medición, control y registro del GNC, se diferencian de los surtidores de gasolina por tener un elemento medidor que funciona bajo el principio de la medición de la aceleración de Coriolis.

Dentro de la zona de despacho existirán electroválvulas que detectarán la pérdida de presión en caso de fuga y se activan automáticamente para evitar un mayor escape del combustible. Además de esto, y como medida de seguridad adicional están los paros de emergencia de activación manual.

Con base en lo anteriormente expuesto, el diseño del proyecto está orientado a observar la normativa de seguridad aplicable y vigente. Para tal efecto contará con los medios necesarios para emplearlos dentro de sus instalaciones. Así mismo, se hará especial énfasis en la protección y conservación del medio ambiente a lo largo de su vida útil. Cabe señalar que los criterios de diseño empleados en la ingeniería de detalle incluyen normas, estándares y especificaciones nacionales e internacionales, las cuales se señalan a continuación:

a) Normas oficiales mexicanas

- NOM-001-SECRE-2010 Especificaciones del gas natural.
- NOM-010-SECRE-2002, Gas natural comprimido para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad para estaciones de servicio.
- NOM-011-SECRE-2000. Gas natural comprimido para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad en instalaciones vehiculares.
- NOM-008-SCFI-2002. Sistema General de Unidades de Medida.
- NOM-011-STPS-2001. Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo donde se Genere Ruido.
- NOM-020-STPS-2011. Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad.

- NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones eléctricas (utilización).

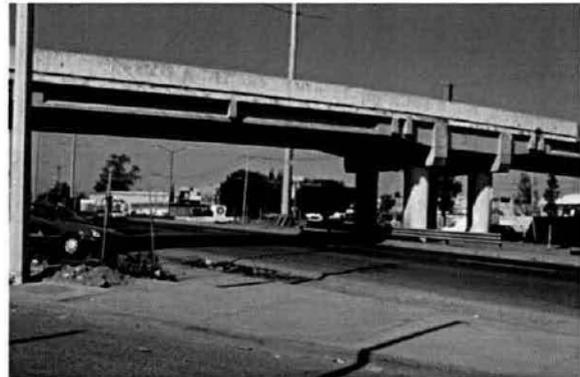
b) Códigos y estándares extranjeros

- ISO668-1995 Type 1 container classification, measurement and quality
- ISO11120-1999 Large volume seamless steel jumbo tube
- TSG R0005-2011 Transportable pressure vessel safety regulation
- Enterprise standard Q/1500ZTL002-2011 Compressed Gas Tube Skid Container
- Cylinder Safety Supervising Rules 2003
- Cylinder Safety Supervising Rules 2000
- Safety Technical Supervision of Pressure Vessel 1999 issued by State Bureau of Technical Supervision
- GB16918-1997 Technical Conditions of Bursting Discs for Cylinders
- NB/T47014-2011 Pressure vessel equipment welding operation evaluation

Ubicación del sitio

El proyecto de *“Instalación y operación de estación de suministro de gas natural para uso vehicular en el Municipio de La Paz, Estado de México”*, se realizará dentro de un predio de 3,926.53 m², ubicado en Av. Prolongación Puebla #13, colonia Los Reyes Acaquilpan, en el municipio de La Paz, Estado de México.

El acceso principal de las unidades móviles al predio donde se construirá la Estación de Suministro de GNC será a través de la Carretera Federal México - Texcoco (136), para después incorporarse a la Av. Prolongación Puebla, el acceso por ésta última está definido, sin embargo se trata de una vialidad de terracería sin pavimentar, dado ello el proyecto contempla la pavimentación de dicho camino así como la colocaciones de guarniciones y banquetas en buen estado para el tránsito de vehículos de carga, principalmente auto – tanques para el abastecimiento de GNC a la Estación de Suministro, y peatones.



Vista de la Carretera Federal No. 136 México – Texcoco, vialidad bien definida y pavimentada, cuenta con seis carriles para el flujo vehicular en ambas direcciones.



Vista de la Avenida Prolongación Puebla, acceso principal al sitio el proyecto, vialidad de terracería sin pavimentar.

Figura 1. Vialidades de acceso al sitio del proyecto.

La elevación del sitio es de 2,250 metros sobre el nivel medio del mar (msnm) y se ubica en las siguientes coordenadas:

| VÉRTICES | COORDENADAS UTM - ZONA 14 - WGS84 | |
|----------|--------------------------------------|----------------|
| | X | Y |
| 1 | 503,953.9626 | 2,139,925.3390 |
| 2 | 503,929.3026 | 2,139,832.1670 |
| 3 | 503,941.4326 | 2,139,828.5830 |
| 4 | 503,951.5186 | 2,139,824.8580 |
| 5 | 503,965.9896 | 2,139,818.7240 |

| VÉRTICES | COORDENADAS UTM - ZONA 14 - WGS84 | |
|----------|--------------------------------------|----------------|
| | X | Y |
| 6 | 503,980.4596 | 2,139,809.9610 |
| 7 | 503,990.5856 | 2,139,802.2150 |
| 8 | 504,000.0676 | 2,139,794.0700 |
| 9 | 503,990.0626 | 2,139,812.9180 |
| 10 | 503,996.7576 | 2,139,828.5700 |
| 1 | 503,953.9626 | 2,139,925.3390 |

Para la ejecución del proyecto, el predio destinado cuenta con la Licencia de uso de suelo No. 086/247/04/15 emitida por el H. Ayuntamiento de La Paz, Estado de México, para uso como industria pequeña no contaminante (Ver **Anexo X**). Las colindancias del predio se describen a continuación:

- Al Sur el proyecto colinda con la calle Camino al pozo y 81.29 metros al surponiente con acceso al paradero del Tren Ligero "La Paz".



Vista general de la Calle Camino al pozo y del Paradero del Tren Ligero "La Paz".

- Al nororiente con avenida Prolongación Puebla y las instalaciones de la Estación del Tren Ligero "La Paz".



Vista de la Avenida Prolongación Puebla, acceso principal al sitio el proyecto, vialidad de terracería sin pavimentar e instalaciones de la estación del Tren Ligero "La Paz".

- Al norponiente en con propiedades particulares.



Vista general del predio colindante, en donde no se desarrolla ninguna actividad.

Figura 2. Colindancias del sitio del proyecto.

El predio donde se desarrollará el proyecto NO tiene restricciones para la instalación de una estación de suministro de gas natural para uso vehicular de acuerdo al Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México.

No se afectarán ríos, arroyos, o áreas con vegetación natural. El predio no se encuentra dentro de áreas naturales protegidas o prioritarias para la conservación. Tampoco existen zonas arqueológicas. La actividad económica del municipio es predominantemente industrial, a la que se suma la proveniente de la prestación de transporte público. Aunque escasas, aún hay zonas agrícolas. El uso de suelo del predio es industrial y comercial, lo que permite la instalación del proyecto sin afectar la zona. No existen cuerpos de agua naturales cercanos al predio.

El proyecto se estima desarrollar en un periodo de 12 meses, considerando las siguientes fases: ingeniería, permisos, preparación del terreno, acometida eléctrica, compra de equipos, obra civil, obra electromecánica, contratación de personal, pruebas y certificación.

Los planos del arreglo general de la *“Instalación y operación de estación de suministro de gas natural para uso vehicular en el Municipio de La Paz, Estado de México”* se muestran dentro del **Anexo I**.



Figura 3. Polígono del sitio del proyecto

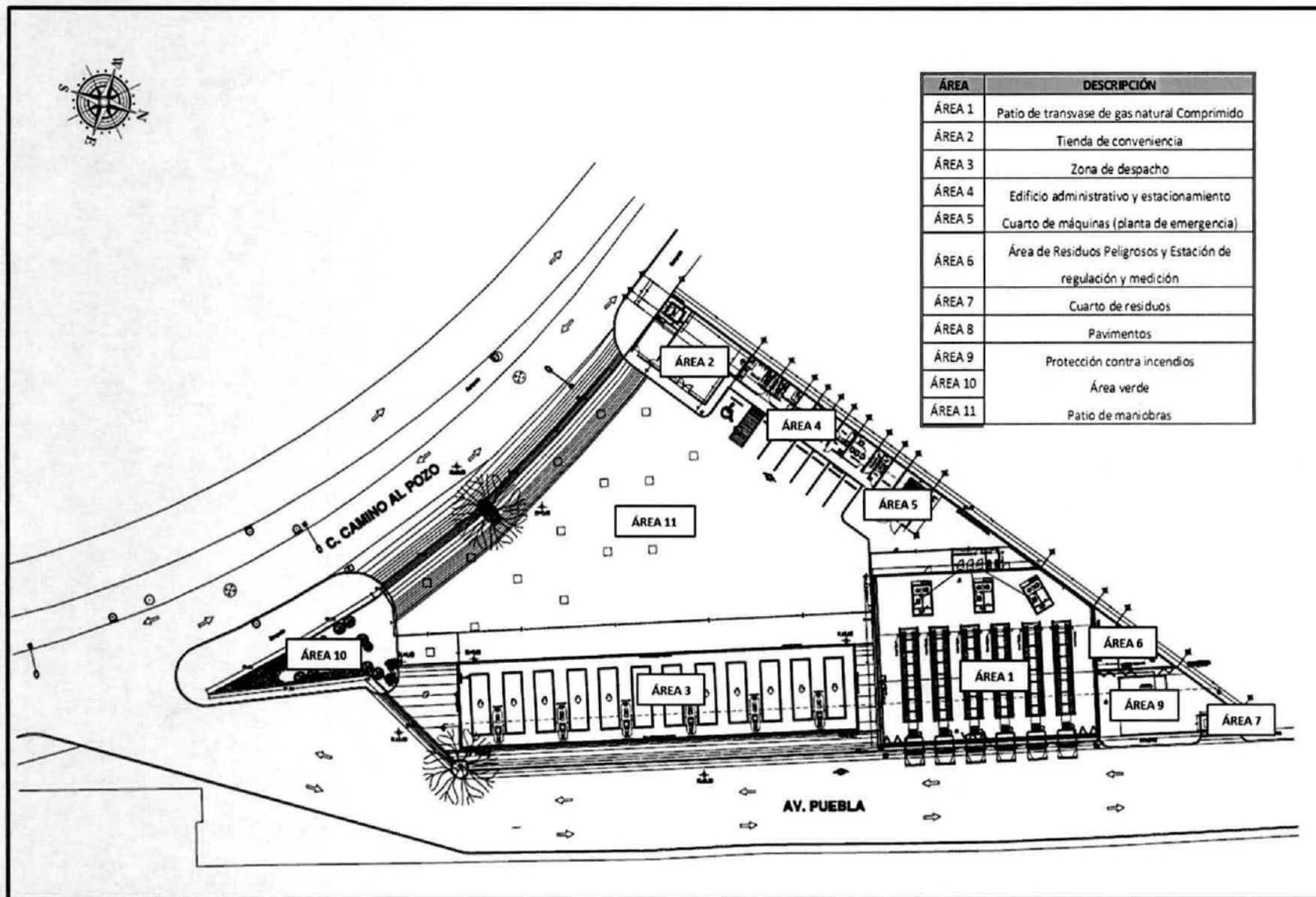


Figura 4. Arreglo general de la estación de suministro de gas natural para uso vehicular.

Capacidad de diseño, capacidad mínima y consideraciones de expansión

Unidades Móviles: El almacenamiento del GNC en la Estación de Suministro se dará en tres (3) unidades móviles, que estarán estacionadas simultáneamente en el patio de trasvase. El proyecto contempla espacio para 6 unidades, pero en la operación de la estación a su máxima capacidad solamente prevé la estancia y conexión de tres.

El volumen de carga de cada unidad móvil de GNC será 9,000 m³. Teniéndose un capacidad máxima de almacenamiento durante la operación de 27,000 m³ de GNC.

Unidades de Presión Hidráulica: Se consideran tres (3) Unidades de Presión Hidráulica (UPH), encargadas de suministrar presión para la descarga del contenido total de las unidades de móviles de GNC, a razón de 1,200 m³/h cada una.

Las especificaciones técnicas de las UPH, se detallan a continuación:

| Flujo ¹ (m ³ /h) | Presión de trabajo ² (bar) | Energía utilizada ³ (kW/m ³) | Alimentación eléctrica ⁴ (VAC) | Alimentación Neumática ⁵ (bar) | Caudal de la bomba (lpm) | Volumen del tanque de aceite (litros) | Consumo de aire (lpm) |
|---|--|--|---|--|-----------------------------|--|--------------------------|
| 1,200 | 200-220 | 0.025 | 380 | 6 - 8 | 75 | 3,000 | 100 |

Notas: ¹ m³ @ 20°C y 1.0 atm.

² 1bar = 14,503psi

³ Por cada m³ de gas.

⁴ Puede ser 220 V.

⁵ Se deberán proporcionar aire limpio (filtro coalescente de 0,01 µm) y seco (temperatura de rocío <10°C).

Unidades de suministro: La estación de gas natural vehicular contará con seis (6) Unidades de Suministro (surtidores), colocados en seis (6) islas con doce (12) posiciones de llenado de vehículos.

Actualmente, el proyecto no prevé aspectos de expansión; sin embargo, en caso de requerirse estas se someterán a consideración de las autoridades competentes.

Límites de batería

Los límites de batería del proceso que se tendrán dentro de la estación de suministro de GNC, serán los siguientes:

- El límite de batería para la evaluación de riesgo comenzará desde la conexión de las unidades móviles a las UPH. NO se contemplará el transporte de las unidades móviles a través de las vialidades y carreteras desde la región de Xostla, en el

estado de Puebla, hasta el sitio del proyecto, ubicado en el Municipio de La Paz, en el Estado de México.

- El límite final de batería se tendrá en el despacho del GNC, el cual se realizará desde los surtidores a los vehículos, principalmente provenientes del transporte público, tanto de carga como de pasajeros.

Áreas identificadas como vulnerables

El diseño civil de la estación de suministro de gas natural vehicular considera, entre otros, los aspectos meteorológicos, la presencia y frecuencia de fenómenos naturales en el sitio del proyecto, el tipo de suelo, la orografía, la aplicación de normas, reglamentos y códigos de construcción vigentes, las medidas de seguridad y los estudios de mecánica de suelos que se llevan a cabo por citar a algunos ejemplos.

El diseño civil considera los efectos de los siguientes fenómenos naturales:

- Sismos
- Vientos
- Temperatura ambiente
- Precipitación pluvial
- Tipo de suelo
- Orografía

Mecánica de suelos

Con el estudio de mecánica de suelos se obtienen las propiedades, comportamiento y utilización del suelo como material estructural, de tal modo que las deformaciones y resistencia de este elemento ofrezcan seguridad, durabilidad y estabilidad a las estructuras. En dicho sentido se realizó el estudio de mecánica de suelos para verificar la capacidad de carga para el soporte de las estructuras y edificaciones contempladas en el proyecto.

El estudio de mecánica de suelos permitió determinar los diferentes sustratos del subsuelo existente en el sitio, así como también obtener la información necesaria que nos lleve a conocer algunas propiedades y obtención de parámetros para determinar la capacidad de carga admisible del suelo.

De dicho estudio se obtuvo lo siguiente:

Sismicidad

El coeficiente sísmico aplicable al análisis sísmico de las estructuras, dado que el predio se encuentra en la zona III-a de acuerdo con la subzonificación del Distrito Federal para fines de diseño por sismo (Gaceta Oficial del 6 de Octubre del 2004), aunado a que el tipo de terreno en que se apoyará corresponde a depósitos de consistencia muy blanda, se le deberá asignar un coeficiente sísmico de 0.3.

Estratigrafía

Con base a la información de campo y resultados de ensayos de laboratorio, se elaboró un perfil Estratigráfico de cada sondeo en el que se muestra la secuencia estratigráfica la cual se describe a continuación:

La exploración del subsuelo se concentró en la realización de 3 sondeos profundos, denominados SM-1, SM-2 y SM-3, que se llevaron a 20 m de profundidad cada uno. El nivel de aguas freáticas no se interceptó en los sondeos realizados.

1er. estrato: está compuesto por capas de tierra vegetal y rellenos de desperdicio de construcciones mezclado con arenas arcillosas de color café oscuro en un espesor de hasta 1.8 m de profundidad.

2do estrato: Bajo el estrato anterior, se tiene un depósito conformado por limos de alta plasticidad con arena fina de color gris claro y café de consistencia variable desde muy blanda hasta dura y se extiende hasta los 15 m de profundidad detectado en el sondeo 1, hasta 11.4 m en el sondeo 2 y hasta 9 m en el sondeo 3.

3er estrato: Subyaciendo a los estratos anterior se tiene un depósito constituido por arenas finas limosas de color gris verdoso y negro de compactación muy densa que se extiende desde 15 a 20, en el sondeo 1, desde 11.4 hasta 20 m, en el sondeo 2 y desde 9.0 hasta 20 m, en sondeo 3.

Los resultados del estudio de mecánica de suelos efectuados al sitio donde se llevará a cabo el proyecto de *“Instalación y operación de una estación de suministro de gas natural para uso vehicular, municipio La Paz, Estado de México”* se muestran dentro del **Anexo VI**.

Fenómenos climatológicos adversos

Sequias

En el Estado de México, la probabilidad de que se presente una sequía es mayor después de un año normal o abundante, que posterior a un año seco. Las sequías locales pueden constituirse en verdaderas emergencias y algunas llegan a ser generalizadas en todo el

Estado de México. Aun cuando el fenómeno ha sido recurrente, se puede decir que en general las sequías no tienen un impacto importante en las actividades del estado.

El Estado de México no está sujeto a la ocurrencia de ciclones, sin embargo, sus características hidrográficas, orográficas y climatológicas hacen que sea frecuente la ocurrencia de inundaciones, la mayor parte de las veces de carácter puntual.

Sequías en el Estado de México

| MUNICIPIO | FECHA | DAÑOS |
|---|-------------------|--|
| Polotitlán | 11/10/1980 | Se afectó ganado y hectáreas cultivadas. |
| Atlacomulco | 09/11/1982 | Con el intenso calor el agua se evapora. |
| Metepec | 08/06/1983 | Alrededor de 8 mil hectáreas de cultivo dañadas. |
| Almoloya de Juárez | 29/05/1989 | Alrededor de 14 mil hectáreas de cultivo dañadas. |
| Chalco | 01/01/1993 | 12 mil habitantes afectados y 2500 hectáreas de cultivo afectadas. |
| San Felipe del Progreso, El Oro, Toluca, Atlacomulco y Polotitlán | 01/04/1993 | Afectación a 260 mil hectáreas de cultivo. |
| Cuatitlán Izcalli | 08/01/1998 | 15 toneladas de peces muertos. |
| Atenco | 08/04/1999 | 8 mil hectáreas agrícolas ociosas por falta de agua para el riego. |
| Amecameca | 23/03/2003 | Por lo menos 15 mil habitantes del centro de esta localidad se quedaron sin el servicio de agua potable. |

*Fuente: Sistema de Inventario de Desastres, Base de datos México 1970-2004,
<http://www.desinventar.org/desinventar.html>*

Inundaciones

La siguiente tabla detalla las inundaciones presentadas en el Estado:

Inundaciones en el Estado de México

| MUNICIPIO FECHA DAÑOS | MUNICIPIO FECHA DAÑOS | MUNICIPIO FECHA DAÑOS |
|---|--|---|
| Tlalnepantla y Atizapán de Zaragoza 14/06/1972 Se desbordó la Presa de Guadalupe. 23 mil habitantes damnificados. | Tlalnepantla y Atizapán de Zaragoza 14/06/1972 Se desbordó la Presa de Guadalupe. 23 mil habitantes damnificados. | Tlalnepantla y Atizapán de Zaragoza 14/06/1972 Se desbordó la Presa de Guadalupe. 23 mil habitantes damnificados. |
| Ecatepec y Nezahualcóyotl 20/06/1974 15 mil habitantes y 500 viviendas afectadas de las colonia Altavilla, "Zona de Priso", San José Xalostoc, San Miguel | Ecatepec y Nezahualcóyotl 20/06/1974 15 mil habitantes y 500 viviendas afectadas de las colonia Altavilla, "Zona de Priso", San José Xalostoc, San Miguel Xalostoc. La altura del agua fue de 15 a 65 centímetros. | Ecatepec y Nezahualcóyotl 20/06/1974 15 mil habitantes y 500 viviendas afectadas de las colonia Altavilla, "Zona de Priso", San José Xalostoc, San Miguel |

| MUNICIPIO FECHA DAÑOS | MUNICIPIO FECHA DAÑOS | MUNICIPIO FECHA DAÑOS |
|---|---|---|
| Xalostoc. La altura del agua fue de 15 a 65 centímetros. | | Xalostoc. La altura del agua fue de 15 a 65 centímetros. |
| Ecatepec 06/07/1974 Mil familias afectadas en las colonias Jardines de Santa Clara, Cd. Azteca y Altavilla. | Ecatepec 06/07/1974 Mil familias afectadas en las colonias Jardines de Santa Clara, Cd. Azteca y Altavilla. | Ecatepec 06/07/1974 Mil familias afectadas en las colonias Jardines de Santa Clara, Cd. Azteca y Altavilla. |
| Naucalpan y Tlalnepantla 09/08/1979 Desbordamiento del río Totolinga, tributario del río de los Remedios, afectando a 40 mil personas de las zonas de El Torito, Vista del Valle Izcalli, El Molinito, Luis Tlatilco, San Mateo, San Rafael Chamapa, La Rivera, Bosques Echegaray y Satélite. | Naucalpan y Tlalnepantla 09/08/1979 Desbordamiento del río Totolinga, tributario del río de los Remedios, afectando a 40 mil personas de las zonas de El Torito, Vista del Valle Izcalli, El Molinito, Luis Tlatilco, San Mateo, San Rafael Chamapa, La Rivera, Bosques Echegaray y Satélite. | Naucalpan y Tlalnepantla 09/08/1979 Desbordamiento del río Totolinga, tributario del río de los Remedios, afectando a 40 mil personas de las zonas de El Torito, Vista del Valle Izcalli, El Molinito, Luis Tlatilco, San Mateo, San Rafael Chamapa, La Rivera, Bosques Echegaray y Satélite. |
| Ecatepec 11/09/1979 Se mencionan 700 mil habitantes afectados en 60 colonias, 300 fábricas inundadas. | Ecatepec 11/09/1979 Se mencionan 700 mil habitantes afectados en 60 colonias, 300 fábricas inundadas. | Ecatepec 11/09/1979 Se mencionan 700 mil habitantes afectados en 60 colonias, 300 fábricas inundadas. |
| Tultitlán 26/05/1982 250 mil familias incomunicadas. | Tultitlán 26/05/1982 250 mil familias incomunicadas. | Tultitlán 26/05/1982 250 mil familias incomunicadas. |
| Nezahualcóyotl y Chimalhuacán 28/07/1982 Se inundó un área aproximada de 3.5 kilómetros cuadrados, afectando a 15 mil personas. | Nezahualcóyotl y Chimalhuacán 28/07/1982 Se inundó un área aproximada de 3.5 kilómetros cuadrados, afectando a 15 mil personas. | Nezahualcóyotl y Chimalhuacán 28/07/1982 Se inundó un área aproximada de 3.5 kilómetros cuadrados, afectando a 15 mil personas. |
| Nezahualcóyotl 08/07/1984 8 mil habitantes damnificados. | Nezahualcóyotl 08/07/1984 8 mil habitantes damnificados. | Nezahualcóyotl 08/07/1984 8 mil habitantes damnificados. |
| Tlalnepantla 01/06/1988 100 mil habitantes afectados. | Tlalnepantla 01/06/1988 100 mil habitantes afectados. | Tlalnepantla 01/06/1988 100 mil habitantes afectados. |
| Chimalhuacán 24/06/1989 400 mil personas damnificadas | Chimalhuacán 24/06/1989 400 mil personas damnificadas | Chimalhuacán 24/06/1989 400 mil personas damnificadas |
| Ixtapaluca 07/07/1990 150 mil habitantes damnificados. | Ixtapaluca 07/07/1990 150 mil habitantes damnificados. | Ixtapaluca 07/07/1990 150 mil habitantes damnificados. |
| Chimalhuacán 28/06/1993 200 mil habitantes damnificados. | Chimalhuacán 28/06/1993 200 mil habitantes damnificados. | Chimalhuacán 28/06/1993 200 mil habitantes damnificados. |
| Chimalhuacán 10/07/1993 Inundados los barrios de Jugueros, Plateros y Santa Catarina, afectando a 300 mil habitantes. | Chimalhuacán 10/07/1993 Inundados los barrios de Jugueros, Plateros y Santa Catarina, afectando a 300 mil habitantes. | Chimalhuacán 10/07/1993 Inundados los barrios de Jugueros, Plateros y Santa Catarina, afectando a 300 mil habitantes. |
| Chalco, Valle de Chalco e Ixtapaluca 01/06/2000 Rotura en 16 metros del bordo del río La Compañía por lluvias que sobrepasaron máximos históricos. Se inundaron 50 hectáreas urbanas, afectando mil viviendas e indirectamente a más de 40 mil habitantes. | Chalco, Valle de Chalco e Ixtapaluca 01/06/2000 Rotura en 16 metros del bordo del río La Compañía por lluvias que sobrepasaron máximos históricos. Se inundaron 50 hectáreas urbanas, afectando mil viviendas e indirectamente a más de 40 mil habitantes. | Chalco, Valle de Chalco e Ixtapaluca 01/06/2000 Rotura en 16 metros del bordo del río La Compañía por lluvias que sobrepasaron máximos históricos. Se inundaron 50 hectáreas urbanas, afectando mil viviendas e indirectamente a más de 40 mil habitantes. |
| Ecatepec 14/06/2000 Se inundaron las colonias Josefa Ortiz de Domínguez, Los Reyes, Sagitario, | Ecatepec 14/06/2000 Se inundaron las colonias Josefa Ortiz de Domínguez, Los Reyes, Sagitario, San Agustín; mil viviendas | Ecatepec 14/06/2000 Se inundaron las colonias Josefa Ortiz de Domínguez, Los Reyes, |

| MUNICIPIO FECHA DAÑOS | MUNICIPIO FECHA DAÑOS | MUNICIPIO FECHA DAÑOS |
|--|--|--|
| San Agustín; mil viviendas afectadas. | afectadas. | Sagitario, San Agustín; mil viviendas afectadas. |
| Ixtapaluca y Cuautitlán Izcalli 26/08/2001 Desbordamiento del canal de aguas negras en Ixtapaluca afecta a 3 mil personas. En Cuautitlán Izcalli 8 mil viviendas afectadas | Ixtapaluca y Cuautitlán Izcalli 26/08/2001 Desbordamiento del canal de aguas negras en Ixtapaluca afecta a 3 mil personas. En Cuautitlán Izcalli 8 mil viviendas afectadas | Ixtapaluca y Cuautitlán Izcalli 26/08/2001 Desbordamiento del canal de aguas negras en Ixtapaluca afecta a 3 mil personas. En Cuautitlán Izcalli 8 mil viviendas afectadas |
| Nezahualcóyotl 05/04/2002 2400 personas damnificadas. | Nezahualcóyotl 05/04/2002 2400 personas damnificadas. | Nezahualcóyotl 05/04/2002 2400 personas damnificadas. |
| Tenango del Valle 02/05/2004 Una fuerte granizada azotó la región baja del Nevado de Toluca, provocando el desbordamiento del río Santiaguito, afectando 250 viviendas. | Tenango del Valle 02/05/2004 Una fuerte granizada azotó la región baja del Nevado de Toluca, provocando el desbordamiento del río Santiaguito, afectando 250 viviendas. | Tenango del Valle 02/05/2004 Una fuerte granizada azotó la región baja del Nevado de Toluca, provocando el desbordamiento del río Santiaguito, afectando 250 viviendas. |
| Toluca 28/07/2004 Cerca de 150 familias de esta ciudad sufrieron daños en sus viviendas, luego de que una tromba ocasionó inundaciones de hasta 50 centímetros de altura. | Toluca 28/07/2004 Cerca de 150 familias de esta ciudad sufrieron daños en sus viviendas, luego de que una tromba ocasionó inundaciones de hasta 50 centímetros de altura. | Toluca 28/07/2004 Cerca de 150 familias de esta ciudad sufrieron daños en sus viviendas, luego de que una tromba ocasionó inundaciones de hasta 50 centímetros de altura. |
| Chalco 08/09/2004 Se afectaron 290 viviendas con inundaciones de hasta 70 centímetros. | Chalco 08/09/2004 Se afectaron 290 viviendas con inundaciones de hasta 70 centímetros. | Chalco 08/09/2004 Se afectaron 290 viviendas con inundaciones de hasta 70 centímetros. |

Fuente: Sistema de Inventario de Desastres, Base de datos México 1970-2004.

De estos eventos, el que mayores daños ha causado es el desbordamiento del río de La Compañía durante el mes de junio de 2000, inundando porciones de los municipios de Chalco, Valle de Chalco e Ixtapaluca que sumaron 50 hectáreas de zona urbana.

Cabe mencionar, que en el mes de abril se cumple un año de un acuerdo que ofreció el titular de la Comisión Nacional del Agua (Conagua), José Luis Luege, en el cual anunció que para evitar inundaciones en Chalco e Ixtapaluca se reconstruirá el Canal de La Compañía, lo que implica reubicar a varias familias asentadas de forma irregular. Actualmente en la zona oriente del municipio se están realizando obras dentro del canal de La Compañía con la construcción de dos pozos de retención de aguas residuales, uno en San Isidro y otro en la autopista México–Puebla.

Topografía

Topográficamente el predio presenta una forma irregular y se encuentra prácticamente desmontado y nivelado, debido a que antes era utilizado por los antiguos dueños del terreno. Abarca una superficie de 3,926.53 m².

I.1.1 Proyecto civil

A continuación, se describe el proyecto civil correspondiente a la *“Instalación y operación de una estación de suministro de gas natural para uso vehicular, La Paz, Estado de México”*, de conformidad con la memoria técnica descriptiva y justificativa elaborada.

Características relevantes del proyecto

El proceso inicia con la conexión de unidades móviles cargadas con GNC a las Unidades de Presión Hidráulica (HPU), con el objetivo de propiciar la descarga de todo el volumen gas de los depósitos de GNC (unidades móviles). El GNC será enviado a la zona de despacho donde los vehículos consumidores finales se estacionan para cargar el GNC; la estación contempla 12 posiciones de llenado en 6 islas.

Las Unidades Móviles serán cargadas en las instalaciones del proveedor a una presión de 250 bar, por lo que serán trasladados, con autocares, desde la región de Xostla, en el estado de Puebla, hasta el sitio del proyecto ubicado en el Municipio de La Paz, en el Estado de México.

Las unidades móviles tendrán una capacidad de $9,000 \text{ m}^3 \text{ c/u}$, constan de once (11) tanques salchicha, cada uno con una longitud de 40 ft (12.19 metros) y un diámetro de 0.559 metros, dichos tanques pueden soportar presiones del orden de 250 bar; durante la operación, una vez que las unidades móviles estén vacías, éstas se cambiarán por una nueva unidad cargada, en tanto la otra se envía a recarga a Xostla, Puebla.

El proyecto contempla espacio para seis (6) unidades móviles, pero en la operación de la estación, a su máxima capacidad, solamente estarán estacionados simultáneamente tres (3) de éstas como máximo.

Las unidades móviles serán situadas en el patio de trasvase para efectuar la conexión con las tres (3) HPU, estas últimas cumplen con la función de regular la presión para un flujo constante y uniforme a los surtidores, además de medir los volúmenes suministrados.

Por su parte, dentro de la zona de despacho se tendrán seis (6) unidades de suministro (surtidores), que son los elementos que proporcionan el combustible a los vehículos; constan de elementos para abastecimiento, medición, control y registro del GNC, se diferencian de los surtidores de gasolina por tener un elemento medidor que funciona bajo el principio de la medición de la aceleración de Coriolis.

Dentro de la zona de despacho existirán electroválvulas que detectarán la pérdida de presión en caso de fuga y se activan automáticamente para evitar un mayor escape del combustible. Además de esto, y como medida de seguridad adicional están los paros de emergencia de activación manual.

El sitio donde se desarrollará el proyecto se ubica en la Av. Prolongación Puebla #13, colonia Los Reyes Acaquilpan, en el municipio de La Paz, Estado de México. El predio tiene una superficie de 3,926.53 m², del cual se utilizará el 100% del mismo para la construcción de la Estación de Suministro.

Al ser el transporte público el mercado objetivo, el predio donde se ubica el proyecto fue seleccionado por su cercanía con el paradero La Paz, en la terminal de la Línea A del transporte metropolitano de pasajeros Metro.

Condiciones climatológicas¹

| | |
|---------------------------------------|---------------|
| Tipo de clima: | Varios climas |
| Presión atmosférica: | 585 mmHg |
| Temperatura promedio máxima: | 33°C |
| Temperatura promedio | 17°C |
| Temperatura promedio mínima: | -3 °C |
| Precipitación pluvial máxima mensual: | 1214 mm |
| Dirección de los vientos dominantes: | N/SO |
| Velocidad media del viento: | 2 m/s |
| Humedad relativa promedio: | 58% |

Preparación del terreno

Las bases de diseño del proyecto civil *“Instalación y operación de una estación de suministro de gas natural para uso vehicular, municipio La Paz, Estado de México”*, establecen los criterios mínimos necesarios para ejecutar los trabajos relacionados con la ingeniería civil, asimismo incluye y define los códigos y normas aplicables, cargas de diseño, materiales de construcción y los requisitos para la cimentación de edificios y equipos. El alcance del proyecto contempla lo siguiente:

- **Levantamiento topográfico**
Planimetría y Altimetría del predio para la estación de suministro de gas natural para uso vehicular.
- **Mecánica de suelos y estudios requeridos por la normatividad vigente**
Exploración del suelo mediante pozos a cielo abierto y extracción de muestras para su análisis en laboratorio para determinar la capacidad del suelo. (Ver **Anexo VI**).

¹ Recuperado de http://www.sedema.df.gob.mx/flippingbook/informe_anual_calidad_aire_2014/#p=21 el 27 de enero de 2016.

Distribución de áreas

La estación de suministro de gas natural para uso vehicular contará con las siguientes áreas y servicios que se involucran para su funcionamiento óptimo, administración y/o operación, se incluyen especificaciones de construcción:

| ÁREA | DESCRIPCIÓN |
|---------|---|
| ÁREA 1 | Patio de transvase de gas natural Comprimido |
| ÁREA 2 | Tienda de conveniencia |
| ÁREA 3 | Zona de despacho |
| ÁREA 4 | Edificio administrativo y estacionamiento |
| ÁREA 5 | Cuarto de máquinas (planta de emergencia) |
| ÁREA 6 | Área de Residuos Peligrosos y Estación de regulación y medición |
| ÁREA 7 | Cuarto de residuos |
| ÁREA 8 | Pavimentos |
| ÁREA 9 | Protección contra incendios |
| ÁREA 10 | Área verde |
| ÁREA 11 | Patio de maniobras |

- **Área 1. Patio de trasvase:**

Sera un espacio diseñado y construido conforme a la normatividad aplicable en materia de protección civil, reglamentos locales de construcción, reglamento sanitario de construcción del Estado de México y la NOM-010-SECRE-2002. Con una superficie de aproximadamente 700 m², el patio está construido con suelo de concreto armado con una resistencia de 60 toneladas por m² y un cerramiento perimetral a base de un muro de 1.2 metros de altura de concreto armado y terminado hasta los 2.4 metros con persianas tipo louver.

Este espacio es donde se estacionarán las unidades móviles que proveen el GNC a la estación; también se colocarán los equipos de presión hidráulica, que son los encargados de succionar el GNC de las unidades móviles para distribuirlo entre los surtidores. Como medidas de seguridad, esta zona cuenta con detector de fuga de gases, botón de paro de emergencia e iluminación a prueba de explosión.

Los materiales a emplear: El patio de transvase está construido con firme de concreto armado con una resistencia de 60 toneladas por m² para soportar el peso

de los autotankes; el perímetro será cerrado en la colindancia poniente y sur con un muro de block de 0.15 m de espesor, con acabado anti-exposiciones y resistentes al fuego, durante su construcción se desfazarán las mallas de acero de cada lado del muro de manera de lograr una mayor seguridad evitando la fragmentación del muro ante una eventual explosión; en la colindancia oriente con un muro de 1.2 metros de altura de concreto armado y terminado hasta los 2.4 metros con persianas tipo louver. Y en la colindancia norte, hacia la vialidad, será cerrado con una reja de acero plegadiza de 2 metros de altura.

- **Área 2. Tienda de conveniencia:**

El proyecto prevé la construcción de espacio para tienda de conveniencia, éste tendrá un área de 102.78 m², correspondiente al 2.62% de la superficie total del predio.

El espacio se diseñó para contar con los servicios requeridos para desarrollar las actividades establecidas.

- **Área 3. Zona de despacho:**

Se considera la ubicación de seis surtidores sobre islas de concreto de 15 cm protegidas con arcos de acero en sus extremos.

La cubierta o techo, cuenta con venteos para evitar acumulación de gases en caso de fugas y es construida con materiales a prueba de fuego. Esta área cuenta con válvulas de corte de activación manual y una válvula de exceso de flujo y como medida de seguridad, un interruptor de parada de emergencia.

Los materiales a emplear: En lo referente a la estructura del cobertizo del área de surtidores; esta será habilitada y armada en un taller certificado para mejor control de calidad, en el sitio de la obra; personal capacitado realizara el montaje auxiliado por grúas de capacidad suficiente.

Lamina o lonaria = 10.00 kg/m²

Plafond aluminio = 15.00 kg/m²

Instalaciones = 5.00 kg/m²

Por reglamento = 20.00 kg/m²

Carga muerta de azotea = 50.00 kg/m²

Peso propio de estructura = 40.00 kg/m²

Carga viva instantánea Wa = 100.00 kg/m²

Como cobertizo se considerará la estructura de la Isleta de carburación, la cual será Metálica en su totalidad, siendo su techo a base de lámina Galvanizada sobre

estructura metálica y soportada por columnas metálicas del tipo HSS. Este cobertizo sirve para proteger de la intemperie al equipo, accesorios y manguera instalados.

- **Área 4. Edificio administrativo y estacionamiento:**

Aquí se controlará todo el funcionamiento operativo y se recopilará toda la información de la estación. Es un edificio de dos niveles donde se encontrará la oficina del administrador, el cuarto de sistemas, los baños para clientes, sala de capacitación, cuartos de aseo y baños para empleados.

Contará con un área de estacionamiento para empleados, compuesto por 6 cajones estándar y uno para personas discapacitadas.

La zona destinada para el estacionamiento interior de los vehículos se localizará en el Lindero Norte, frente a las oficinas Administrativas y estará ubicado de tal forma que la entrada o salida de cualquier vehículo a estacionarse no interfiera con la libre circulación de los demás ni afecte a los ya estacionados.

Los materiales a emplear: La superestructura del edificio administrativo está proyectada a base de muros de carga de block de concreto con acabados a base de aplanados cemento arena en ambas caras, con pintura vinílica como acabado final.

Los entresijos y azoteas serán a base de losas de concreto de 15 cm de espesor, reforzadas con varilla de aceros en diámetros requeridos.

Las instalaciones eléctricas estarán ocultas en muros y losas mediante ductos de tubería flexible de acuerdo a normas mexicanas, con cableado en calibres requeridos en el proyecto eléctrico. La fachada principal está diseñada a base de cancelería que permite la entrada de luz y ventilación al sitio.

Losacero 12 cm de espesor = 288.00 kg/m²

Relleno y acabados = 220.00 kg/m²

Plafond = 25.00 kg/m²

Instalaciones = 10.00 kg/m²

Por reglamento = 40.00 kg/m²

Carga muerta de azotea = 583.00 kg/m²

Peso propio de estructura = 70.00 kg/m²

Carga viva máxima Wm = 170.00 kg/m²

Carga viva instantánea Wa = 90.00 kg/m²

El área de estacionamiento estará conformada de una losa de concreto de 12.7 cm de espesor, con 15 cm de material tipo sub base y 30 cm de tepetate compactado

al 98% pp.

- **Área 5. Cuarto de máquinas (planta de emergencia):**

Todos los Tableros Eléctricos de la Estación, se instalarán en un cuarto de tableros donde se centralizará el control de distribución de la energía a las diversas áreas de trabajo, cada una de las cuales cuenta con su propio tablero de control. Aquí también se encontrará la planta de emergencia, que alimentará el 70% de la estación en caso de fallas en el suministro eléctrico.

Subestación eléctrica:

Se contará con una Sub-estación eléctrica, con la capacidad suficiente para alimentar todos los componentes de la estación. Será conectada conforme a los estándares de la Comisión Federal de Electricidad para cumplir con los requisitos de seguridad y operación.

Se contará también con grupo electrógeno para casos de emergencia de corte de energía del distribuidor.

Materiales de construcción: Los materiales con los que estará construido serán en su totalidad incombustibles, ya que su losa será de concreto, paredes de tabique y cemento, con puertas y ventanas metálicas.

- **Área 6. Residuos Peligrosos y Estación de regulación y medición:**

Residuos peligrosos

El cuarto de residuos peligrosos y estación de regulación y medición, se situarán en un área de 50.53 m², localizada en la zona norte del predio.

Materiales de construcción: Los materiales con los que estará construido serán en su totalidad incombustibles, ya que su losa será de concreto, paredes de tabique y cemento, con puertas y ventanas metálicas.

Estación de regulación y medición

Esta área será implementada cuando la red de gasoductos de GN llegue al sitio del proyecto; lo cual se estima será dentro de 4 años. Cabe mencionar que una vez que se cuente con esta actividad, se realizarán los trámites correspondientes ante la autoridad ambiental para la modificación del proyecto.

- **Área 7. Área de residuos:**

Los residuos de manejo especial, sólidos urbanos y peligrosos que se generen durante la etapa de operación del proyecto, serán manejados y dispuestos adecuadamente. Los residuos serán colocados en contenedores específicos para

los diferentes tipos de residuos y se procederá a dar correcta disposición.

Materiales de construcción: Los materiales con los que estará construido serán en su totalidad incombustibles, ya que su losa será de concreto, paredes de tabique y cemento, con puertas y ventanas metálicas.

- **Área 9. Protección contra incendios:**

La red de contra incendio inicia en la cisterna con capacidad de 22,860 L y dimensiones de 3.00 x 6.00 x -con un tirante útil de- 1.27 m, que se abastecerá de la red de agua potable municipal. Alimentada por el sistema de agua potable del Municipio, pasa de ahí al sistema de bombeo, compuesto por dos (2) bombas con accionamiento por motor eléctrico, y una bomba de reposición de presión (jockey) con motor eléctrico de capacidad 0.33 lpm usada para mantener una presión constante en la red de agua.

Del sistema de bombeo se tendrá una red de tuberías de diámetros adecuados, previendo la protección del patio de trasvase y la zona de despacho mediante el uso de hidrantes.

Se contará con dos (2) hidrantes colocados en los extremos de la zona de despacho colocados dentro de gabinetes de placa cromada.

Como medida redundante, todas las áreas protegidas cuentan con extintores de tipo Polvo Químico Seco (PQS) con capacidad de 6 kg.

Materiales de construcción: El sistema de agua contra incendio empleará tubería de fierro galvanizado cedula 40, válvulas de compuerta con exteriores roscados, válvulas de retención check con exteriores roscados, tuercas de unión de cobre.

Todas las conexiones de cobre se unirán con soldadura 50–50 para agua fría.

- **Área 11. Patio de maniobras:**

Es la zona donde circularán los vehículos para llegar al área de surtidores con el objetivo de cargar GNC.

Sera un área al aire libre por lo que el suelo se pavimentará para evitar infiltración de contaminantes al subsuelo.

Materiales de construcción: Las áreas destinadas para la circulación interior de los vehículos serán conformadas por una losa de concreto de 15 cm de espesor, con 20 cm. De material tipo sub base y 30 cm de tepetate compactado al 98% pp.

Criterios de diseño

Cimentación, estructuras verticales y lozas.

La cimentación está resuelta a base de zapatas de concreto armado, con contratabes, cuyas características se detallan en el proyecto estructural. Para estos trabajos se excavarán cepas de acuerdo a las necesidades y posterior a la construcción de una plantilla de concreto simple de 5 cm de espesor, se colocará el acero de refuerzo previamente habilitado y armado. Posterior al cimbrado, se realizará el colado con concreto premezclado, el cual una vez obtenida su resistencia mínima inicial, será descimbrada.

Especificaciones de materiales

Las estructuras de acero cumplirán con las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones correspondiente, de acuerdo con las siguientes especificaciones:

- Concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
- Acero en estribos #2 $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$
- Acero de refuerzo #3, #4 y #5 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Acero en malla electrosoldada $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$
- Acero estructural A-36
- Acero estructural A-50

Bardas o delimitación del predio:

El terreno que ocupará el proyecto, estará delimitado en sus linderos por una barda de block a una altura de 3.00 m, castillos y dalas de cerramiento con una altura de 3.00 m, complementado por una malla tipo cyclone de 2.50 metros de altura.

Accesos

Por el lindero Este se encontrará un acceso a la estación de Gas de 56.04 mts, se contará también con otra puerta en el Lindero Sureste de 105.81 mts que será usada como salida de los vehículos que cargaran combustible, así como de los vehículos que dejaran los tanque en la zona de Patio de transvase de GNC.

Zona de protección

La protección de la zona de almacenamiento será de murete de concreto de 0.60 mts de altura. La bomba se encontrará dentro de la misma zona de almacenamiento y además cumplirá con las distancias mínimas reglamentarias.

Red de Tuberías y Válvulas de GNC

La red de tubería que se origina desde los HPU y que llega hasta los surtidores será de acero al carbón sin soldaduras API 5L Grado B, SCH 160 capaz de resistir presiones de hasta 300 bar según se demuestra con pruebas hidrostáticas. Las válvulas serán de tipo bola, manuales con bridas para garantizar la hermeticidad.

Servicios sanitarios

Las construcciones destinadas para las oficinas y servicios sanitarios para el personal, se localizarán en el lindero Norte del terreno en planta baja, los materiales con que se construirán serán en su totalidad incombustible ya que su losa será de concreto, paredes de tabique y cemento con puertas y ventanas metálicas.

Drenajes

Para el drenaje sanitario estará constituido por medio de tubos de concreto de 0.15 metros de diámetro, con una pendiente de 2% conectado al colector municipal.

I.1.2. Proyecto mecánico

A continuación, se describe el proyecto mecánico de la estación de gas natural para uso vehicular, de conformidad con la memoria técnica descriptiva y justificativa.

Materiales

Los materiales serán seleccionados para soportar las condiciones de diseño de operación, incluyendo las condiciones previstas de ambiente durante la vida útil de proyecto. Se prevé que algunos materiales requieran sustitución durante la vida útil de la estación debido a la corrosión y desgaste.

Por otra parte, se consideraron los siguientes factores para la selección de los materiales a utilizar:

- Compatibilidad con las condiciones ambientales (corrosividad, sismicidad, temperaturas máximas y mínimas)
- Normas de la industria correspondiente
- Consideraciones económicas del mantenimiento
- Condiciones de operación a las que se sujetarán (vibración, fatiga, etc.)

Equipos

En esta sección se describe la instalación de equipos, así como sus funciones y los criterios en que se basa su diseño. La capacidad total establecida será la necesaria para apoyar la operación de la estación de gas natural para uso vehicular.

El equipamiento y servicios a los que se refieren las siguientes secciones se ajustarán a las disposiciones aplicables de los códigos, normas y regulaciones, tanto nacionales como internacionales

En el proyecto de *"Instalación y operación de una estación de gas natural para uso vehicular, municipio La Paz, Estado de México."*, se incluye:

- Patio de trasvase (Almacenamiento en unidades Móviles y Unidades Hidráulicas de Presión).
- Zona de despacho (surtidores).

En estas áreas se ubicarán los equipos mecánicos considerados en el diseño de la estación, calculados para el funcionamiento de la misma, los cuales que se describen a continuación:

Equipos mecánicos estáticos

a) Almacenamiento en unidades móviles

Las Unidades Móviles para almacenamiento de GNC tendrán una capacidad de 9,000 m³, constan de un patín con once (11) tanques salchicha, cada uno con una longitud de 40 ft (12.19 metros), y un diámetro de 0.559 metros, dichos tanques pueden soportar presiones del orden de 250 bar.

El patín de tubos de almacenamiento de GNC que conforma una Unidad Móvil, cuenta con válvula alta de presión, a la entrada y salida de gas, gabinete de monitoreo y estructura de acero del marco de los contenedores.

Este tipo dispositivo es ampliamente utilizado en las estaciones vehiculares de GNC y plantas industriales para el almacenamiento de gas y transporte, también se utiliza para el transporte de media distancia del pozo de gas marino, a la estación matriz de GNC, etc.

Las características principales son: alta seguridad, alta confiabilidad, gran volumen de almacenamiento, peso ligero, fácil de operar, mantener bajo el costo, larga longevidad

servicio.

Parámetros técnicos de diseño y operación

| | | | | | |
|------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------------|----------------------|
| Patín de contenedores | Peso neto del patín | 29,784 kg | Tubos contenedores | Volumen total de agua | 26.95 m ³ |
| | Peso de llenado GNC | 6,064 kg | | Presión de prueba hidrostática | 375 bar |
| | Peso total | 35,848 kg | | Diámetro y largo | 559 x 11,580mm |
| | Volumen de carga de GNC | 8,422 Nm ³ | Válvulas | Válvula de bola | Parker / DK |
| | Presión de trabajo | 250 bar | | Válvula de alivio de seguridad | Taylor USA |
| | Presión de diseño de fuga | 250 bar | | Vida útil | 15 años |
| | Temperatura de trabajo | -40°C – 60°C | Observaciones | Aprobación | BV, ISO, CE |
| | Dimensión del contenedor | 12,192 x 2,438 x 1890 mm | | Diámetro de orificio de liberación | >20 |
| | Presión de rotura | 375 bar | | | |

Instrumentos, válvulas y accesorios

A continuación, se presentan los instrumentos, válvulas y accesorios requeridos en Unidad Móvil:

| No. | Componente | Especificación | Material |
|-----|---------------------------------|---|--------------|
| 1. | Tubos contenedores (salchichas) | Diámetro 559 mm, 11,580 mm de largo, presión de diseño 375 bar, certificación ISO 11120 | Acero 4130 x |
| 2. | Cuadro de contenedores | 40 ft de largo, altura 2,000 mm, pintura anti corrosiva blanca | Acero Q345 |
| 3. | Codo hembra | ½" NTP rosca externa | S. S. 304 |
| 4. | Codo | ½" NTP rosca | S. S. 304 |
| 5. | Válvula de bola | ½" NTP (externa) | S. S. 304 |
| 6. | Cople | ½" NTP externa | S. S. 304 |

| No. | Componente | Especificación | Material |
|-----|----------------------------------|---|-----------|
| 7. | Reducción de cruz | Un lado 32 mm de diámetro, un lado 14 mm de diámetro | S. S. 304 |
| 8. | Cruz | 32 mm de diámetro | S. S. 304 |
| 9. | Conector de termómetro | 32 mm de diámetro, 120 mm de largo | S. S. 304 |
| 10. | Termómetro | -40°C – 80°C | S. S. 316 |
| 11. | Válvula de manómetro | Conector de ¼" NTP, 5,000 PSIG @ 100°F, 344 bar @ 38°C. | S. S. 304 |
| 12. | Conector de válvula de manómetro | Conector de ¼" NTP rosca externa | S. S. 304 |
| 13. | ¼" enchufe | ¼" NTP (para conectar la válvula de aguja) | S. S. 304 |
| 14. | Acoplamiento | 32 mm de diámetro, 1" NTP | S. S. 304 |
| 15. | Válvula de bola | Ambos extremos 1" NTP rosca externa | S. S. 316 |
| 16. | Cubo | (65*70*70) mm | S. S. 304 |
| 17. | ¼" enchufe | ¼" NTP | S. S. 304 |
| 18. | Conector rápido | 1" NTP | CS |
| 19. | Válvula de aguja | ¼" NTP rosca interna | S. S. 316 |
| 20. | Conector | 1" NTP | S. S. 304 |
| 21. | Conector | ¼" NTP | S. S. 304 |
| 22. | Cap | ¼" NTP | S. S. 304 |
| 23. | Codo | ¼" NTP | S. S. 304 |
| 24. | Te | ¼" | S. S. 316 |
| 25. | Cruz | ¼" | S. S. 316 |
| 26. | Abrazadera de tubo | 1" | |
| 27. | Conector externo frontal | 1" | S. S. 304 |
| 28. | Tapón trasero | 1" - ¼" distancia de 51 mm | S. S. 304 |
| 29. | Dispositivo frontal de alivio | Disco de ruptura, presión de alivio 375 bar | S. S. 304 |
| 30. | Dispositivo posterior de alivio | Disco de ruptura, presión de alivio 375 bar | S. S. 304 |
| 31. | Válvula de alivio de seguridad | Presión de alivio 273 bar | CS |
| 32. | Franja de advertencia | Franja de seguridad reflejante | PE |

Estándares de calidad

Los contenedores de las Unidades móviles de almacenamiento son probados e inspeccionados bajo los estándares de la Norma ISO 11120:1999, todos los procedimientos de prueba serán verificados por una tercera parte independiente como lo es la consultoría Bureau Veritas o SGS, quien emitirá el reporte de pruebas de materias primas y productos finales, todos los componentes incluyendo sistema de tuberías, válvulas del sistema serán estrictamente inspeccionados, la prueba de fugas se realizará de acuerdo con las normas pertinentes de calidad.

Equipo mecánico dinámico

De las unidades móviles el GNC será conducido a las Unidades de Presión Hidráulicas, de donde será enviado a las unidades de suministro (surtidores).

b) Unidades Hidráulicas de presión

Para la descarga de GNC de las unidades móviles, y su posterior suministro a los vehículos automotores. Se requiere un soporte de tres Unidades de Presión Hidráulicas (UPH), con capacidad de 1,200 m³/h y una presión de trabajo en el rango de 200 – 220 bar cada una, instaladas en el patio de trasvase a un costado de las Unidades Móviles.

Las UPH garantizan el flujo y presión constantes en los cilindros de las Unidades Móviles. En este tipo de sistema no hay re compresión, lo que significa menores temperaturas del gas en el abastecimiento, permitiendo una mayor autonomía para los vehículos a los que será suministrado. Se presentan las siguientes ventajas:

- Elimina la necesidad de re compresión y sistema de cascada en la estación de servicio, proporcionando un menor costo de energía.
- Transfiere el gas más frío para el cilindro de los vehículos, pues no necesita re compresión.
- Mayor valor percibido por el consumidor final, entregando el gas a un flujo constante y con presión de 220 bares.

Características

Máquina que suministra presión hidráulica para la descarga de todo el volumen de las Unidades Móviles a alta presión. El sistema está proyectado para garantizar la seguridad del área de trabajo y de las personas envueltas durante la operación. La UPH no almacena y no transporta gas natural, apenas realiza la presurización del mismo en el contenedor.

Estructura

Es hecha por acero estructural y esqueleto tubular de acero rectangular. Posee travesaños tubulares pasantes, que apoyan la estructura en varios puntos.

Manueras

Las mangueras de gas son probadas 100% contra vaciamentos y cuentan con certificados de calidad con número de serie.

Sistema acústico

Máquina montada totalmente con paneles acústicos para eliminar el ruido del conjunto moto bomba.

Consumo de energía

La máquina posee tres condiciones de funcionamiento, siendo una para cada condición de consumo de GNV (gas natural vehicular). Cuando existe consumo continuo de 1200 m³/h el sistema queda presurizado, cuando el consumo es menor que este valor, el sistema queda operando con/sin presión, siendo que el tiempo presurizado es proporcional al flujo de gas utilizado. En el caso de que no haya consumo por más de 5 min, el conjunto moto-bomba será apagado para ahorrar energía. Cuando el consumo inicia nuevamente, el sistema es encendido operando de acuerdo con el procedimiento descrito arriba.

Sistema de filtraje

La UPH posee un sistema para la filtraje de gas con carbón activado que proporciona la eliminación de olores.

Las UPH, están conformadas por los siguientes elementos:

- Módulo de presurización
- Tablero de control

La siguiente figura ejemplifica una sugerencia de diseño de los equipos y su instalación.

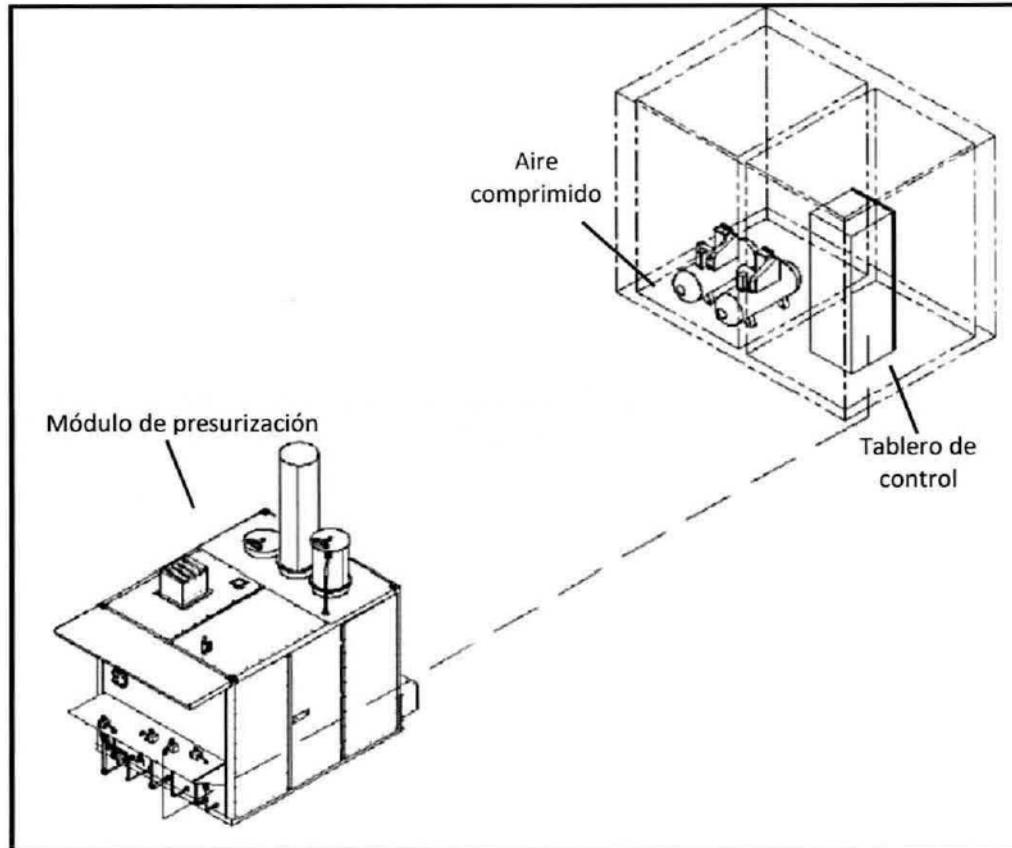


Figura 5. Instalación de las UHP

c) Unidades de suministro (surtidores)

La estación de gas natural vehicular contará con seis (6) Unidades de Suministro (surtidores), colocados en seis (6) islas con doce (12) posiciones de llenado de vehículos.

Los surtidores de GNC se diferencian de los surtidores de gasolina por tener un elemento medidor que funciona bajo el principio de la medición de la aceleración de Coriolis. Dependiendo del sistema de alimentación existen surtidores de una, dos o tres vías, mientras más líneas de alimentación tengan mayor será la capacidad de carga.

Contarán con una o varias mangueras y uno o varios tableros de lectura. Además, se diferencian en el tipo de filtro de gas, en el sistema de corte (solenoides o actuador electroneumático) en caso de fugas y el tipo de medidor másico.

Componentes

Los componentes que conforman un surtidor, se detallan a continuación:

- **Unidad dispensadora medidora:** Son medidores (de volumen o de masa) que indican la cantidad de gas en metros cúbicos que son despachados, el coste total de la venta y el precio por metro cúbico.
- **Mangueras de llenado:** Los surtidores contarán con mangueras de 5 metros de longitud máxima. Están equipadas con un sistema de seguridad “break away” que permite una desconexión y cierre rápido en caso de que el vehículo arranque antes de quitar la manguera. También cuentan con dispositivos de corte rápido por desprendimiento de la manguera, los cuales deben estar dispuestos en la manguera entre el compartimento del surtidor y la boquilla.
- **Boquillas de llenado:** Elementos que impiden el llenado a una presión mayor que la de trabajo y eliminan el riesgo de escape de gas que se produce en el momento de la desconexión.
- **Válvula de alivio del surtidor:** Evita que se produzca una sobre presurización en los cilindros del vehículo. En los surtidores se pueden encontrar válvulas de corte manual, eléctrico o neumático.
- **Venteo:** mecanismos para la liberación de gas, buscando su conducción hasta una localización segura.
- **Filtros:** Captura las impurezas y elementos contenidos en el gas.
- **Protección por sobre-llenado:** método de compensación por temperatura para limitar la máxima presión de llenado (200 bar) en los cilindros del vehículo.
- **Dispositivos indicadores de presión:** Indica la presión de suministro. El manómetro tiene una carátula que registra al menos 1,2 veces la presión más alta del sistema.
- **Dispositivo de lectura de información del vehículo:** Recolecta la información del vehículo mediante un lector electrónico para determinar el tipo de cliente.

Equipos para suministro de servicios en la estación

d) Planta generadora de emergencia

Generador Diesel de emergencia de capacidad para ser usado en caso de emergencia.

I.1.3. Proyecto sistema contra-incendio

El diseño, ingeniería, construcción y puesta en operación del sistema contra incendio con el que contará la “*Instalación y operación de una estación de suministro de gas natural para uso vehicular, municipio La Paz, Estado de México*” estará conformada por lo siguiente:

La red de contra incendio inicia en la cisterna con capacidad de 22,860 L y dimensiones de

3.00 x 6.00 x -con un tirante útil de- 1.27 m, que se abastecerá de la red de agua potable municipal. Alimentada por el sistema de agua potable de Municipio, pasa de ahí al sistema de bombeo, compuesto por dos (2) bombas con accionamiento por motor eléctrico, y una bomba de reposición de presión (jockey) con motor eléctrico de capacidad 0.33 lpm usada para mantener una presión constante en la red de agua.

Del sistema de bombeo se tendrá una red de tuberías de diámetros adecuados, previendo la protección del patio de trasvase y la zona de despacho mediante el uso de hidrantes.

Se contará con dos (2) hidrantes colocados en los extremos de la zona de despacho colocados dentro de gabinetes de placa cromada.

Como medida redundante, todas las áreas protegidas contarán con extintores de tipo Polvo Químico Seco (PQS) con capacidad de 6 kg.

Cabe destacar que el sistema contra incendios será armado con productos estándar del fabricante, se utilizarán hasta donde sea posible componentes idénticos para permitir su intercambiabilidad y adecuados para el trabajo; estos serán integrados en perfectas condiciones de operación, libres de defectos de fabricación e instalación.

El equipo electrónico y sus partes de repuesto que se instalaran, fueron elegidos con base en su permanencia en el mercado (por lo menos 10 años).

Finalmente, se contempla la instalación de los equipos exteriores en estructuras metálicas adecuadas para el montaje de los equipos instrumentos y accesorios.

El diseño, ingeniería, construcción y puesta en operación del sistema contra incendio además contemplará:

- Pruebas en fabrica,
- Pruebas en sitio,
- Información de catálogos,
- Placas de identificación y
- Partes de repuesto.

Equipos de agua contra incendio y extinción

El Sistema Contra-Incendio dentro de la Instalación, operará a partir de un sistema de almacenamiento de agua de 22,860 L (cisterna de agua potable y sistema contra incendio), formado por un sistema de bombeo conectado a una red con tubería de 64 mm de diámetro de fierro galvanizado, presurizada a un mínimo de 7 Kg/cm². Los equipos consisten de:

- **Cisterna de agua potable y contra incendios:**

Se contará con una cisterna que abastecerá los servicios y la red contra incendio de la estación, tendrá una capacidad de 22,860 L y dimensiones de 3.00 x 6.00 x con un tirante útil de 1.27 m.

Se contará con un volumen de reserva exclusivo para el sistema contra incendio que será de 16,920 L, que será distribuido por el sistema de bombeo del sistema.

Isométrico del sistema de protección contra incendio, ver plano del **anexo VII**.

- **Bombas de agua contra incendio:**

- **1 Bomba Principal**

Operación con motor eléctrico tipo centrifuga, marca WDM, modelo HE-2-75 con succión y descarga de 64 mm y capacidad de 8.70 lpm contra una carga de 60m, motor eléctrico de 7 ½ Hp.

- **1 Bomba de Respaldo**

Operación con motor eléctrico, tipo centrifuga, marca WDM, modelo HE-2-7188 con succión y descarga de 64 mm y capacidad de 5.70 lpm contra una carga de 60m, motor eléctrico de 18 Hp.

- **Bomba JOCKEY**

Operación con motor eléctrico, tipo centrifuga, marca WDM, modelo VSE-3-8-15 con succión y descarga de 50 mm y capacidad de 0.33 lpm contra una carga de 70m, motor eléctrico de 1 ½ Hp.

- **Hidrantes:**

Los hidrantes estarán integrados por tubería de fierro galvanizado y una toma para manguera, conformadas por una válvula de bola, conexión rápida y tapón con cadena, todos en bronce.

Para su localización, ver plano del **anexo VII**.

- **Extintores**

El polvo químico seco: es una mezcla de productos químicos (principalmente Carbonato de Calcio) cuya acción provoca la extinción del fuego, reduciendo al 25% la atmósfera de oxígeno en el aire. Para mejor uso de la capacidad nominal de los extintores de polvo químico seco, de su alcance y tiempos de descarga se disponen a lo largo de la Estación de acuerdo a la necesidad.

Se contará con extintores de 12 kg de polvo químico seco que se instalarán en el patio de transvase, en el área de surtidores y en oficinas. Además, contará con dos (2) extintores rodantes de 100 kg de polvo químico seco, tipo ABC.

- **Toma siamesa**

Se contará con dos tomas siamesas ubicadas, la primera en el patio de trasvase y la segunda en el patio de maniobras. Éstas deberán tener las siguientes características:

- Se instalarán y conectarán al sistema contra incendio en una tubería de fierro galvanizado de diámetro nominal de 64 mm con rosca NPT estándar.
- Consistirá en una toma de latón brillo con dos líneas de entrada, en donde las dos líneas de entrada serán de cromo plateado.
- Deberá contar con tapones BUSHING a 65 mm. (2 ½"), con rosca tipo NPT y cadena de 300 mm. De longitud fijada al tapón, todo en acabado cromo plateado.

De manera adicional se recomienda contar con los siguientes elementos de seguridad:

- **Equipo de protección personal:**

Se recomienda el incluir un gabinete metálico auto soportado con fácil acceso, color rojo, con el equipo de protección personal para acercamiento al fuego.

Se deberá contar con equipos completos, consistentes en los siguientes elementos, sin ser limitativo: casco con protector facial, botas, guantes, pantalón, chaquetón. El equipo debe estar ubicado en lugar accesible, frente al área de almacenamiento de GNC para uso del personal.

- **Equipos de respiración autónomo**

Se recomienda contar con equipo que permita al personal el poder realizar maniobras, aún en atmósferas tóxicas, a este equipo se le llama respiración autónoma.

Consiste de un contenedor de fibra de vidrio negro, que cumpla con las normas NFPA, NIOSH, MSHA, USCG. El contenedor servirá para guardar el siguiente material:

- Máscaras de neopreno y cristal de poli carbonato, de peso ligero, resistente al impacto y un amplio campo de visión.
- Cilindros tipo estándar con capacidad para treinta minutos de aire respirable a baja presión de demanda y con sistema dual de suministro de aire, correas de sujeción e indicador de presión con alarma cada uno y los

accesorios necesarios para las conexiones requeridas, conexiones flexibles, mangueras flexibles para alta presión, resistentes al aceite, coples, etc.

- Máscaras contra gases tipo demanda para trabajos de mantenimiento, con cilindro de aire de emergencia, así como los filtros respectivos.

Todo el material contenido en dos gabinetes que deberán tener aprobación NFPA, NIOSH, MSHA, USCG.

Los planos de localización del sistema contra incendio dentro del arreglo general de la estación para el proyecto de *“Instalación y operación de una estación de gas natural para uso vehicular, municipio La Paz, Estado de México.”* se muestran dentro del **Anexo VIII**.

1.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

El proyecto consiste en almacenamiento y venta de Gas Natural Comprimido, a unidades de transporte vehicular.

Recinto de almacenamiento o patio de transvase y contenedores de GNC (unidades móviles)

El Gas Natural Comprimido (GNC), será almacenado en unidades móviles que serán estacionadas en el patio de trasvase de la Estación de Suministro, el proyecto contempla espacio para seis (6) unidades móviles, pero en la operación de la estación a su máxima capacidad solamente estarán estacionados simultáneamente tres (3) de éstas como máximo. Cada unidad tendrá una capacidad de 9,000 m³.

Las Unidades Móviles llenan sus depósitos en las instalaciones del proveedor a una presión de 250 bar; llegan cargados a la estación para conectarse a las unidades de presión hidráulica (UPH). El gas natural de las unidades es descargado gradualmente por medio de las unidades hidráulicas de presión (UPH); las cuales cumplen con la función de regular la presión para un flujo constante y uniforme a los surtidores, además de medir los volúmenes suministrados.

Las unidades móviles constan de once (11) tanques salchicha, cada uno con una longitud de 40 ft (12.19 metros), y un diámetro de 0.559 metros, dichos tanques pueden soportar presiones del orden de 250 bar; durante la operación, una vez que las unidades móviles estén vacías, estas se cambian por una nueva unidad cargada, en tanto la otra se envía a recarga con el proveedor.

Unidades hidráulicas de presión (HPU)

Para llevar el GNC a los dispensarios éste pasará a través de una Unidad Hidráulica de Presión (UPH), con el objetivo de extraer el gas procedente de los vehículos de transporte mediante procesos de presión hidráulica para mantener el flujo uniforme y constante hacia las unidades de suministro.

El proyecto, contempla la instalación de tres (3) UPH que permiten un flujo de 1200 m³/h de GNC. Las UPH también permiten regular la presión (en caso necesario) y medición del gas consumido. La conexión de las unidades móviles a los HPU se efectuará mediante mangueras flexibles recubiertas de tejidos de acero con un largo máximo de 5 metros, de acuerdo a la normatividad vigente.

Todos los componentes del HPU están instalados y conectados dentro de un gabinete de lámina con estructura tubular que garantiza la seguridad de los operadores y del área de

trabajo y aísla completamente el ruido y vibraciones generadas.

Zona de despacho y unidades de suministro (surtidores)

El GNC llegara a las unidades de suministro por efecto de las UPH, a partir de estas se cargaran los vehículos de los consumidores finales. La estación contempla 12 posiciones de llenado en 6 islas.

Se contará con seis (6) unidades de suministro (surtidores), los cuales tienen integrados elementos para abastecimiento, medición, control y registro del GNC.

Las unidades de suministro se ubicaran en la zona de despacho en islas construidas a base de concreto, para el anclaje de las barreras protectoras, donde los vehículos consumidores finales se estacionarán para cargar el GNC.

Para garantizar la seguridad de los consumidores y operadores, existe un protocolo de operación que consiste en:

- Apagar el motor y todas las luces del vehículo, incluyendo las interiores.
- Descender del vehículo; ninguna persona deberá permanecer dentro del vehículo.
- El usuario deberá permanecer dentro de la zona de seguridad a dos metros del vehículo.
- Solo el operador podrá manipular los elementos del surtidor para suministrar el GNC al vehículo.
- En ningún momento, ni el usuario, acompañantes y/o operador podrá hacer uso de teléfonos celulares o cualquier dispositivo electrónico.
- En caso de fuga de GNC, el operador activará el paro de emergencia, ubicado a un lado de cada surtidor, según la normatividad aplicable en materia de estaciones de gas natural para uso vehicular.

Dentro de la zona de despacho existen electroválvulas que detectan la pérdida de presión en caso de fuga y se activan automáticamente para evitar un mayor escape del combustible. Además de esto, y como medida de seguridad adicional están los paros de emergencia de activación manual.

Los surtidores de GNC se diferencian de los surtidores de gasolina por tener un elemento medidor que funciona bajo el principio de la medición de la aceleración de Coriolis. Dependiendo del sistema de alimentación existen surtidores de una, dos o tres vías. Mientras más líneas de alimentación tengan, mayor será la capacidad de carga. También pueden tener una o varias mangueras y uno o varios tableros de lectura. Además, se diferencian en el tipo de filtro de gas, en el sistema de corte (solenoides o actuador

electroneumático) en caso de fugas y el tipo de medidor másico.

Unidad de control y oficina administrativa

Toda la información recabada por los surtidores por el dispositivo de lectura de información, es enviada al servidor central para administración de ventas y control de base de datos de información de clientes. Dispositivo de control de información del sistema, mediante bases de datos y reportes periódicos.



Figura 6. Diagrama de bloques Estación vehicular de GNC.

Listado de materias primas, productos y subproductos manejados en el proceso, señalando aquellas que se encuentren en los listados de Actividades Altamente Riesgosas

A continuación, se enlistan las principales sustancias peligrosas que serán manejadas en la estación de suministro de GNC para uso vehicular, resaltando que el objetivo del proyecto es el suministro de GNC, siendo este el insumo principal dentro de las operaciones.

Adicionalmente, se contempla el uso de combustible diesel para abastecer a los equipos auxiliares, como lo es la bomba del sistema contra incendio.

PRINCIPALES SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS UTILIZADOS EN EL CENTRO DE TRABAJO.

| Sustancia | Tipo de almacenamiento | Cantidad máx. almacenada | Capacidad máxima de producción | Concentración ² | Cantidad de reporte ¹ |
|----------------------|--|--|--|----------------------------|--|
| Gas Natural (Metano) | 3 Unidades Móviles (3 en máxima operación de la estación, pero se contará con espacio para 6) Capacidad unitaria de 9,000 m ³ | 21,939,165.03 kg (27,000 m ³) | No se producirá gas natural las actividades de la Estación de Suministro únicamente será el despacho de GNC a consumidores finales para uso vehicular. | No aplica | 500 kg (Segundo Listado, Artículo 4°, Fracc. I, Inciso a). |
| Diesel | Tanques atmosféricos Tipo horizontal. | No disponible | No se producirá gas natural las actividades de la Estación de Suministro únicamente será el | No aplica | No se encuentra listado |

| Sustancia | Tipo de almacenamiento | Cantidad máx. almacenada | Capacidad máxima de producción | Concentración ² | Cantidad de reporte ¹ |
|-----------|------------------------|--------------------------|---|----------------------------|----------------------------------|
| | | | despacho de GNC a consumidores finales para uso vehicular, este combustible se utilizara para abastecer al sistema contra incendio. | | |

1: Entiéndase como **Cantidad de Reporte** a la: "cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de estos, existentes en una instalación o medio de transportes dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana ocasionaría un efecto significativo a la población, o sus bienes". De acuerdo al **Primer y Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas**, publicados en el *Diario Oficial de la Federación* en fecha 28 de marzo de 1990 y 4 de mayo de 1992, respectivamente.

* Los criterios considerados para determinar la importancia de las principales sustancias químicas peligrosas e incluirlas en el listado anterior fueron el volumen de almacenamiento y las características de peligrosidad de cada una de ellas.

La evaluación de actividades consideradas como altamente riesgosas se realiza con base en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), Capítulo V, del Título IV. Tomando como fundamento los listados 1 y 2 de la Secretaría de Gobernación, que determinan las cantidades de reporte para clasificar a las empresas que realizan actividades altamente riesgosas; la *estación de suministro de gas natural para uso vehicular*, motivo del desarrollo del presente estudio, está considerada como empresa de alto riesgo, debido a que la cantidad de gas natural (metano) que se utilizara, es mayor a la cantidad de reporte.

Conforme la información referida en la tabla anterior, se observa que dentro del proceso de la estación de servicio para uso vehicular, se utilizan como insumos indirectos el **Gas Natural (Metano)** y **Diesel**, el primero considerado como sustancia peligrosa conforme al Artículo 4º, Fracción I, Inciso "a" del Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas. La **cantidad de reporte** específica de dicha sustancia (gas natural) es: 500 kg, por lo cual la instalación se cataloga como un **Establecimiento de Alto Riesgo**, puesto que la cantidad de almacenamiento de gas natural, que se contempla en las Unidades Móviles de almacenamiento es de **21'939,165.03 kg**.

I.2.1. Hojas de seguridad

Con el objetivo de dar cumplimiento al Apartado 5.4, Inciso c) de la Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2000 (Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo), en el **Anexo III**, se incluyen las Hojas de Datos de Seguridad de las principales sustancias químicas peligrosas manejadas en la estación de suministro de GN, las cuales incluyen:

- Gas Natural (Metano)
- Diesel

I.2.2. Almacenamiento

En esta sección se describen las características y especificaciones de las Unidades de Móviles de almacenamiento de GNC, que serán empleadas dentro del proyecto de *"Instalación y operación de una estación de suministro de gas natural para uso vehicular, municipio La Paz, Estado de México."*

El proyecto contempla el espacio para estacionar seis (6) Unidades Móviles de almacenamiento de GNC, sin embargo en la operación de la estación a su máxima capacidad solamente estarán estacionadas simultáneamente tres (3) Unidades como máximo.

Cada una de las Unidades Móviles consta de de un patin con once (11) tanques salchicha,

cada uno con una longitud de 40 ft (12.19 metros), y un diámetro de 0.559 metros, dichos tanques pueden soportar presiones del orden de 250 bar, tendrán un volumen de carga de GNC de 9,000 m³. Su construcción será utilizando acero al carbón 4130x, bajo los estándares de la Norma ISO 11120:1999.

Al encontrarse el gas natural en forma comprimida, los niveles máximos de cada contenedor de almacenamiento (salchicha), será al 100% del volumen total de diseño.

Las Unidades Móviles serán cargadas en las instalaciones del proveedor a una presión de 250 bar, por lo que serán transportadas desde la región de Xostla, en el estado de Puebla, hasta el sitio del proyecto ubicado en el Municipio de La Paz en el Estado de México.

Características de diseño

Las Unidades Móviles serán adquiridas a un proveedor especializado, las características de diseño de éstas consideran las condiciones que se indican a continuación:

- Se prevé sean capaces de resistir todas las las condiciones climatológicas del sitio del proyecto.
- Los recipientes de almacenamiento (salchichas) que conforman las Unidades Móviles estarán soportados por una estructura de acero, que permitirá un soporte adecuado de estos elementos.
- Cada Unidad Móvil contará con un gabinete de monitoreo para su correcta operación.
- Los requerimientos de diseño respecto a materiales, cuerpo, fabricación, inspección, pruebas, marcas y reportes cumplirán con la Norma ISO 11120:1999.

Los parámetros técnicos de diseño y operación se muestran en el *Punto 1.1.2 Proyecto Mecánico* del presente documento.

En la siguiente tabla se muestran los tipos de recipientes y/o envases de almacenamiento que serán empleadas durante la operación del proyecto; especificando la capacidad, y códigos o normas para la construcción de los mismos:

PRINCIPALES RECIPIENTES PARA EL MANEJO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS EN OPERACIÓN.

| Sistema | Cantidad | Ubicación | Capacidad unitaria | Presión diseño | Presión operación | Temperatura operación | Código y/o norma de construcción | Capacidad total | Equipos de seguridad | Sistemas, instrumentación y control |
|----------------------|--|-------------------|---|----------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------|---|--|
| Gas Natural (Metano) | 3 Unidades Móviles (3 en máxima operación de la estación, pero se contará con espacio para 6) | Patio de trasvase | 9,000 m ³ (Volumen de carga de GNC por cada Unidad Móvil) | 375 bar | 250 bar | -40°C – 60°C | Norma ISO 11120:1999 | 27,000 Nm ³ | Red de agua contra incendios alimentados que alimenta a hidrantes y tomas siamesas. Extintores tipo PQS de 12 kg y 2 extintores rodantes de 100 kg. Instalaciones eléctricas a prueba de explosión. Válvulas automáticas de cierre rápido en caso de pérdidas de presión (con control manual de paro de emergencia tipo "golpe de puño") | Cada Unidad Móvil contará con los siguientes elementos: a) Termómetro b) Manómetro c) Dispositivo frontal de alivio d) Dispositivo posterior de alivio e) Válvula de alivio de seguridad f) Válvulas de entrada y salida |

1.2.3. Equipos de proceso y auxiliares

En esta sección se describen las características y especificaciones de los equipos de proceso y auxiliares, que serán empleados dentro del proyecto de "Instalación y operación de estación de suministro de gas natural para uso vehicular, municipio La Paz, Estado de México."

PRINCIPALES EQUIPOS DE PROCESO Y AUXILIARES DEL PROYECTO.

| Equipo | Cantidad | Localización | Capacidad | Dispositivos de seguridad |
|-------------------------------------|----------|-------------------|-------------------------|---|
| Unidad Hidráulica de Presión | 3 | Patio de trasvase | 1,200 m ³ /h | Red de agua contra incendios alimentados que alimenta a hidrantes y tomas siamesas. Extintores tipo PQS de 12 kg y 2 extintores rodantes de 100 kg. |
| Unidades de Suministro (surtidores) | 6 | Zona de despacho | --- | Instalaciones eléctricas a prueba de explosión. Válvulas automáticas de cierre rápido en caso de pérdidas de presión (con control manual de paro de emergencia tipo "golpe de puño") |

Unidad Hidráulica de Presión

Para llevar el GNC de las Unidades Móviles de almacenamiento, hacia la zona de despacho, se requiere la utilización de las Unidades Hidráulicas de Presión (UPH), con el objetivo de extraer el gas procedente de los vehículos de transporte mediante procesos de presión hidráulica para mantener el flujo uniforme y constante hacia las unidades de suministro.

El proyecto prevé la instalación de tres (3) Unidades Hidráulicas de Presión, con capacidad de 1,200 m³/h y una presión de trabajo en el rango de 200 – 220 bar cada una, éstas se ubicarán en el patio de trasvase, conectando cada una de ellas a una Unidad Móvil de almacenamiento de GNC respectivamente.

Durante la operación de la estación a su máxima capacidad operarán las tres (3) Unidades.

Las UPH garantizan el flujo y presión constantes en los cilindros de las Unidades Móviles.

En este tipo de sistema no hay re compresión, lo que significa menores temperaturas del gas en el abastecimiento, permitiendo una mayor autonomía para los vehículos a los que será suministrado.

Unidades de Suministro (surtidores)

El GNC llegara a las unidades de suministro (surtidores) por efecto de las UPH; a partir de estas se cargaran los vehículos de los consumidores finales.

La estación de gas natural vehicular contará con seis (6) Unidades de Suministro (surtidores), colocados en seis (6) islas con doce (12) posiciones de llenado de vehículos.

1.2.4. Pruebas de verificación

En las pruebas de verificación se tomaran en cuenta todos los aspectos clave de la instalación de los equipos, los cuales estarán incluidos en las recomendaciones del fabricante y serán los correspondientes a las especificaciones aprobadas en el diseño. Una calificación de instalación deberá incluir al menos los siguientes aspectos:

- Verificación de cumplimiento de especificaciones
- Verificación de las condiciones de instalación
- Verificación de la correcta instalación
- Historial del equipo
- Información del fabricante
- Especificaciones de diseño del equipo
- Especificaciones del equipo en sitio
- Información de mantenimiento

Inspecciones y pruebas

Tuberías de distribución de GNC

El proyecto contempla efectuar la prueba hidrostática a las tuberías de distribución de GNC, ésta consiste en inyectar agua en la instalación hasta empaarla eliminando totalmente el aire a través de las válvulas de venteo, colocadas en las partes más altas del sistema.

En caso de requerirse, podrá utilizarse un diablo de limpieza y/o empaque para el llenado del ducto. Se instalan los registradores de presión y temperatura y la bomba de presión con capacidad suficiente para alcanzar 300 bares de presión.

Se inicia la presurización de la tubería, inyectando agua paulatinamente para alcanzar la presión deseada; una vez que se alcance, se comienza el registro en la gráfica. La presión

se mantiene durante 1 (una) hora evitando que se presenten variaciones sensibles. Posteriormente la presión se reduce al 50% y se incrementa nuevamente al 100% como parte del proceso.

En caso de presentarse pérdidas de presión por fuga en la tubería, accesorios o conexiones, se deberá corregir y repetir la prueba hasta su aceptación, no así en el caso de variaciones por temperatura bien comprobadas. Al finalizar se debe de presionar lentamente la tubería probada hasta llegar a 0 (cero) presión para vaciar completamente la tubería por los medios apropiados.

Se verificará que hayan sido retirados todos los equipos, herramientas, materiales y accesorios utilizados en el desarrollo de la prueba hidrostática (bridas ciegas, tapones o juntas ciegas, manómetros, mamógrafos, termógrafos, niples, coples, etc.), esta se probará hidrostáticamente por tramos parciales, emitiendo un reporte por cada prueba. Previo a las pruebas, las tuberías serán purgadas y limpiadas.

I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Balance de materia

En la estación de suministro de gas natural para uso vehicular, propiedad de la Empresa Comercializadora y Servicios Bexica, S.A. de C.V. SOFOM ENR, el balance de materia es simple, ya que todo lo que entra sale, debido a que no existe consumo en el proceso interno del material.

Temperatura y presiones de diseño y operación

Este apartado está referido a las sustancias de interés en materia de riesgo ambiental, es decir, a la instalación de aprovechamiento de GNC.

Durante la Operación de la estación de gas natural para uso vehicular, no se generan temperaturas ni presiones extremas, ya que se trabaja a temperatura ambiente; al no existir proceso químico, no existen cambios químicos en el gas natural, por lo que la operación de estación, se considera que las temperaturas extremas a las cuales se trabaja corresponden a las mismas del medio ambiente, registrándose en la zona una temperatura promedio máxima de 33°C y mínima de -3°C.

La presión y temperatura de diseño de: 375 bar y -40°C – 60°C.

Las Unidades Móviles de almacenamiento tendrán una capacidad unitaria de 9,000 m³ cada una.

| Corriente* | Presión (bar) | Temperatura °C | Flujo normal m ³ /h |
|------------|---------------|----------------|--------------------------------|
| Uno | 250 | -3 – 33 | 1,200 |
| Dos | 200-220 | -3 – 33 | 1,200 |

*Notas: 1 De las unidades móviles a las unidades hidráulicas de presión.
2 De las Unidades hidráulicas de presión a los surtidores de GNC.

Estado físico de las diversas corrientes del proceso

El GNC se ha sometido a compresión a una presión máxima de 250 bar, sin llegar a la licuefacción del mismo, por lo tanto se mantiene en fase gaseosa.

| Corriente | Estado |
|-----------|---------|
| Uno | Gaseoso |
| Dos | Gaseoso |

- *Notas:** 1 De las unidades móviles a las unidades hidráulicas de presión.
2 De las Unidades hidráulicas de presión a los surtidores de GNC.

Características del régimen operativo de la instalación (continuo o por lotes)

El régimen operativo de la estación de gas natural para uso vehicular se contempla que sea por **LOTES**, debido a que el suministro de GNC a los vehículos auto motores se efectuará al tiempo que se presenten los consumidores finales.

Diagramas de flujo del proceso

Los diagramas de flujo del proceso que se llevara a cabo en la *“Instalación y operación de estación de suministro de gas natural para uso vehicular, municipio La Paz, Estado de México.”* se muestran dentro del **Anexo IX**.

Diagramas de tubería e instrumentación, con base en la ingeniería de detalle y con la simbología correspondiente.

En el **Anexo II**, se incluyen los Diagramas de Tuberías e Instrumentación de las corrientes de proceso relacionadas con el manejo de sustancias químicas peligrosas y servicios auxiliares.

I.3.1. Especificación del cuarto de control

El proyecto *Instalación y operación de una estación de suministro de gas natural para uso vehicular, municipio La Paz, Estado de México*, no contará con un cuarto de control, ya que el tipo de actividad que se realizará no lo requiere. Los registros de flujo, temperaturas y presiones de trabajo se supervisarán directamente en los instrumentos y Monitores de control de cada uno de los equipos de proceso (Unidades Móviles de almacenamiento, Unidades Hidráulicas de Presión, Unidades de suministro).

El proyecto prevé únicamente la instalación de un cuarto de tableros eléctricos y un *“site”* para control de información y comunicaciones, éstos se ubicarán dentro del Edificio de Administración.

Cuarto Eléctrico

Todos los Tableros Eléctricos de la Estación, se instalarán en un cuarto de tableros donde se centralizará el control de distribución de la energía a las diversas áreas de trabajo, cada una de las cuales cuenta con su propio tablero de control. Aquí también se encontrará la planta de emergencia, que alimentará el 70% de la estación en caso de fallas en el suministro eléctrico.

I.3.2. Sistemas de aislamiento

En esta sección se describen las bases de diseño de los sistemas de aislamiento de las diferentes áreas o equipos con riesgos potenciales de incendio y/o explosión.

Sistema de Seguridad

El proyecto de estación contempla estrictas medidas de seguridad para evitar incidentes que pongan en riesgo a la comunidad, clientes, personal y a las mismas instalaciones.

En el patio de transvase las instalaciones eléctricas serán a prueba de explosión de acuerdo con lo establecido en el NEC (Código Eléctrico Nacional); tendrá además detectores de fuga de gases, extintores y carteles de seguridad para orientación de los usuarios.

Como medida de seguridad y control de riesgos, contará con válvulas automáticas de cierre rápido (Servo comandadas) en caso de detectar pérdidas de presión, que también podrán ser controladas por un interruptor de parada de emergencia tipo "golpe de puño".

Como equipo de protección contra incendio, se contará con extintores de 12 Kg de polvo químico seco que se instalarán en el patio de transvase, en el área de surtidores y en oficinas. Además, contará con dos extintores rodantes de 100 Kg de polvo químico seco, tipo ABC y un sistema de hidrantes con mangueras conectados al sistema contra incendios.

El sistema contará además con los siguientes elementos:

- **Sistema de Protección Contra Incendios.-** Contará con un sistema de bombeo e hidrantes que permitirán la atención a emergencias, en caso de requerirlo.
- **Letreros de seguridad.-** Se instalarán suficientes letreros de seguridad y señalización debidamente ubicados, indicando los riesgos existentes en la estación, así como también se deben tener establecidas y debidamente indicadas las rutas de evacuación.

Los letreros de seguridad se ubicarán en sitios que estén bien iluminados de día y de noche, que sean fácilmente visibles para el personal y que alerten y comuniquen al mismo, sobre los riesgos y peligros presentes en el sitio y el tipo de protección requerida para ingresar al área. Los Letreros de Seguridad pueden ser: a) de prohibición, b) de obligación, c) de precaución y d) de información.

Por otra parte, es recomendable se contemple la instalación de lo siguiente:

- **Alarmas.-** Alarmas audibles generarán de manera automática los tonos para el reconocimiento inmediato de las condiciones de seguridad en las áreas de la estación.
- **Conos de viento.-** Conos de viento localizados en sitios o lugares fácilmente observables y/o que sean puntos de referencia para el personal que se encuentre en el sitio, con el objeto de que se conozca rápidamente la dirección del viento, se oriente y se dirija hacia un área segura en caso de una liberación accidental o de cualquier otro tipo de emergencia que se presente en el sitio.

I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

1.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes

Debido al incremento en el uso de gas natural para consumo industrial, de servicios y doméstico, y en los últimos años como combustible de vehículos, han venido ocurriendo accidentes tanto en México como en otros países del mundo. La gravedad de los daños ocasionados tanto a la salud de los individuos como a propiedades y al ambiente, son muy variados, y dependen en gran medida del tipo de instalación y cantidad de combustible involucradas, así como de las condiciones atmosféricas imperantes.

Las empresas dedicadas al transporte, almacenamiento y distribución de gas natural deben estar conscientes del riesgo que implican sus instalaciones para los asentamientos humanos, y determinar las medidas de seguridad, dentro y fuera de la empresa, que deben aplicarse para reducir al mínimo dicho riesgo.

En primera instancia se conoce que existen consumidores potenciales de Gas natural (GN) alejados del Sistema de Distribución (gasoductos) y que de alguna forma se les debe atender.

Ante esta necesidad, hoy en día, se dispone de nuevas formas de abastecimiento de gas natural para estos usuarios finales. Los sistemas alternativos de abastecimiento son:

- Gas Natural Comprimido (GNC)
- Gas Natural Licuado (GNL)

Con ello, los establecimientos de venta al público de Gas Natural Vehicular (GNV) son actualmente abastecidos mediante el sistema de transporte y almacenamiento de Gas Natural Comprimido (GNC) por módulos.

Son pocos los incidentes y/o accidentes que han ocurrido registrados en México. Sin embargo, las empresas han adoptado medidas de prevención y control para este tipo de instalaciones, de tal forma que aun siendo empresas que realizan Actividades Altamente Riesgosas, operan en forma segura, disminuyendo la probabilidad de incidentes.

Un registro de accidentes se encuentra en las bases de datos ACQUIM (Accidentes Químicos), que recopila los accidentes ocurridos en fuentes fijas y tuberías, y ACARMEX (Accidentes Carreteros en México); que contiene información sobre accidentes ocurridos en el transporte. Estos sistemas computacionales han sido elaborados en el Área de Riesgos Químicos de CENAPRED -SEGOB.

Análisis Histórico de Accidentes

El inicio del análisis de riesgo ambiental se sostendrá sobre una metodología de tipo cualitativo, correspondiente al **Análisis Histórico de Accidentes**.

El análisis histórico de accidentes es una técnica cualitativa que consiste en estudiar algunas estadísticas de accidentes importantes registrados en el pasado en plantas similares o con productos idénticos o de la misma naturaleza. Su análisis permite percibir el perfil cualitativo del tema objeto del presente texto: análisis, prevención y mitigación de los accidentes en la industria (STORCH DE GRACIA, 1998).

Se basa en informaciones de procedencia diversa:

- Bibliografía especializada (publicaciones periódicas y libros de consulta).
- Bancos informatizados de datos de accidentes.
- Registro de accidentes de la propia empresa, de asociaciones empresariales o de las autoridades competentes.
- Informes o peritajes realizados normalmente sobre los accidentes más importantes.

El ámbito de aplicación de esta metodología observa una utilidad, principalmente, para el establecimiento de posibles riesgos en una instalación; además, sirve para hacer una aproximación cuantitativa de la frecuencia de determinados tipos de accidentes, en caso de disponerse de una base estadística suficientemente representativa.

La principal ventaja en el uso de esta metodología de análisis de riesgo ambiental, es que el establecimiento de una hipótesis de accidentes se basa en casos reales. De esa forma, a continuación se procede al planteamiento y desarrollo del análisis histórico de accidentes, tomando como marco de referencia los siniestros acaecidos en la República Mexicana, conforme los siguientes puntos:

Estadística General de Accidentes

Conforme datos publicados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (www.profepa.gob.mx), el análisis estatal y anual de accidentes en la República Mexicana período 2000-2014, es el siguiente:

EMERGENCIAS AMBIENTALES REPORTADAS A LA PROFEPA 2000-2014.

| Estado | Año | | | | | | | | | | | | | | Total | | Acumulado (%) | |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|---------------|-------|
| | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | Eventos | | % |
| Veracruz | 18.1 | 83 | 73 | 54 | 115 | 85 | 63 | 60 | 44 | 46 | 45 | 37 | 30 | 76 | 113 | 1205 | 15.88 | 15.88 |
| Tabasco | 98 | 93 | 92 | 69 | 65 | 63 | 46 | 59 | 25 | 29 | 9 | 17 | 20 | 34 | 45 | 791 | 10.42 | 26.30 |
| Tamaulipas | 10 | 33 | 30 | 41 | 44 | 12 | 44 | 84 | 58 | 36 | 23 | 22 | 34 | 42 | 63 | 556 | 7.33 | 33.62 |
| Guanajuato | 31 | 34 | 6 | 14 | 6 | 9 | 11 | 15 | 24 | 26 | 25 | 14 | 13 | 53 | 257 | 339 | 7.10 | 40.72 |
| Campeche | 39 | 41 | 41 | 43 | 116 | 16 | 5 | 10 | 2 | 4 | 7 | 6 | 6 | 5 | 12 | 375 | 4.94 | 45.67 |
| México | 25 | 19 | 19 | 21 | 8 | 22 | 15 | 13 | 14 | 12 | 21 | 17 | 35 | 53 | 59 | 350 | 4.61 | 50.28 |
| Oaxaca | 16 | 19 | 17 | 19 | 16 | 23 | 29 | 22 | 24 | 19 | 16 | 21 | 10 | 21 | 29 | 425 | 4.28 | 54.56 |
| Puebla | 12 | 16 | 30 | 30 | 13 | 19 | 8 | 7 | 7 | 22 | 20 | 28 | 23 | 25 | 62 | 310 | 4.08 | 58.64 |
| Nuevo León | 18 | 22 | 25 | 3 | 2 | 5 | 10 | 9 | 14 | 20 | 23 | 24 | 30 | 28 | 35 | 281 | 3.70 | 62.35 |
| Sonora | 13 | 15 | 4 | 6 | 15 | 15 | 10 | 18 | 12 | 4 | 9 | 20 | 35 | 39 | 37 | 260 | 3.43 | 65.77 |
| Chiapas | 21 | 23 | 34 | 20 | 13 | 21 | 13 | 19 | 14 | 12 | 8 | 4 | 13 | 1 | 9 | 222 | 2.92 | 68.70 |
| Jalisco | 19 | 8 | 5 | 6 | 2 | 15 | 11 | 11 | 7 | 11 | 18 | 17 | 30 | 34 | 38 | 218 | 2.87 | 71.57 |
| Hidalgo | 22 | 20 | 13 | 8 | 8 | 11 | 6 | 2 | 9 | 8 | 18 | 17 | 22 | 12 | 210 | 2.77 | 74.33 | |
| Distrito Federal | 14 | 7 | 4 | 7 | 16 | 16 | 11 | 6 | 12 | 9 | 11 | 15 | 34 | 34 | 206 | 2.71 | 77.05 | |
| Chihuahua | 4 | 8 | 3 | 0 | 1 | 6 | 13 | 13 | 12 | 8 | 10 | 20 | 24 | 49 | 35 | 186 | 2.45 | 79.50 |
| Coahuila | 25 | 19 | 12 | 9 | 7 | 6 | 7 | 5 | 1 | 14 | 8 | 16 | 15 | 30 | 10 | 171 | 2.25 | 81.75 |
| Baja California | 7 | 10 | 10 | 2 | 2 | 4 | 5 | 11 | 2 | 6 | 7 | 20 | 23 | 23 | 17 | 149 | 1.96 | 83.72 |
| Michoacán | 11 | 14 | 15 | 11 | 7 | 3 | 7 | 8 | 6 | 5 | 12 | 9 | 15 | 10 | 13 | 143 | 1.88 | 85.60 |
| San Luis Potosí | 11 | 16 | 17 | 13 | 2 | 17 | 2 | 8 | 7 | 7 | 10 | 8 | 8 | 9 | 139 | 1.83 | 87.43 | |
| Querétaro | 8 | 3 | 5 | 5 | 6 | 1 | 6 | 9 | 7 | 11 | 10 | 11 | 13 | 10 | 22 | 134 | 1.77 | 89.20 |
| Sinaloa | 6 | 9 | 3 | 2 | 2 | 7 | 2 | 5 | 4 | 1 | 4 | 13 | 16 | 21 | 18 | 129 | 1.70 | 90.90 |
| Zaragoza | 2 | 4 | 3 | 1 | 1 | 4 | 4 | 10 | 5 | 9 | 10 | 11 | 15 | 13 | 22 | 125 | 1.65 | 92.54 |
| Yucatán | 3 | 5 | 2 | 7 | 7 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 4 | 8 | 13 | 8 | 8 | 89 | 1.17 | 93.72 |
| Durango | 5 | 10 | 4 | 3 | 8 | 9 | 1 | 9 | 4 | 0 | 3 | 4 | 8 | 5 | 8 | 78 | 1.03 | 94.74 |
| Morelos | 8 | 1 | 1 | 2 | 5 | 1 | 4 | 4 | 5 | 7 | 4 | 5 | 4 | 8 | 6 | 65 | 0.86 | 95.60 |
| Tlaxcala | 5 | 7 | 1 | 0 | 1 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 | 8 | 7 | 6 | 10 | 64 | 0.84 | 96.44 |
| Guerrero | 2 | 3 | 6 | 5 | 4 | 2 | 2 | 1 | 6 | 7 | 1 | 8 | 1 | 4 | 6 | 57 | 0.75 | 97.19 |
| Baja California Sur | 0 | 5 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 4 | 7 | 8 | 5 | 6 | 4 | 50 | 0.66 | 97.85 |
| Agua Calientes | 4 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 | 8 | 3 | 2 | 2 | 7 | 7 | 43 | 0.57 | 98.42 |
| Colima | 2 | 0 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 3 | 1 | 0 | 2 | 2 | 4 | 3 | 43 | 0.57 | 98.99 |
| Nayarit | 5 | 3 | 1 | 4 | 0 | 4 | 3 | 3 | 2 | 0 | 0 | 3 | 5 | 3 | 5 | 41 | 0.54 | 99.53 |
| Quintana Roo | 3 | 0 | 3 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2 | 5 | 7 | 1 | 36 | 0.47 | 100.00 | |
| Total | 596 | 544 | 470 | 454 | 502 | 455 | 362 | 405 | 350 | 368 | 339 | 426 | 618 | 606 | 1095 | 7590 | 100.00 | |
| Eventos / Día | 1.63 | 1.49 | 1.29 | 1.24 | 1.38 | 1.25 | 0.99 | 1.11 | 0.96 | 1.01 | 0.93 | 1.17 | 1.69 | 1.66 | 3.00 | 1.39 | | |

Fuente: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/215/1/ea_00_14_pag_internet_09042015.pdf

Durante el periodo 2000-2014, se puede decir que anualmente se registran en México un promedio de 483.4 emergencias ambientales asociadas con sustancias químicas; aunque estas cifras sólo incluyen aquellos eventos que son del conocimiento de la PROFEPA, por lo que debe haberse suscitado un número un poco mayor; sin embargo, es información que proporciona una idea clara sobre el comportamiento y tendencias de los mismos.

Como se aprecia, el Estado de México, se encuentra registrado en el lugar 6, con respecto a incidencia de emergencias ambientales se refiere, esto es debido a que, actualmente, las actividades secundarias (industriales) en la entidad presentan un número elevado, por la existencia de diversos parques industriales.

De los accidentes reportados, en el periodo 2000-2014, la PROFEPA establece que las principales sustancias involucradas, son:

PRINCIPALES SUSTANCIAS INVOLUCRADAS EN EMERGENCIAS AMBIENTALES.

| Nombre de la sustancia | % de accidentes |
|------------------------|-----------------|
| Petróleo Crudo | 42.08 |
| Gasolina | 7.83 |
| Diesel | 6.80 |
| Combustóleo | 5.39 |
| Amoniaco | 4.05 |
| Gas LP | 3.19 |
| Gas Natural | 2.30 |
| Aceites | 2.27 |
| Ácido sulfúrico | 2.26 |
| Solventes orgánicos | 1.09 |
| Otras sustancias | 27.21 |

Fuente: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/215/1/ea_00_14__pag_internet_09042015.pdf

A este respecto, se aprecia que el Gas Natural, material por el cual la instalación se cataloga como actividad altamente riesgosa, se encuentra incluido dentro de las principales sustancias involucradas en emergencias ambientales, estando ubicado específicamente en el 7° lugar de incidencia, relacionados con el 2.30% de los accidentes que se tuvo conocimiento por la PROFEPA en este período.

Por otra parte, de los accidentes reportados en México, la mayoría son relacionadas con actividades de transporte (67%), conforme se establece en la siguiente tabla.

ORIGEN DE EMERGENCIAS AMBIENTALES ASOCIADAS CON SUSTANCIAS QUÍMICAS.

| Año | Número de Eventos | Ubicación | | | | | |
|---------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|
| | | Planta | | Transporte | | Otro | |
| | | No. | % | No. | % | No. | % |
| 2000 | 596 | 142 | 23.8 | 422 | 70.8 | 32 | 5.4 |
| 2001 | 544 | 112 | 20.6 | 406 | 74.6 | 26 | 4.8 |
| 2002 | 470 | 112 | 23.8 | 339 | 72.1 | 19 | 4.0 |
| 2003 | 454 | 126 | 27.8 | 304 | 67.0 | 24 | 5.3 |
| 2004 | 502 | 200 | 39.8 | 280 | 55.8 | 22 | 4.4 |
| 2005 | 455 | 139 | 30.5 | 279 | 61.3 | 37 | 8.1 |
| 2006 | 362 | 98 | 27.1 | 219 | 60.5 | 45 | 12.4 |
| 2007 | 405 | 98 | 24.2 | 268 | 66.2 | 39 | 9.6 |
| 2008 | 350 | 83 | 23.7 | 217 | 62.0 | 50 | 14.3 |
| 2009 | 368 | 138 | 37.5 | 219 | 59.5 | 11 | 3.0 |
| 2010 | 339 | 84 | 24.8 | 229 | 67.6 | 26 | 7.7 |
| 2011 | 426 | 109 | 25.6 | 271 | 63.6 | 46 | 10.8 |
| 2012 | 618 | 127 | 20.6 | 402 | 65.0 | 89 | 14.4 |
| 2013 | 606 | 118 | 19.5 | 394 | 65.0 | 94 | 15.5 |
| 2014 | 1095 | 155 | 14.2 | 837 | 76.4 | 103 | 9.4 |
| Total: | 7590 | 1841 | 24.3 | 5086 | 67.0 | 663 | 8.7 |

Fuente: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/215/1/ea_00_14__pag_internet_09042015.pdf

Los medios de transporte involucrados en accidentes con sustancias peligrosas, son:

CLASE DE TRANSPORTE ORIGEN DE EMERGENCIAS AMBIENTALES ASOCIADAS CON SUSTANCIAS QUÍMICAS.

| Año | Número de Eventos | Transporte | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-----------|------------|-------------|-------------|----------|------------|
| | | Total | FFCC | | Carretero | | Marítimo | | Ducto | | Otro | |
| | | | No. | % | No. | % | No. | % | No. | % | No. | % |
| 2000 | 596 | 422 | 8 | 1.9 | 134 | 31.8 | 3 | 0.7 | 277 | 65.6 | 0 | 0.0 |
| 2001 | 544 | 406 | 10 | 2.5 | 149 | 36.7 | 4 | 1.0 | 243 | 59.9 | 0 | 0.0 |
| 2002 | 470 | 339 | 9 | 2.7 | 143 | 42.2 | 6 | 1.8 | 181 | 53.4 | 0 | 0.0 |
| 2003 | 454 | 304 | 7 | 2.3 | 125 | 41.1 | 2 | 0.7 | 170 | 55.9 | 0 | 0.0 |
| 2004 | 502 | 280 | 4 | 1.4 | 89 | 35.4 | 2 | 0.7 | 175 | 62.5 | 0 | 0.0 |
| 2005 | 455 | 279 | 11 | 3.9 | 121 | 43.4 | 1 | 0.4 | 143 | 51.3 | 3 | 1.1 |
| 2006 | 362 | 219 | 2 | 0.9 | 102 | 46.6 | 4 | 1.8 | 111 | 50.7 | 0 | 0.0 |
| 2007 | 405 | 268 | 8 | 3.0 | 118 | 44.0 | 2 | 0.7 | 140 | 52.2 | 0 | 0.0 |
| 2008 | 350 | 217 | 7 | 3.2 | 133 | 61.3 | 2 | 0.9 | 74 | 34.1 | 1 | 0.5 |
| 2009 | 368 | 219 | 6 | 2.7 | 138 | 63.0 | 3 | 1.4 | 72 | 32.9 | 0 | 0.0 |
| 2010 | 339 | 229 | 5 | 2.2 | 143 | 62.4 | 2 | 0.9 | 78 | 34.1 | 1 | 0.4 |
| 2011 | 426 | 271 | 7 | 2.6 | 161 | 59.4 | 4 | 1.5 | 99 | 36.5 | 0 | 0.0 |
| 2012 | 618 | 402 | 9 | 2.2 | 177 | 44.0 | 4 | 1.0 | 210 | 52.2 | 2 | 0.5 |
| 2013 | 606 | 394 | 4 | 1.0 | 148 | 37.6 | 6 | 1.5 | 236 | 59.9 | 0 | 0.0 |
| 2014 | 1095 | 837 | 7 | 0.8 | 136 | 16.2 | 1 | 0.1 | 692 | 82.7 | 1 | 0.1 |
| Total: | 7590 | 5086 | 104 | 2.0 | 2027 | 39.9 | 46 | 0.9 | 2901 | 57.0 | 8 | 0.2 |

Fuente: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/215/1/ea_00_14__pag_internet_09042015.pdf

Observando los datos anteriores, se verifica el amplio predominio de accidentes relacionados con el transporte de sustancias peligrosas por medio de ductos (57%)

promedio), aunque se debe señalar que no necesariamente son por falta de medidas precautorias del responsable de este medio, puesto que es sabido que los ductos son sujetos de allanamientos para el robo de combustibles ó dañados por causa de obras que no respetan los distanciamientos y condiciones de seguridad establecidos por la normatividad correspondiente.

Otro aspecto relacionado con la estadística de accidentes en México, tiene referencia al tipo de los mismos, conforme se muestra a continuación:

TIPO DE EMERGENCIAS AMBIENTALES ASOCIADAS CON SUSTANCIAS QUÍMICAS.

| Año | Número de Eventos | Tipo | | | | | | | | | |
|---------------|-------------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| | | Fuga | | Derrame | | Explosión | | Incendio | | Otro | |
| | | No. | % | No. | % | No. | % | No. | % | No. | % |
| 2000 | 596 | 46 | 7.7 | 483 | 81.0 | 26 | 4.6 | 35 | 5.9 | 8 | 1.0 |
| 2001 | 544 | 50 | 9.2 | 455 | 83.6 | 14 | 2.5 | 21 | 3.9 | 4 | 0.7 |
| 2002 | 470 | 22 | 4.7 | 403 | 85.7 | 15 | 2.8 | 27 | 5.7 | 3 | 0.6 |
| 2003 | 454 | 22 | 4.8 | 386 | 84.8 | 18 | 3.2 | 21 | 4.6 | 8 | 1.8 |
| 2004 | 502 | 29 | 5.8 | 445 | 88.6 | 10 | 1.8 | 18 | 3.6 | 0 | 0.0 |
| 2005 | 455 | 51 | 11.2 | 338 | 74.3 | 28 | 4.9 | 38 | 8.4 | 0 | 0.0 |
| 2006 | 362 | 51 | 14.1 | 251 | 69.3 | 31 | 5.5 | 29 | 8.0 | 0 | 0.0 |
| 2007 | 405 | 54 | 13.3 | 292 | 72.1 | 25 | 4.4 | 34 | 8.4 | 0 | 0.0 |
| 2008 | 350 | 54 | 15.4 | 249 | 71.1 | 16 | 2.8 | 30 | 8.6 | 1 | 0.3 |
| 2009 | 368 | 67 | 18.2 | 245 | 66.6 | 22 | 3.9 | 34 | 9.2 | 0 | 0.0 |
| 2010 | 339 | 44 | 13.0 | 228 | 67.3 | 33 | 5.8 | 34 | 10.0 | 0 | 0.0 |
| 2011 | 426 | 65 | 15.3 | 273 | 64.1 | 50 | 8.8 | 36 | 8.5 | 2 | 0.6 |
| 2012 | 618 | 87 | 14.1 | 408 | 66.0 | 68 | 11.6 | 51 | 8.3 | 6 | 1.0 |
| 2013 | 606 | 102 | 16.8 | 384 | 63.4 | 70 | 12.3 | 44 | 7.3 | 6 | 1.0 |
| 2014 | 1095 | 139 | 12.7 | 819 | 74.8 | 51 | 9.0 | 83 | 7.6 | 3 | 0.3 |
| Total: | 7590 | 883 | 11.6 | 5658 | 74.5 | 475 | 6.3 | 535 | 7.0 | 39 | 0.5 |

Fuente: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/215/1/ea_00_14__pag_internet_09042015.pdf

Como puede observarse, existe una clara relación entre el tipo de transporte de sustancias peligrosas donde mayoritariamente se presentan los accidentes (ductos) y la clase de emergencias ambientales que se han generado en el país, representadas por las fugas o derrames con un equivalente del 74.5% del total registrado.

Identificación de las Causas de los Accidentes

a) Errores humanos

Los errores humanos se originan por un sin número de causas y que no son necesariamente atribuibles a los operadores, ya que la organización o bien las condiciones del centro de trabajo, influyen en gran medida.

El error humano incluye actitudes o prácticas incorrectas (inseguras) que originan como consecuencia que una persona no logre el objetivo o propósito deseado. Esto es: omisiones, acciones equivocadas, oportunidades.

El origen de errores humanos presenta diversas vertientes, destacando las siguientes:

- Administración inadecuada.
- Distracción o fatiga.
- Falta de concentración o de memoria.
- Negligencia.
- Fallas personales por falta de o entrenamiento inadecuado.
- Secuencia indebida en la operación por deficiencias en el entrenamiento.
- Interrupción de operaciones por capacitación deficiente o negligencia.
- Condiciones ambientales relacionadas con la empresa.

Durante el análisis de los accidentes que pueden llegar a ocurrir en la operación de la estación, el ambiente de trabajo es, probablemente, el factor que más contribuye a la causa de errores humanos, debido a que si los señalamientos o la presentación de información no resultan claros y evidentes, el acceso a los dispositivos de seguridad es complicado, o si las áreas operativas son reducidas, demasiado calientes o frías, o no existe una disposición ordenada, es muy alta la probabilidad de que los operadores cometan fallas.

Otro factor que es motivo de causa de accidentes por error humano, se refiere a los hábitos de trabajo inadecuados, incluyéndose deficientes prácticas de trabajo para llevar a cabo la producción, suministro o trasiego de combustibles, manejo de vehículos utilitarios (implicando el provocar rotura de tuberías y recipientes de almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, por impacto con vehículos), realización de actividades de mantenimiento (reparaciones improvisadas o mal ejecutadas) y medidas de control de riesgos.

En cuanto a la administración, una situación de riesgo se induce por costumbre a operaciones sin tener recordatorios, mediante capacitación o campañas de seguridad continuas, referentes a las condiciones de riesgo específicas en el centro de trabajo.

b) Fallo de equipos

Algunas de las fallas más frecuentes, ligadas con la generación de accidentes, son:

- Operación de equipos e instalaciones obsoletas y en malas condiciones.
- Falta de inspección y de mantenimiento de equipos y accesorios, con lo que pueden presentar fracturas u orificios por corrosión en elementos metálicos.
- Instalación inadecuada de válvulas y demás accesorios de seguridad en los sistemas operativos.
- Fugas y derrames ocasionados por deficientes prácticas de mantenimiento (falta de procedimientos, instrumentos y personal calificado).
- Ruptura de tuberías y recipientes de almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, por impacto con vehículos utilitarios o de proveedores.
- Fugas y explosiones provocadas por incendios en áreas contiguas.
- Reparaciones improvisadas o mal realizadas.

- Explosión por sobrepresión en recipientes de almacenamiento, rebasándose su presión de diseño y la de la prueba hidrostática, conjuntándose con la falta de disparo de la respectiva válvula de alivio.

c) Fallo de diseño o de proceso

En este rubro, los factores que más inciden en la generación de accidentes, son:

- Incumplimiento a la normatividad referente al diseño y construcción de instalaciones (incluye sistemas hidráulicos, eléctricos, de combustibles y de manejo de insumos).
- Falta de implementación de sistemas de seguridad y de apoyo de las áreas operativas.
- Falta de instrumentación o mal estado de la existente, para medición de condiciones de operación o de detección de condiciones inseguras o de riesgo.
- Falta de sistemas de alarma o de comunicación que ayuden a que se controle oportunamente cualquier riesgo inminente.
- Instalaciones eléctricas no pertinentes para ambientes explosivos, en su caso.
- Consideraciones inadecuadas de la capacidad necesarias para la operación de los equipos de proceso.

1.4.2 Metodologías de identificación y jerarquización

Los métodos para la identificación, análisis y evaluación de riesgos son una herramienta muy valiosa para abordar su detección, la causa y las consecuencias que pueden acarrear. El estudio de riesgo tiene la finalidad de atenuar tales riesgos, así como limitar sus consecuencias.

Los principales objetivos del estudio de riesgo son:

- Identificar y medir los riesgos que se presentan en una instalación industrial para

las personas, el medio ambiente y los medios materiales.

- Reducir los posibles accidentes graves que pudieran producirse
- Determinar las consecuencias en el espacio y el tiempo de los accidentes aplicando determinados criterios de vulnerabilidad.
- Análisis las causas de dichos accidentes
- Discernir sobre la calidad de las instalaciones y operaciones realizadas en el establecimiento industrial
- Definir medidas y procedimientos de prevención y protección para evitar la ocurrencia y/o limitar las consecuencias de los accidentes.
- Cumplir los requisitos de la normativa nacional e internacional.

Métodos de identificación de riesgos

Básicamente existen dos tipos de métodos para la realización de análisis de riesgo se consideran los aspectos de cuantificación:

- Métodos cualitativos:** se caracterizan por no recurrir a cálculos numéricos, pueden ser métodos comparativos y métodos generalizados.
- Métodos semicuantitativos:** incluyen aquellos que introducen una valoración cuantitativa respecto a las frecuencias de ocurrencia de un determinado suceso, además de establecer métodos para la determinación de frecuencias. O bien se caracteriza por recurrir a una clasificación de las áreas de una instalación en base a una serie de índices que cuantifican daños, como por ejemplo índices de riesgo.

Metodologías utilizadas

Las metodologías que se utilizarán para la determinación del riesgo involucrado en el manejo de sustancias químicas peligrosas en la estación, son las metodologías conocidas como **¿Qué Pasa Si...? (What If...?)** y **HAZOP (Hazard and Operability)**.

¿QUE PASA SI...?

Esta metodología permite identificar situaciones riesgosas o acciones que conducen a accidentes específicos que podrían producir una consecuencia no deseable. Con esta técnica es posible identificar situaciones que conllevan a un accidente, sus consecuencias, medidas de seguridad y propuestas de alternativas que permitan minimizar los riesgos.

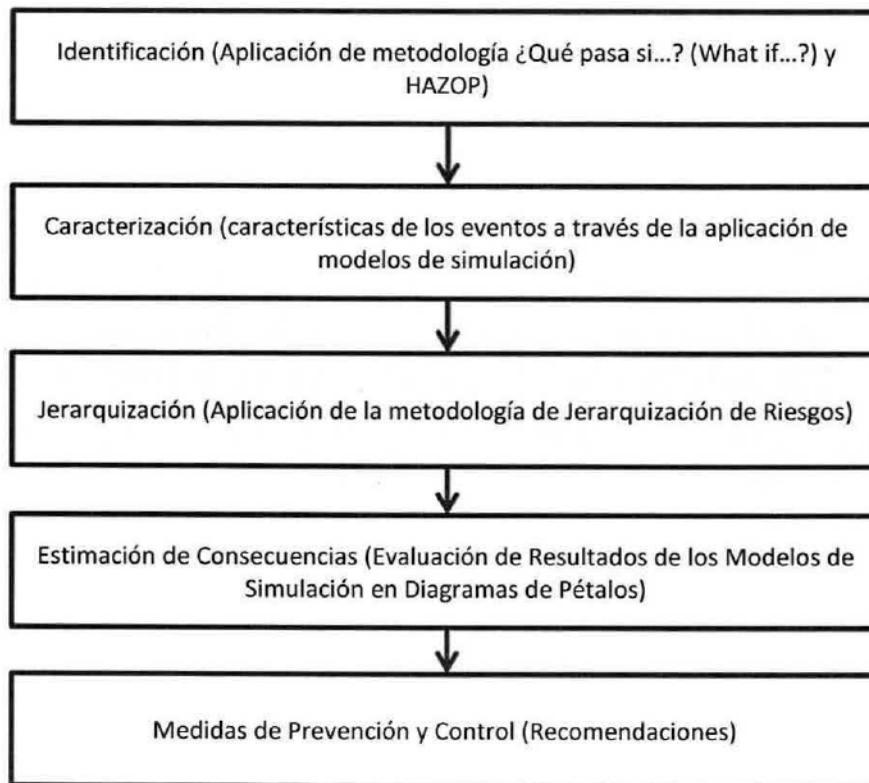
En este caso la lista de chequeo/¿qué pasa

HAZOP

La metodología HAZOP, es un procedimiento que permite reconocer riesgos difícilmente reconocibles por simple observación o revisiones de seguridad de tipo general. En la aplicación de esta metodología, se cuestiona a cada una de las partes críticas del proceso para descubrir que desviaciones del propósito original pueden ocurrir y determinar cuáles de esas desviaciones pueden dar lugar a riesgos al personal, al proceso o las

sí...?, es una herramienta adecuada por su sencillez, además de que por norma general es recomendada para la evaluación de riesgo de instalaciones en proyecto. La lista de chequeo está basada en la experiencia en operaciones similares y sugiere áreas o puntos de interés. Esta lista de chequeo es suficiente para un proceso simple que es bien conocido y produce una buena visión para problemas más grandes.

La metodología a seguir para la aplicación de las herramientas descritas es la siguiente:



¿Qué pasa si...? (What if...?)

Esta técnica es un método inductivo que utiliza información específica de un proceso para generar una serie de preguntas que son pertinentes durante el tiempo de vida de una instalación, así como cuando se introducen cambios al proceso o a los procedimientos de operación. Consiste en definir tendencias, formular preguntas, desarrollar respuestas y evaluarlas, incluyendo la más amplia gama de consecuencias posibles. No requiere métodos cuantitativos especiales o una planeación extensiva.

El método utiliza información específica de un proceso como los DFP's (diagrama de flujo de proceso), DTI's (Diagramas de Tubería e Instrumentación) para generar una especie de preguntas de lista de verificación; los planteamientos establecidos emplean el sufijo ¿Qué pasa si...? (What if...?), éstos son contestados por un grupo de trabajo y resumidos en forma tabular.

Esta técnica es ampliamente utilizada durante las etapas de diseño del proceso, así como durante el tiempo de vida o de operación de una instalación, así como se introducen cambios al proceso o a los procedimientos de operación.

El propósito de método ¿Qué pasa si...? (What if...?) tiene tres aspectos:

- Identificar las condiciones y situaciones peligrosas posibles que puedan resultar de barreras y controles inadecuados
- Identificar eventos que puedan provocar accidentes mayores
- Recomendar las situaciones requeridas para iniciar el proceso de reducir el riesgo de una instalación así como para mejorar la operabilidad de la misma.

El análisis ¿Qué pasa si...? (What if...?), que se realizó para determinar los riesgos en la *“Instalación y operación de una estación de suministro de gas natural para uso vehicular, municipio La Paz, Estado de México.”*, fue dividido en tres subsistemas:

- a) Almacenamiento y descarga de GNC (patio de maniobras y UPH)
- b) Distribución de GNC y
- c) Zona de despacho.

METODOLOGÍA ¿QUÉ PASA SÍ...?

| ¿Qué pasa sí? | Consecuencia/Riesgo | Medidas de prevención, control o mitigación |
|---|---|--|
| Las Unidades Móviles de almacenamiento de GNC sufren daño estructural al momento de estacionarlas en el patio de trasvase de la estación. | Fuga de GNC por fisura o ruptura total de contenedor de almacenamiento, que puede derivar en un incendio al presentarse las condiciones ideales para ello. | Se cuenta con detectores de presencia gas y una red de agua contra incendio que abastece dos hidrantes dentro de la estación. Es recomendable se implemente un procedimiento para el ingreso y salida de las Unidades de Almacenamiento de GNC, que contemple las medidas de seguridad adecuadas para conservar la integridad de las unidades, así como la protección a peatones y empleados. |
| Se realiza una conexión deficiente de las mangueras de las UPH a las Unidades Móviles para su descarga. | Existe la posibilidad de una fuga del gas, y en condiciones ideales de homogeneidad respecto a los límites inferior y superior de inflamabilidad de esta sustancia, además de la presencia de una fuente de ignición, se induciría una explosión o incendio en la zona. | Se recomienda que de manera posterior a la instalación de la estación vehicular, se realizarán pruebas de hermeticidad en toda la línea, con el objetivo de detectar deficiencias en las conexiones y prevenir fugas en la operación. |
| Si las Unidades de Presión Hidráulicas no operan por fallo de energía eléctrica. | Las Unidades Móviles de Almacenamiento no podrán ser descargadas debido a que no se le suministrará Presión Hidráulica. | Se contará con una planta de emergencia que suministrará energía eléctrica a la estación en caso de requerirse, ésta alimentará el 70% de la estación en caso de fallas en el suministro eléctrico. |
| No se aplican procedimientos permanentes de supervisión y corrección de fugas en el sistema. | Se promovería la emisión constante de GNC a la atmósfera, la cual puede tener como consecuencia la presencia de riesgos permanentes de incendio o flamaos. En condiciones ideales de homogeneidad, respecto a los límites inferior y superior de inflamabilidad de esta sustancia, sólo se necesita una fuente de ignición para desencadenar una explosión. | Se establecerá y aplicará un programa de mantenimiento preventivo periódico a todas las instalaciones, de forma especial se dará atención en el sistema de distribución del energético y equipos de proceso (Unidades de Móviles de Almacenamiento, UHP, Unidades de suministro). Para poder combatir cualquier conato de incendio en la estación vehicular de gas natural, se tiene una red hidráulica contra incendio a base de hidrantes, ubicados de manera estratégica en el establecimiento. Para prevenir la generación de atmósferas explosivas por acumulación del GN, se contara con detectores de gas. Se elaborará un plan de atención a emergencia, en donde se integrará de manera particular los procedimientos para el control de fugas y conatos de incendio de GNC. |

| ¿Qué pasa sí? | Consecuencia/Riesgo | Medidas de prevención, control o mitigación |
|---|--|--|
| Existe una fractura en las líneas de conducción del gas. | Se origina una fuga puntual del GNC, y en condiciones ideales de homogeneidad respecto a los límites inferior y superior de inflamabilidad de esta sustancia, además de la presencia de una fuente de ignición, se induciría una explosión o incendio en la zona de operación. | Se establecerá y aplicará un programa de mantenimiento preventivo periódico a todos los dispositivos de seguridad instalados en la estación. En caso de presentarse un evento de este tipo, se contará con válvulas de control de flujo, existentes de forma estratégica para el aislamiento del área problema. Para prevenir la generación de atmósferas explosivas por acumulación del GNC, se contará con detectores de gas. Se elaborará un plan de atención a emergencia, en donde se integrará de manera particular un procedimiento para el control de fugas de GNC. |
| Se presenta un incendio en las instalaciones. | Si el calor del incendio llega a afectar las Unidades Móviles de almacenamiento o equipos de proceso puede originarse la ruptura de las mismas, la subsiguiente fuga y en caso extremo la explosión del material fugado. | Se contará con detectores de gas Las instalaciones eléctricas serán a prueba de explosión con el objetivo de no generar fuentes de ignición. Se contará con un sistema de Protección contra incendios, extintores de 12 Kg de PQS y dos extintores rodantes de 100 Kg de PQS. Se establecerá y aplicará un programa de mantenimiento preventivo periódico a todas las instalaciones. Se elaborará un plan de atención a emergencia, en donde se integrará de manera particular los procedimientos para el control de fugas y conatos de incendio de GNC. |
| Los equipos relacionados con el manejo de gas no se encuentran conectados al sistema de "tierra". | Durante la operación pueden generarse cargas estáticas que representarían una potencial fuente de ignición y en el caso de existir una fuga del gas, y en condiciones ideales de homogeneidad respecto a los límites inferior y superior de inflamabilidad de esta sustancia, se promovería una explosión en la zona de trabajo. | Se instalará un sistema de tierras físicas a la cual se conectarán todos los equipos referentes al manejo y distribución del gas natural. Se aplicará un programa de mantenimiento preventivo periódico a las instalaciones de distribución de gas natural, teniendo especial atención en los componentes eléctricos, incluyendo el sistema de tierras físicas. |

| ¿Qué pasa sí? | Consecuencia/Riesgo | Medidas de prevención, control o mitigación |
|---|---|---|
| Existe corrosión en las válvulas y/o tubería. | Existe la posibilidad de una fuga dentro de las instalaciones, pudiéndose producir condiciones ideales de homogeneidad respecto a los límites inferior y superior de inflamabilidad de esta sustancia, y con la presencia de una fuente de ignición, se promovería una explosión en la zona de operación. | En el programa de mantenimiento a equipos del sistema de distribución de gas natural, se tendrán procedimientos de inspección para garantizar que no se presente oxidación y por consiguiente corrosión en sus componentes. Para prevenir la generación de atmósferas explosivas por acumulación del gas natural, se contará con detectores de atmosferas explosivas en diversas áreas de la estación. |
| Durante una tormenta eléctrica cae un rayo en la estación. | Puede existir generación de sobrecarga de energía y con ello la posibilidad de presentarse un incendio si coincide con una fuga del gas natural y las condiciones ideales de homogeneidad con respeto a sus límites superior e inferior de inflamabilidad. | Se planea la instalación de un sistema de pararrayos debidamente conectado a tierra. Se contará con un sistema de tierras físicas. Se aplican rutinas frecuentes de mantenimiento preventivo a los sistemas de tierras y pararrayos. |
| Se presenta un sismo mayor de 4 grados en la escala Richter | Posible rompimiento de tuberías y por lo tanto probables fugas de GN. | La línea de distribución estará seccionada por válvulas de control manual para cierre parcial a cada área. De forma posterior al movimiento telúrico, se realizará una supervisión de las condiciones físicas de las instalaciones. Para prevenir la generación de atmósferas explosivas por acumulación del GN, se contara con detectores de atmosferas explosivas en diversas áreas de la estación. Se elaborará un plan de atención a emergencia, en donde se integrará de manera particular los procedimientos para el control de fugas y conatos de incendio de GN. |

Análisis de operabilidad (HAZOP)

Esta técnica forma parte del Análisis de Seguridad de los Procesos Industriales y tiene como objetivo fundamental establecer medios de detección y previsión de accidentes durante la operación normal de las unidades de proceso productivas o de servicio.

El método tiene su ámbito de aplicación desde la fase del proyecto e inclusive en su vida operativa, principalmente para corregir anomalías del diseño conceptual o para prevenir omisiones en la operación y buena marcha en la actividad productiva.

La aplicación del Análisis de Operabilidad tiene como objetivo localizar la perspectiva de ocurrencia de un accidente en el manejo de las sustancias químicas y establecer una revisión sistemática de la instalación para llegar a modificar el proceso, servicio, diseño, prácticas y aún los criterios de seguridad de las instalaciones bajo revisión.

El área de estudio se revisa bajo la premisa de la viabilidad de ocurrencia con absoluta independencia de las buenas prácticas y los buenos resultados de la industria, ya que las estadísticas de eventos de riesgo han invadido los historiales de empresas consideradas líderes en la seguridad y operabilidad industrial, la técnica permite detectar y evaluar riesgos potenciales que sean la causa de fugas, derrames o dispersión de materiales que resultasen en incidentes o accidentes que se reflejen en daños al personal, al ambiente, a la población civil y los costos económicos derivados de las pérdidas físicas y operativas.

La técnica del Análisis de Operabilidad emplea una serie de Palabras Guía utilizadas para calificar o definir las desviaciones de las condiciones ordinarias del trabajo operativo, dichas palabras son:

- **NO** Negación de la actividad operativa.
- **MAS** Considera una variable en exceso a su condición habitual.
- **MENOS** Considera una variable menor al valor nominal esperado.
- **ADEMÁS DE** Existen sustancias adicionales a las especificadas.

Previamente debemos identificar las **VARIABLES OPERATIVAS** que describen físicamente el comportamiento de la operación en cuanto a flujo, presión o temperatura.

DESVIACIÓN: Modificación de la variable o parámetro de su comportamiento normal.

NODOS: Secciones de equipo de proceso o de tubería, válvulas de paso, válvulas de seguridad e instrumentos que actúan como contenedores de la sustancia y en donde pueden ocurrir incidentes o accidentes como una función de sus condiciones físicas u operativas anormales.

La combinación de palabra guía y parámetros se aplican a la identificación de causas, estimación de consecuencias, y recomendaciones necesarias para solventar alguna anomalía.

Los elementos de análisis que consideraron la definición del sistema, toma en cuenta las siguientes actividades operativas del sistema:

| |
|--|
| Almacenamiento y descarga de GNC |
| Distribución hacia Zona de despacho |
| Zona de despacho |

Para su evaluación, en el primer renglón se señalan los elementos que se vinculan con el factor evaluado como son:

| |
|------------------------|
| Parámetro de proceso |
| Desviación |
| Posibles causas |
| Posibles consecuencias |
| Recomendaciones |

Para lograr una mayor sensibilidad de los riesgos que se puedan producir en el funcionamiento normal y que ésta proporcione una visión general y una idea de los puntos que pueden desencadenar situaciones de riesgo en la operación, ya sea en las actividades de almacenamiento, líneas de distribución, y en el suministro, en este estudio se emplean palabras guía más adecuadas que al combinarse con los parámetros seleccionados muestran la posible presencia de un riesgo ambiental (fuga, incendio y/o explosión) que pueda afectar al personal, al ambiente o a las instalaciones.

Los parámetros de proceso evaluados fueron:

| |
|-------------|
| Flujo |
| Presión |
| Temperatura |
| Nivel |
| Corrosión |

Los conceptos descritos se aplican a los siguientes nodos:

- A. Almacenamiento y descarga de GNC
- B. Distribución hacia Zona de despacho y surtidores

| ANÁLISIS DE OPERABILIDAD | | |
|--|--|---|
| NODO | INTENCIÓN | CONCEPTO ANALIZADO |
| I Almacenamiento y descarga de GNC | <p>Almacenar GNC a una presión de operación de 250 bar, mediante el uso de 6 Unidades Móviles de almacenamiento, con capacidad de 9,000 Nm³.</p> <p>Las Unidades Móviles se conectarán al punto de descarga mediante una manguera para gas para de 250 bar con conexiones tipo face seal (Parker) calibre 10 con diámetro ½", para ser descargadas por efecto de las Unidades Hidráulicas de Presión (UHP) a un flujo de ,200 m³/h con una presión de trabajo en el rango de 200 – 220 bar cada una.</p> | <p>Integridad de los contenedores de las Unidades Móviles.</p> <p>Operabilidad de recipientes.</p> <p>Conexiones para la descarga de GNC.</p> <p>Unidades de Presión Hidráulica y sus componentes.</p> |
| II Distribución hacia Zona de despacho y surtidores | <p>De las UHP el GNC será enviado a la zona de despacho mediante una tubería subterránea fabricada en acero al carbón cedula 160, con diámetro de 1", la tubería contará con bridas tipo socket con válvula de bola para corte de flujo de gas.</p> <p>El GNC llegará a las unidades de suministro por efecto de las UPH, a partir de estas se cargaran los vehículos de los consumidores finales. La estación contempla 12 posiciones de llenado en 6 islas.</p> | <p>Tubería de 1" de Ø fabricado en acero al carbón, para envío de GNC a Unidades de Suministro (surtidores).</p> <p>Integridad de la tubería y conexiones de la misma.</p> <p>Unidad dispensadora medidora.</p> <p>Mangueras de llenado.</p> <p>Boquillas de llenado.</p> <p>Válvulas</p> <p>Venteos.</p> <p>Filtros.</p> |

El estudio HAZOP examina cada parte del sistema para identificar las posibles variables significativas que impliquen un grado de vulnerabilidad o riesgo para el sistema, en condiciones operativas normales, para proponer las medidas preventivas y/o correctivas al sistema, y con ello complementar las políticas de protección ambiental con que cuenta la empresa.

Selección de los eventos de riesgo.

Para la Jerarquización de los riesgos identificados mediante la Metodología utilizada (HAZOP), se utilizó una Matriz de Interacciones, la cual se describe a continuación:

Matriz de Interacciones

Este método sirve para jerarquizar los eventos que pueden presentarse, asignando un

índice de frecuencia y un índice de consecuencias, tomando al producto de los dos índices para llegar a un índice individual. El índice de frecuencia es determinado por apreciación en vez de realizarlo de una forma rigurosa. El índice de consecuencias, se determina en función a la estimación de consecuencias.

Debido a que la asignación de los índices es por apreciación, se están tomando los siguientes criterios utilizados.

CRITERIOS USADOS PARA LA ASIGNACIÓN DE ÍNDICES DE FRECUENCIA.

| VALOR DE FRECUENCIA | ORDEN DE LA MAGNITUD | PROBABILIDAD O FRECUENCIA |
|---------------------|-----------------------------|---|
| 4 | 10% de probabilidad por año | Altamente probable, tiene una posibilidad de ocurrencia del 100% |
| 3 | 1% de probabilidad por año | Probable, Grandes posibilidades de ocurrencia, probabilidad de ocurrencia entre un 10 al 100% |
| 2 | Una vez en 1,000 años | Posible, algunas posibilidades de ocurrencia, probabilidad de ocurrencia entre el 1 y 10% |
| 1 | Una vez en 10,000 años | Improbable, mínima o ninguna probabilidad de ocurrencia, probabilidad de ocurrencia menor al 1% |

CRITERIOS UTILIZADOS PARA LA ASIGNACIÓN DE ÍNDICES DE CONSECUENCIAS.

| VALOR | SEVERIDAD | DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO O SEVERIDAD | | | | |
|-------|--|---|------------------------------------|---|---|---|
| | | PERSONAS | AMBIENTE | ECONOMÍA | OPERACIONES | PROPIEDAD |
| 4 | CATASTRÓFICO Extremadamente peligroso | Muerte o lesiones fatales | Pérdidas de especies y subespecies | Pérdida total e incapacidad de reactivar el negocio | Parada total de la planta por más de un mes | Más del 50% de la propiedad con severos daños. |
| 3 | CRÍTICO Altamente Peligroso | Lesiones graves a las personas. Desehabilidades permanentes | Daños graves a las especies | Pérdidas parciales que incapacitan temporalmente al negocio | Parada total de la planta o la mayor parte de ésta por más de 2 semanas | Más del 25% de la propiedad con severos daños. |
| 2 | MARGINAL Medianamente peligroso | Lesiones menores no deshabilitadoras | Organismos parcialmente afectados | Pérdidas menores que incapacitan al negocio temporalmente | Parada total de un área o sistema operativo de la planta por más de una semana. | Más del 10% de la propiedad con severos daños. |
| 1 | DESPRECIABLE Mínimo o ningún peligro | Tratamiento de primeros auxilios | No hay impacto en el ambiente | Pérdidas menores que no incapacitan al negocio | Parada total de un área o sistema operativo de la planta por más de 24 horas. | Menos del 1% de la propiedad con severos daños. |

Con los índices de frecuencia y consecuencia, se calcula el índice de riesgo:

$$\text{Índice de Riesgo (R)} =$$

Índice de Frecuencia (F) X Índice de Consecuencia (C)

Para facilitar el cálculo, se realizara la ponderación de la frecuencia de la causa y la severidad de la consecuencia se procede a determinar los índices globales de riesgo, haciendo uso de la matriz de riesgo.

MATRIZ DE RIESGO POR NODOS ANALIZADOS DEL GAS LP.

| | | | | | |
|-------------------|----------|---------------------|----------|-----------|-----------|
| FRECUENCIA | 4 | 4 | 8 | 12 | 16 |
| | 3 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | CONSECUENCIA | | | |

A continuación se presenta la Tabla de resultados del análisis HAZOP, que considera las palabras guía, para cada una de las variables operativas definidas para el sistema con la determinación de la jerarquización de los riesgos potenciales resultantes:

ANÁLISIS DE OPERABILIDAD

| | | | |
|--|--|-------------------|---|
| SESIÓN / HOJA NODO: INTENCIÓN: PARÁMETRO: | I/1.1 | FECHA: Enero 2016 | SISTEMA: Estación de gas natural para uso vehicular |
| | Almacenamiento y descarga de GNC Almacenar GNC a una presión de operación de 250 bar, mediante el uso de 6 Unidades Móviles de almacenamiento, con capacidad de 9,000 Nm ³ . Las Unidades Móviles se conectarán al punto de descarga mediante una manguera para gas para de 250 bar con conexiones tipo face seal (Parker) calibre 10 con diámetro ½", para ser descargadas por efecto de las Unidades Hidráulicas de Presión (UHP) a un flujo de ,200 m ³ /h con una presión de trabajo en el rango de 200 – 220 bar cada una. Flujo, presión, temperatura, corrosión. | | UNIDAD: Instalación de estación de gas natural para uso vehicular, en La Paz, Estado de México. UBICACIÓN: Av. Prolongación Puebla #13, colonia Los Reyes Acaquilpan, en el municipio de La Paz, Estado de México. |

| PARÁMETRO | PALABRA GUÍA | DESVIACIÓN | CAUSAS | CONSECUENCIAS | MEDIDAS DE SEGURIDAD | F | S | GRADO DE RIESGO | (R) RECOMENDACIONES |
|-----------|--------------|------------|--------|---------------|----------------------|---|---|-----------------|---------------------|
|-----------|--------------|------------|--------|---------------|----------------------|---|---|-----------------|---------------------|

| | | | | | | | | | |
|-------|----|--|---|---|---|---|---|----|---|
| Flujo | No | 1. No existe flujo de GNC hacia las UPH. | 1.1. La válvula de salida de gas se encuentra cerrada. | 1.1.1. No se tendrá abastecimiento de gas a la estación. | 1.1.1. Efectuar la revisión e inspección de las Unidades Móviles de Presión. | 1 | 3 | 3 | 1.1.1. Mantener la comunicación con el proveedor, quien deberá efectuar mantenimiento correctivo y preventivo a las Unidades Móviles de almacenamiento. |
| | | | 1.2. La válvula de salida de gas se encuentra en mal estado. | 1.2.1 No se tendrá abastecimiento de gas LP a la estación. | 1.2.1. Efectuar la revisión e inspección de las Unidades Móviles de Presión. | 2 | 4 | 4 | 1.2.1. Establecer programas de mantenimiento correctivo y preventivo que incluya los elementos que conforman el sistema de descarga de GNC. |
| | | | 1.3 La manguera de conexión, se encuentra en mal estado. | 1.3.1 La UPH no operará de manera adecuada | 1.3.1. Incluir en el programa de mantenimiento preventivo la inspección y revisión de las mangueras de descarga de GNC. | 3 | 4 | 12 | 1.3.1. Establecer programas de mantenimiento correctivo y preventivo que incluya los elementos que conforman el sistema de descarga de GNC. |
| | | | 1.4. Fuga en conexiones de la manguera de suministro por falta de | 1.4.1. El GNC se dispersa en la zona. En caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en | 1.4.1. Se contará con detectores de fuga de gas. 1.4.2. Las instalaciones eléctricas serán a | 3 | 3 | 9 | 1.4.1. Contemplar en caso de ser necesario, hacer el cambio de las conexiones, acorde al tiempo de vida indicado por el fabricante. |

| PARÁMETRO | PALABRA GUÍA | DESVIACIÓN | CAUSAS | CONSECUENCIAS | MEDIDAS DE SEGURIDAD | F | S | GRADO DE RIESGO | (R) RECOMENDACIONES |
|-----------|--------------|--|---|--|---|---|---|-----------------|---|
| | | | mantenimiento. | presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión. | prueba de explosión con el objetivo de no generar fuentes de ignición. 1.4.3. Se contará con un sistema de Protección contra incendios, extintores de 12 Kg de PQS y dos extintores rodantes de 100 Kg de PQS. | | | | |
| | | | 1.5. Ruptura y/o fisura de manguera de descarga de GNC. | 1.5.1. Fuga y dispersión en la zona de operación. En caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión. | 1.5.1. Se contará con válvula de seccionamiento a la entrada de cada una de las UHP. 1.5.2. Se contará con detectores de fuga de gas. 1.5.3. Las instalaciones eléctricas serán a prueba de explosión con el objetivo de no generar fuentes de ignición. 1.5.4. Se contará con un sistema de Protección contra incendios, extintores de 12 Kg de PQS y dos extintores rodantes de 100 Kg de PQS. | 3 | 4 | 12 | 1.5.1. Elaborar e implementar un procedimiento en caso de emergencia por fuga de GNC. 1.5.2. Realizar inspecciones periódicas del estado físico de las mangueras y válvulas de seccionamiento y en caso de ser necesario, aplicación de mantenimiento correctivo. 1.5.3 Incluir las inspecciones periódicas dentro del programa de mantenimiento preventivo, con una periodicidad adecuada. 1.5.4. En caso de ser necesario, hacer el cambio de las conexiones, acorde al tiempo de vida indicado por el fabricante. 1.5.5 Estandarizar el procedimiento en caso de emergencia por fuga de GNC. 1.5.6. Mantener al personal que integra las brigadas capacitado de acuerdo a las funciones a realizar. |
| Flujo | Menor | 2. El flujo suministrado de GNC a las UPH no | 2.1. La tubería se encuentra obstruida. | 2.1.1. El GNC se acumula gradualmente y genera una | 2.1.1. Se contará con válvula de seccionamiento a la | 1 | 3 | 3 | 3.1.1. Establecer programas de mantenimiento correctivo y preventivo. |

| PARÁMETRO | PALABRA GUÍA | DESVIACIÓN | CAUSAS | CONSECUENCIAS | MEDIDAS DE SEGURIDAD | F | S | GRADO DE RIESGO | (R) RECOMENDACIONES |
|-----------|--------------|--------------|--|---|---|---|---|-----------------|--|
| | | es adecuado. | | sobrepresión en el sistema que impide un flujo adecuado. | entrada de cada una de las UHP. 2.1.2. Se contará con detectores de fuga de gas. | | | | |
| | | | 2.2. Mala interconexión en accesorios de mangueras y tuberías. | 2.2.1. Fuga de GNC y dispersión en la zona. En caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión. | 2.2.1. Se contará con válvula de seccionamiento a la entrada de cada una de las UHP. 2.2.2. Se contará con detectores de fuga de gas. 2.2.3. Las instalaciones eléctricas serán a prueba de explosión con el objetivo de no generar fuentes de ignición. 2.2.4. Se contará con un sistema de Protección contra incendios, extintores de 12 Kg de PQS y dos extintores rodantes de 100 Kg de PQS. | 3 | 4 | 12 | 2.2.1. Someter el sistema de tubería a pruebas de confiabilidad (hermeticidad) antes de manejar el gas. 2.2.2. La instalación del sistema de GNC debe ser realizada por una compañía especializada en el rubro. 2.3.3. Incluir dentro del programa de mantenimiento preventivo a las instalaciones la inspección de los accesorios, con una frecuencia de 6 meses. 2.3.4. Cualquier cambio efectuado a las tuberías, como sustitución por daño, deberá ser verificado nuevamente por una unidad de verificación en materia gas natural. |
| | | | 2.3. Daño mecánico en la integridad de los recipientes que conforman las Unidades Móviles de Almacenamiento, causado por maniobras de estacionamiento. | 2.3.1. El flujo de GNC enviado a las UPH no es continuo, ya que la presión disminuye. 2.3.2. Fuga de GNC y dispersión en la zona. En caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es | 2.3.1. En las UHP cuando el consumo es menor de 1200 m ³ /h, el sistema queda operando con/sin presión. En el caso de que no haya consumo por más de 5 min, el conjunto moto-bomba será apagado. 2.3.2. Se contará con | 4 | 4 | 16 | 2.3.1. Los contenedores que forman parte de las unidades móviles deberán ser verificados e inspeccionados en su condiciones generales a la llegada de éstos a la estación, para verificar inexistencia de fugas. 2.3.2. El patio de trasvase deberá contar con un elemento estructural (tal como una pared) que impida la propagación del fuego sin |

| PARÁMETRO | PALABRA GUÍA | DESVIACIÓN | CAUSAS | CONSECUENCIAS | MEDIDAS DE SEGURIDAD | F | S | GRADO DE RIESGO | (R) RECOMENDACIONES |
|-----------|--------------|--|--|--|---|---|---|-----------------|---|
| | | | | posible provocar una explosión. | detectores de fuga de gas. 2.3.3. Se contará con un sistema de Protección contra incendios, extintores de 12 Kg de PQS y dos extintores rodantes de 100 Kg de PQS. | | | | comprometer su función estructural. 2.3.3. Se deberá implementar y estandarizar un procedimiento para el ingreso y salida de las Unidades de Almacenamiento de GNC, que contemple las medidas de seguridad adecuadas para conservar la integridad de las unidades, así como la protección a peatones y empleados. |
| Presión | Mayor | 3. El GNC recibido en las Unidades Móviles de almacenamiento está por encima de la presión prevista. | 3.1 Exceso de GNC dentro de los contenedores de almacenamiento. | 3.1.1 Apertura de la válvula de alivio de seguridad de la Unidad Móvil, por sobre pasar los niveles normales de presión. El GLP liberado al en caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión. | 3.1.1. La línea de distribución está seccionada por válvulas de control manual para cierre parcial del área. 3.1.2. Se contará con detectores de fuga de gas. 3.3.3. Se contará con un sistema de Protección contra incendios, extintores de 12 Kg de PQS y dos extintores rodantes de 100 Kg de PQS. | 2 | 4 | 8 | 3.1.1 Implementar un procedimiento de inspección de los elementos que conforman las Unidades Móviles de Almacenamiento, por lo menos con una frecuencia diaria. |
| | | 4. La válvula de salida de GNC de la Unidad Móvil se encuentra obstruida. | 4.1. El GNC no saldrá de las Unidades Móviles de presión, por lo que el tanque quedara presionado, que en condiciones de aumento de temperatura, la presión de los | 4.1.1. Apertura de la válvula de alivio de seguridad de la Unidad Móvil, por sobre pasar los niveles normales de presión. El GLP liberado al en caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una | 4.1.1. Cada Unidad Móvil de almacenamiento, contara con instrumentación para medición de sus parámetros de operación, que serán supervisados de manera regular. | 2 | 4 | 8 | 4.1.1. Solicitar al proveedor de GNC efectúe registros de la supervisión e inspección de las Unidades Móviles de Almacenamiento antes de efectuar el llenado de las unidades. 4.1.2. Establecer programas de mantenimiento correctivo y preventivo que incluya los elementos que conforman las Unidades Móviles de |

| PARÁMETRO | PALABRA GUÍA | DESVIACIÓN | CAUSAS | CONSECUENCIAS | MEDIDAS DE SEGURIDAD | F | S | GRADO DE RIESGO | (R) RECOMENDACIONES |
|-----------|--------------|---|---|--|--|---|---|-----------------|--|
| | | | contenedores aumentara, provocando la apertura de la válvula de alivio de presión. | fuelle de ignición es posible provocar una explosión. | 4.1.2. Cualquier variación en los parámetros monitoreados será registrada en las bitácoras operativas correspondientes, informando al supervisor en turno y al personal de seguridad de la estación, con el objetivo que se tomen las medidas adecuadas. | | | | Almacenamiento. 4.1.3. Destinar personal de la estación para actividades de seguridad y protección civil, como lo son: formación de brigadas, realizar simulacros, etc. |
| Presión | Menor | 5. Se presenta golpe en el cuerpo de alguno de los contenedores de GNC. | 5.1. Se presenta ruptura en contenedor de almacenamiento de GNC, por golpe causado por la realización de actividades de mantenimiento en áreas contiguas. | 5.1.1. Se presentan fuga de gas, con riesgo de provocar una explosión en caso de alcanzar un fuente ignición con probables daños al personal expuesto y a las instalaciones. | 5.1.1. Se contará con detectores de fuga de gas. 5.1.2. Se contará con un sistema de Protección contra incendios, extintores de 12 Kg de PQS y dos extintores rodantes de 100 Kg de PQS. | 2 | 4 | 8 | 5.1.1. Los contenedores que forman parte de las unidades móviles deberán ser verificados e inspeccionados en su condiciones generales a la llegada de éstos a la estación, para verificar inexistencia de fugas. 5.1.2. Establecer programas de mantenimiento correctivo y preventivo que incluya los elementos que conforman las Unidades Móviles de Almacenamiento. |
| | | 6. Las UPH no funcionan adecuadamente. | 6.1. El funcionamiento de las UPH, no es adecuado por lo que la presión interna de las Unidades Móviles de almacenamiento, presentan | 6.1.1. Las UPH al operar con flujos por debajo de su rango de operación normal, por un tiempo determinado, ésta se apaga de manera automática. | 6.1.1. Al pagarse las UPH se suspende en envío de GNC a las Unidades de suministro (surtidores). 6.1.2. Se contará con instrumentación adecuada para los parámetros de operación de las UPH, | 3 | 3 | 9 | 6.1.1. Las Unidades de Presión Hidráulicas y sus elementos deberán ser incluidos dentro del programa de mantenimiento preventivo de la estación, con la frecuencia que establece el fabricante. 6.1.2. Se deberá supervisar y registrar de manera continua la operación de las UPH. |

| PARÁMETRO | PALABRA GUÍA | DESVIACIÓN | CAUSAS | CONSECUENCIAS | MEDIDAS DE SEGURIDAD | F | S | GRADO DE RIESGO | (R) RECOMENDACIONES |
|-------------|--------------|--|--|--|--|---|---|-----------------|---|
| | | | presiones por debajo de sus rangos de operación normales. | | manipulas desde el Tablero de control. | | | | 6.1.3. Implementar registros de mantenimiento y operación de las UPH y sus elementos. |
| Temperatura | Mayor | 7. Exceso de temperatura del GNC dentro de los contenedores de almacenamiento de las Unidades Móviles de almacenamiento. | 7.1. Incremento sustancial de la temperatura ambiental del sitio de proyecto. | 7.1.1. Aumento de la presión interna de los recipientes de almacenamiento. | 7.1.1. Se contará con instrumentación adecuada para el monitoreo y control de temperatura en los recipientes de almacenamiento que serán supervisados de manera continua. El personal encargado del monitoreo y control de las variaciones del proceso se deberá contar con la capacitación adecuada. | 2 | 4 | 8 | 7.1.1. Mantener jornadas de capacitación del personal operativo de forma permanente. 7.1.2. Supervisar que los conocimientos impartidos en la capacitación sean aplicados en campo tanto en labores de mantenimiento como en la operación, para lo cual se debe calificar el trabajo individual de los operadores y localizar puntos débiles de operación. |
| | | | 7.2. Incendio en área cercana a las Unidades Móviles de Almacenamiento de GNC. | 7.2.1. Aumento de la presión interna de los recipientes de almacenamiento. | 7.2.1. Se dará aviso a la brigada contra incendio y evacuación, para activar los procedimientos de combate de incendios. 7.2.2. Se contará con instrumentación adecuada para el monitoreo y control de temperatura en los recipientes de almacenamiento que serán supervisados de manera continua. | 2 | 4 | 8 | 7.2.1. En caso de realizarse actividades de mantenimiento en áreas cercanas a los tanques de almacenamiento, estas deberán se supervisadas por personal de la estación. 7.2.2. Evitar realizar actividades de soldadura u otras que impliquen fuente de generación de calor, cercanas al patio de trasvase. 7.2.3. Colocar señalización prohibitiva de acceso en el área. |

| PARÁMETRO | PALABRA GUÍA | DESVIACIÓN | CAUSAS | CONSECUENCIAS | MEDIDAS DE SEGURIDAD | F | S | GRADO DE RIESGO | (R) RECOMENDACIONES |
|-----------|--------------|--|---|--|--|---|---|-----------------|---|
| | Menor | 8. Decremento de la presión interna en de las Unidades Móviles de almacenamiento. | 8.1. Condiciones ambientales adversas. | 8.1.1. Complicaciones en el bombeo de GNC hacia la zona de despacho, por no encontrarse en la temperatura adecuada para tener las características de gas comprimido. | 8.1.1. Se contará con instrumentación adecuada para el monitoreo y control de temperatura en las Unidades Móviles de Almacenamiento. 8.1.2. El personal encargado del monitoreo y control de las variaciones del proceso se deberá contar con la capacitación adecuada. | 2 | 3 | 6 | 8.1.1. Mantener jornadas de capacitación del personal operativo de forma permanente. 8.1.2. Supervisar que los conocimientos impartidos en la capacitación sean aplicados en campo tanto en labores de mantenimiento como en la operación, para lo cual se debe calificar el trabajo individual de los operadores y localizar puntos débiles de operación. |
| Corrosión | Además de | 9. Se presenta corrosión interna y externa en los contenedores de los recipientes de almacenamiento de las Unidades Móviles. | 9.1. Exposición a condiciones altas de humedad y falta de mantenimiento. Así como, exceso de humedad en las condiciones del GNC almacenado. | 9.1.1. Se puede presentar adelgazamiento de las paredes de los contenedores. | 9.1.1. Incluir la aplicación de pintura anticorrosiva en programas de mantenimiento. En su caso, aplicar mantenimiento mayor y/o sustitución de tanques y/o líneas | 4 | 4 | 16 | 9.1.1. Elaboración e implementación de un programa de mantenimiento preventivo. 9.1.2. Los contenedores que forman parte de las unidades móviles deberán ser verificados e inspeccionados en su condiciones generales a la llegada de éstos a la estación, para verificar inexistencia de fugas. |
| | | | 9.2. Termino de la vida útil de los contenedores de las Unidades Móviles de Almacenamiento. | 9.2.1. Daño a la estructura mecánica que puede causar fuga y formación de nube explosiva, inflamable. | 9.2.1. Incluir la aplicación de pintura anticorrosiva en programas de mantenimiento. En su caso, aplicar mantenimiento mayor y/o sustitución de tanques y/o líneas | 4 | 4 | 16 | |

Mediciones: Frecuencia: 1 a 4; Severidad: 1 a 4; Riesgo potencial: 1 a 16.

ANÁLISIS DE OPERABILIDAD

| | | | |
|--|--|-------------------|---|
| SESIÓN / HOJA NODO: INTENCIÓN: PARÁMETRO: | II/1.1 | FECHA: Enero 2016 | SISTEMA: Estación de gas natural para uso vehicular |
| | Distribución hacia Zona de despacho y surtidores | | UNIDAD: Instalación de estación de gas natural para uso vehicular, en La Paz, Estado de México. UBICACIÓN: Av. Prolongación Puebla #13, colonia Los Reyes Acaquilpan, en el municipio de La Paz, Estado de México. |
| | De las UHP el GNC será enviado a la zona de despacho mediante una tubería subterránea fabricada en acero al carbón cedula 160, con diámetro de 1", la tubería contará con bridas tipo socket con válvula de bola para corte de flujo de gas. | | |
| Flujo, presión, temperatura, nivel, corrosión. | | | |

| PARÁMETRO | PALABRA GUÍA | DESVIACIÓN | CAUSAS | CONSECUENCIAS | MEDIDAS DE SEGURIDAD | F | S | GRADO DE RIESGO | (R) RECOMENDACIONES |
|-----------|--------------|--|---|---|---|---|---|-----------------|--|
| Flujo | No | 10. No se tiene flujo en la tubería que alimenta a las Unidades de suministro. | 10.1. Las UPH no están funcionando adecuadamente. | 10.1.1. Al no haber flujo de GNC en el sistema no se podrá suministrar el gas a los cilindros de los vehículos automotores. | 10.1.1. El estado de la operación de las UPH será monitoreado desde el tablero de control, el cual será supervisado de manera continua. | 3 | 3 | 9 | 10.1.1. Las Unidades de Presión Hidráulicas y sus elementos deberán ser incluidos dentro del programa de mantenimiento preventivo de la estación, con la frecuencia que establece el fabricante. |
| | | | 10.2. Las Unidades Móviles de almacenamiento de GNC se encuentran vacías. | 10.2.1. No se suministra flujo de GNC hacia las Unidades de suministro (Surtidores). | 10.2.1. Prever la logística adecuada mantener la estación con existencia de GNC. | 2 | 1 | 2 | 10.1.2. Para el personal encargado de la supervisión de los equipos de medición y control, mantener jornadas de capacitación del personal de forma permanente. 10.1.3. Supervisar que los conocimientos impartidos en la capacitación sean aplicados en campo tanto en labores de mantenimiento como en la operación, para lo cual se debe calificar el trabajo individual de los operadores y localizar puntos |

| PARÁMETRO | PALABRA GUÍA | DESVIACIÓN | CAUSAS | CONSECUENCIAS | MEDIDAS DE SEGURIDAD | F | S | GRADO DE RIESGO | (R) RECOMENDACIONES |
|-----------|--------------|--|--|---|--|---|---|-----------------|--|
| | | | | | | | | | débiles de operación. |
| | | 11. No se tienen flujo de GNC a la salida de los surtidores. | 11.1. Las boquillas de llenado están saturadas, debido a que la presión de trabajo es mayor. | 11.1.1. No se tendrá flujo de GN para llenado de los tanques de los vehículos automotores. | 11.1.1. Los surtidores cuentan con una boquilla de llenado que no permite que la presión del gas natural se eleve más allá de los parámetros de operación. | 2 | 2 | 4 | 11.1.1. Implementar programa de mantenimiento preventivo, los surtidores y todos los elementos que lo conforman. 11.1.2. Al momento de efectuar el llenado de los tanques de los vehículos automotores, únicamente deberá realizarlo personal capacitado. |
| | | | 11.2. Las UHP no están operando adecuadamente en los rangos de presión adecuados, por lo que no envían flujo de GNC a los surtidores. | 11.2.1. No se tendrá flujo de GN para llenado de los tanques de los vehículos automotores. | 11.2.1. Las UPH al operar con flujos por debajo de su rango de operación normal, por un tiempo determinado, detienen su operación de manera automática. | 2 | 2 | 4 | 11.1.3. Las Unidades de Presión Hidráulicas y sus elementos deberán ser incluidos dentro del programa de mantenimiento preventivo de la estación, con la frecuencia que establece el fabricante. |
| | | 12. La manguera de llenado de los surtidores, se encuentra rota. | 12.1. La manguera de llenado se encuentra rota, a causa de atropellamiento por los vehículos automotores que cargan GN en la estación. | 12.1.1. Se presentan fuga de gas, con riesgo de provocar una explosión en caso de alcanzar un fuente ignición con probables daños al personal expuesto y a las instalaciones. | 12.1.1. Se contará detectores de gas colocados en el área. 12.1.2. Se contará con un sistema de Protección contra incendios, extintores de 12 Kg de PQS y dos extintores rodantes de 100 Kg de PQS. | 3 | 4 | 12 | 12.1.1. Implementar un procedimiento de inspección y verificación del buen estado de las Unidades de suministro que deberá llevarse a cabo al inicio de cada turno de trabajo. 12.1.2. Supervisar el únicamente personal capacitado opere las Unidades de suministro. |

| PARÁMETRO | PALABRA GUÍA | DESVIACIÓN | CAUSAS | CONSECUENCIAS | MEDIDAS DE SEGURIDAD | F | S | GRADO DE RIESGO | (R) RECOMENDACIONES |
|-----------|--------------|--|---|---|--|---|---|-----------------|--|
| | | | | | | | | | 12.1.1. Implementar programa de mantenimiento preventivo para los surtidores y todos los elementos que lo conforman. |
| | Menor | 13. Las conexiones de la tubería de distribución de GNC presentan fugas. | 13.1. No se realizan actividades de inspección, ni mantenimiento a las instalaciones de distribución de GNC | 13.1.1. Se presentan fuga de gas, con riesgo de provocar una explosión en caso de alcanzar un fuente ignición con probables daños al personal expuesto y a las instalaciones. | 13.1.1. Se comprobará regularmente la hermeticidad de las conexiones de la instalación, mediante una unidad de verificación aprobada en la materia. | 3 | 4 | 12 | 13.1.1. Inspección periódica del estado físico de la tubería y, en su caso, aplicación de mantenimiento correctivo. 13.1.2. Realizar la verificación del diseño y construcción de la instalación de aprovechamiento de GNC, a través de una unidad de verificación acreditada y aprobada. |
| | | 14. Se presenta flujo menor de GNC en las unidades de suministro. | 14.1. Las UPH no funcionan de manera adecuada. | 14.1.1. Se efectuará el paro de los equipos UHP y surtidores, debido a que la presión de operación es menor a los rangos establecidos. | 14.1.1. Si las condiciones de flujo y presión no se encuentran en los rangos normales de operación, las UPH y unidades suministro detendrán su funcionamiento. | 3 | 4 | 12 | 14.1.1. Implementar programa de mantenimiento preventivo, que incluya recorridos de supervisión para las Unidades de Suministro (Surtidores). |
| | | | 14.2. Fuga de gas LP en conexiones de la tubería de distribución de gas. | 14.2.1. Fuga de GN dispersión de nube de con riesgo de explosión. | 14.2.1. Se contará con detectores de gas. Así como, una red de agua contra incendio, alarmas visual y audible, sistema de paro de emergencia. | 3 | 4 | 12 | |
| | Mayor | 15. Se presenta alta presión en | 15.1 El sistema de bombeo de las UHP no está | 15.1.1. Posible daño en los equipos surtidores | 15.1.1. Se contará con instrumentación a lo largo de la línea para | 3 | 4 | 12 | 15.1.1. Elaboración e implementación de un programa |

| PARÁMETRO | PALABRA GUÍA | DESVIACIÓN | CAUSAS | CONSECUENCIAS | MEDIDAS DE SEGURIDAD | F | S | GRADO DE RIESGO | (R) RECOMENDACIONES |
|-----------|--------------|---|---|---|---|---|---|-----------------|---|
| | | surtidores de GN | funcionando adecuadamente. | de GN. | supervisar las condiciones de operación. | | | | de mantenimiento preventivo. |
| Presión | Mayor | 16. Se presenta alta presión en la línea de succión de la UHP. | 16.1 El sistema de bombeo de las UHP no está funcionando | 16.1.1. Posible daño en los equipos surtidores | 16.1.1. Se contará con instrumentación a lo largo de la línea para supervisar las condiciones de operación. 16.1.2. La UPH contarán con un tablero de control que permitirá monitorear sus condiciones de operación. | 3 | 3 | 9 | 16.1.1. Implementar un programa de mantenimiento que asegure que el personal operativo de la estación pueda detectar desviaciones en la operación de los equipos. 16.1.2. Elaboración e implementación de un programa de mantenimiento preventivo, para los equipos que forman parte de la estación. |
| | | 17. Se presenta alta presión en las Unidades de Suministro de GN. | 17.1. El flujo de GN bombeado desde las UPH es elevado, a causa de una deficiencia en tales unidades. | 17.1.1. Posible daño en partes internas de las Unidades de Suministro al no poder regular la presión. 17.1.2. Liberación de GN por el sistema de venteo de las Unidades de Suministro con el objetivo de regular la presión del mismo. | 17.1.1. Se contará con instrumentación a lo largo de la línea para supervisar las condiciones de operación. 17.1.2. La UPH contarán con un tablero de control que permitirá monitorear sus condiciones de operación. | 3 | 3 | 9 | 17.1.1. Implementar un programa de mantenimiento que asegure que el personal operativo de la estación pueda detectar desviaciones en la operación de los equipos. 17.1.2. Elaboración e implementación de un programa de mantenimiento preventivo, para los equipos que forman parte de la estación. |
| | Menor | 18. Se presenta baja presión en la manguera de suministro de | 18.1. El flujo de GN enviado desde las UPH es muy bajo, posible | 18.1.1. No es posible suministrar de manera adecuada el GN a los vehículos | 18.1.1. Se contará con instrumentación a lo largo de la línea para supervisar las | 3 | 4 | 12 | 18.1.1. Implementar programa de mantenimiento preventivo, los surtidores y todos los elementos |

| PARÁMETRO | PALABRA GUÍA | DESVIACIÓN | CAUSAS | CONSECUENCIAS | MEDIDAS DE SEGURIDAD | F | S | GRADO DE RIESGO | (R) RECOMENDACIONES |
|-----------|--------------|--|---|---|---|---|---|-----------------|---|
| | | gas natural a los vehículos, por lo que no es posible efectuar la operación. | causa falla en el equipo de bombeo. | automotores. | condiciones de operación. 18.1.2. La UPH contarán con un tablero de control que permitirá monitorear sus condiciones de operación. | | | | que lo conforman. 18.1.2. Al momento de efectuar el llenado de los tanques de los vehículos automotores, únicamente deberá realizarlo personal capacitado. 18.2.3. Las Unidades de Presión Hidráulicas y sus elementos deberán ser incluidos dentro del programa de mantenimiento preventivo de la estación, con la frecuencia que establece el fabricante. |
| | | | 18.2. Fuga por empaque por conexiones y bridas. | 18.2.1. Se presentan fuga de gas, con riesgo de provocar una explosión en caso de alcanzar un fuente ignición con probables daños al personal expuesto y a las instalaciones. | 18.2.1. Se contará con válvula de seccionamiento a la entrada de cada una de las UHP. 18.2.2. Se contará con detectores de fuga de gas. 18.2.3. Las instalaciones eléctricas serán a prueba de explosión con el objetivo de no generar fuentes de ignición. 18.2.4. Se contará con un sistema de Protección contra incendios, extintores de 12 Kg de PQS y dos extintores rodantes de 100 Kg de PQS. | 3 | 4 | 12 | |
| Corrosión | Además de | 19. Se presenta corrosión interna en tuberías de distribución de GN. | 19.1. Exposición a condiciones altas de humedad y falta de mantenimiento. | 19.1.1. Defecto en el cuerpo de tanques y/o líneas. 19.1.2. Pérdidas de presión en líneas de | 19.1.1. Incluir la aplicación de pintura anticorrosiva en programas de mantenimiento. | 4 | 4 | 16 | 19.1.1. Elaboración e implementación de un programa de mantenimiento preventivo. |

| PARÁMETRO | PALABRA GUÍA | DESVIACIÓN | CAUSAS | CONSECUENCIAS | MEDIDAS DE SEGURIDAD | F | S | GRADO DE RIESGO | (R) RECOMENDACIONES |
|-----------|--------------|------------|--------|---|--|---|---|-----------------|---------------------|
| | | | | distribución. 19.1.3. Fuga del combustible y posible conato de incendio. | 19.1.2. En su caso, aplicar mantenimiento mayor y/o sustitución líneas | | | | |

Mediciones: Frecuencia: 1 a 4; Severidad: 1 a 4; Riesgo potencial: 1 a 16.

Con el índice de riesgo evaluado, se procede a elaborar la correspondiente matriz para determinar la peligrosidad de cada evento.

MATRIZ DE RIESGO POR NODOS ANALIZADOS DEL GAS NATURAL

| | | | | | |
|-------------------|----------|---------------------|----------------------|------------------------------------|---|
| FRECUENCIA | 4 | 4 | 8 | 12 | 16 2.3, 9.1, 9.2, 19.1 |
| | 3 | 3 | 6 | 9 1.4, 6.1, 10.1, 16.1, 17.1 | 12 1.3, 1.5, 2.2, 12.1, 13.1, 14.1, 14.2, 15.1, 18.1, 18.2 |
| | 2 | 2 10.2 | 4 1.2, 11.1, 11.2 | 6 8.1 | 8 3.1, 4.1, 5.1, 7.1, 7.2 |
| | 1 | 1 | 2 | 3 1.1, 2.1 | 4 |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | CONSECUENCIA | | | |

| |
|---|
| Altamente peligroso para la estación |
| Peligroso para la estación |
| Moderadamente peligroso para la estación |
| muy Poco peligroso para la estación |

Las causas de la desviación serán disminuidas en su posibilidad de ocurrencia con la debida aplicación técnica y económica del programa de mantenimiento y una política corporativa de capacitación periódica, cumplimiento estricto de dichos programas, combinando la capacitación y responsabilidad del personal de estación.

En resumen los eventos que representan un riesgo altamente peligroso para la estación de suministro de GN, los cuales se encuentran en índices de riesgo con valores de 12 y 16, se describen en la siguiente tabla:

GAS NATURAL

| DESVIACIÓN DESCRIPCIÓN | No. | POSIBLES CAUSAS | EFEECTO |
|---|------|--|---|
| No existe flujo de GNC hacia las UPH. | 1.3 | La manguera de conexión, se encuentra en mal estado. | Se presentan fuga de gas, con riesgo de provocar una explosión en caso de alcanzar un fuente ignición con probables daños al personal expuesto y a las instalaciones. La UPH no operará de manera adecuada |
| No existe flujo de GNC hacia las UPH. | 1.5 | Ruptura y/o fisura de manguera de descarga de GNC. | Fuga y dispersión en la zona de operación. En caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión. |
| El flujo suministrado de GNC a las UPH no es adecuado. | 2.2 | Mala interconexión en accesorios de mangueras y tuberías. | Fuga de GNC y dispersión en la zona. En caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión. |
| La manguera de llenado de los surtidores, se encuentra rota. | 12.1 | La manguera de llenado se encuentra rota, a causa de atropellamiento por los vehículos automotores que cargan GN en la estación. | Se presentan fuga de gas, con riesgo de provocar una explosión en caso de alcanzar un fuente ignición con probables daños al personal expuesto y a las instalaciones. |
| Las conexiones de la tubería de distribución de GNC presentan fugas. | 13.1 | No se realizan actividades de inspección, ni mantenimiento a las instalaciones de distribución de GNC | Se presentan fuga de gas, con riesgo de provocar una explosión en caso de alcanzar un fuente ignición con probables daños al personal expuesto y a las instalaciones. |
| Se presenta flujo menor de GNC en las unidades de suministro. | 14.1 | Las UPH no funcionan de manera adecuada. | Se efectuará el paro de los equipos UPH y surtidores, debido a que la presión de operación es menor a los rangos establecidos. |
| | 14.2 | Fuga de gas LP en conexiones de la tubería de distribución de gas. | Fuga de GN dispersión de nube de con riesgo de explosión. |
| Se presenta alta presión en surtidores de GN | 15.1 | El sistema de bombeo de las UPH no está funcionando adecuadamente. | Posible daño en los equipos surtidores de GN. |
| Se presenta baja presión en la manguera de suministro de gas natural a los vehículos, por lo que no es posible efectuar la operación. | 18.1 | El flujo de GN enviado desde las UPH es muy bajo, posible causa falla en el equipo de bombeo. | No es posible suministrar de manera adecuada el GN a los vehículos automotores. |
| | 18.2 | Fuga por empaque por conexiones y bridas. | Se presentan fuga de gas, con riesgo de provocar una explosión en caso de alcanzar un fuente ignición con probables daños al personal expuesto y a las instalaciones |

| DESVIACIÓN DESCRIPCIÓN | No. | POSIBLES CAUSAS | EFECTO |
|---|------|---|---|
| El flujo suministrado de GNC a las UPH no es adecuado. | 2.3 | Daño mecánico en la integridad de los recipientes que conforman las Unidades Móviles de Almacenamiento, causado por maniobras de estacionamiento. | El flujo de GNC enviado a las UPH no es continuo, ya que la presión disminuye. Fuga de GNC y dispersión en la zona. En caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión. |
| Se presenta corrosión interna y externa en los contenedores de los recipientes de almacenamiento de las Unidades Móviles. | 9.1 | Exposición a condiciones altas de humedad y falta de mantenimiento. Así como, exceso de humedad en las condiciones del GNC almacenado. | Se puede presentar adelgazamiento de las paredes de los contenedores. |
| | 9.2 | Termino de la vida útil de los contenedores de las Unidades Móviles de Almacenamiento. | Daño a la estructura mecánica que puede causar fuga y formación de nube explosiva, inflamable. |
| Se presenta corrosión interna en tuberías de distribución de GN. | 19.1 | Exposición a condiciones altas de humedad y falta de mantenimiento. | Defecto en el cuerpo de tanques y/o líneas. Perdidas de presión en líneas de distribución. Fuga del combustible y posible conato de incendio. |

En materia de riesgo ambiental, la formación de una nube explosiva de GN y su subsecuente detonación, se establece como un suceso extremadamente peligroso, en donde la severidad del riesgo es elevada (Valor = 4), considerándose lo siguiente:

| VALOR | CLASE | GRAVEDAD O CONSECUENCIAS | |
|-------|--|---------------------------|------------------------------------|
| | | PARA LA VIDA Y LA SALUD | PARA EL MEDIO AMBIENTE |
| 4 | CATASTRÓFICO Extremadamente peligroso | Muerte o lesiones fatales | Pérdidas de especies y subespecies |

La probabilidad específica de estos eventos tiene un valor de 3, conforme lo siguiente:

| VALOR DE FRECUENCIA | ORDEN DE LA MAGNITUD | PROBABILIDAD O FRECUENCIA |
|---------------------|-----------------------------|---|
| 3 | 1% de probabilidad por año | Probable, Grandes posibilidades de ocurrencia, probabilidad de ocurrencia entre un 10 al 100% |
| 4 | 10% de probabilidad por año | Altamente probable, tiene una posibilidad de ocurrencia del 100% |

El riesgo específico de estos eventos es:

$$R = F \times C = 3 \times 4 = 12$$

(Eventos 1.3, 1.5, 2.2, 12.1, 13.1, 14.1, 14.2, 15.1, 18.1, 18.2)

$$R = F \times C = 4 \times 4 = 16$$

(Eventos 2.3, 9.1, 9.2, 19.1)

Un **Índice de Riesgo** con valor de **12 y 16**, según la Matriz de Interacciones se encuentra catalogado como:

ALTAMENTE PELIGROSO PARA LA ESTACIÓN

Considerando los criterios encontrados en el análisis HAZOP, los riesgos identificados para el Estación de gas natural para uso vehicular, en orden ascendente en cuanto a la posibilidad de afectaciones producidas son:

A. Fuga de GN por corrosión en Unidad Móvil de Almacenamiento de GNC.

| Situación | Incidente inesperado |
|--|----------------------|
| Fuga de GNC por orificio en el cuerpo de la Unidad Móvil de almacenamiento, de capacidad 9,000 m ³ , ocasionado por corrosión derivado de un mal mantenimiento. | Incendio, explosión |

B. Fuga de GN por falla en válvula alivio de presión de las Unidades Móviles de Almacenamiento.

| Situación | Incidente inesperado |
|--|----------------------|
| Fuga de GNC en Unidad Móvil de almacenamiento, de capacidad 9,000 m ³ . La contenedores se sobrepresionan, la válvula de seguridad releva, sin embargo una vez liberada la presión, esta no cierra (se atora), dejando escapar gas natural. | Incendio, explosión |

C. Fuga de GN por desconexión accidental de la manguera de llenado durante la operación de llenado de tanque de vehículo automotor.

| Situación | Incidente inesperado |
|---|----------------------|
| Fuga de GN por desconexión accidental de la manguera de llenado; el GN es recibido en los surtidores a razón de 1,200 m ³ /h y una presión de 200 – 220 bar, proveniente de las UPH. | Incendio, explosión |

D. Fuga total de Unidad Móvil de almacenamiento de GNC

| Situación | Incidente inesperado |
|---|----------------------|
| Ruptura de Unidad Móvil de almacenamiento de gas con liberación y explosión en el Patio de trasvase debido al incremento de la presión por flama o explosión en área cercana. | Incendio, explosión |

E. Fuga total de las tres (3) Unidades Móviles de almacenamiento de GNC

| Situación | Incidente inesperado |
|--|-----------------------------|
| Ruptura de las tres (3) Unidad Móvil de almacenamiento de gas con liberación y explosión en el Patio de trasvase debido al incremento de la presión por flama o explosión en área cercana. | Incendio, explosión |

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

II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

La determinación de los radios de afectación se dará a través de la aplicación de modelos matemáticos de simulación, del o los eventos máximos probables de riesgo identificados. Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, se utilizaron los criterios que se indican a continuación:

Características físicas y químicas de los combustibles Gas Natural

| PRODUCTO | LÍMITES DE EXPLOSIVIDAD | PRESIÓN DE VAPOR [lb/pulg ²] | PESO MOLECULAR | TEMPERATURA DE EBULLICIÓN [°C] |
|----------------------|-------------------------|--|----------------|--------------------------------|
| Gas Natural (Metano) | L.I. 4.5% L.S. 14.5% | --- | 18.2 | - 160 °C |

N.D. No disponible
Fuente hoja de seguridad

Criterios para definir las zonas de alto riesgo y amortiguamiento de la instalación.

| ZONA | INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA) | EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN) |
|-------------------------|---|--------------------------|
| Zona de Alto Riesgo | 5 KW/m ² ó 1,600 BTU/Pie ² h | 1.0 lb/pulg ² |
| Zona de Amortiguamiento | 1.4 KW/m ² ó 440 BTU/Pie ² h | 0.5 lb/pulg ² |

1. En modelaciones por toxicidad, se consideraron las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, se utilizó Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s.
2. Para el caso de simulaciones por explosividad, se consideró en la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento el 10% de la energía total liberada.

Conforme a las instrucciones descritas, se realiza la simulación de eventos a partir de la información proporcionada por la "Instalación y operación de una estación de suministro de gas natural para uso vehicular, municipio La Paz, Estado de México.", respecto a su diseño operativo. El simulador empleado para los eventos es el Simulador de Contaminación y Riesgos en Industrias (SCRI) v. 1.4 elaborado por Dinámica Heurística, S. A. de C. V.

Este tipo de modelaciones favorecerá al personal encargado de la seguridad para concentrar sus actividades de planificación sobre los riesgos específicos de un incidente

local (dentro de la Planta), o micro regional (fuera de ella).

El propósito fundamental es suministrar al personal de planeación, métodos integrados para evaluar el riesgo de la dispersión de una nube tóxica e incendio relacionado con el manejo y distribución de materiales peligrosos.

El programa no sólo aumenta el conocimiento de las características de eventos y riesgos de accidentes potenciales, sino proporciona las bases para la planeación de emergencias.

Se consideraron eventos de fuga para evaluar inflamabilidad y explosividad, las áreas consideradas para el análisis son las siguientes:

- Patio de trasvase
- Zona de despacho

Las evaluaciones del procesador se presentan en el **Anexos IV**, mientras que en las páginas siguientes se citan las síntesis de los diferentes escenarios y las memorias de cálculo soporte de los mismos.

Es importante señalar que las simulaciones que se presentan fueron realizadas observando las condiciones climatológicas y meteorológicas extremas del sitio en estudio, así como las propiedades específicas de la sustancia estudiada. La importancia de esta observación radica en el hecho de que, en caso presentarse alguno de los eventos definidos, no significa que se presentará el comportamiento que se determinó con la simulación, ya que las condiciones pueden ser completamente diferentes y pueden generar situaciones de menor riesgo.

A. Fuga de GN por corrosión en Unidad Móvil de Almacenamiento de GNC.

| Situación | Incidente inesperado |
|--|----------------------|
| Fuga de GNC por orificio en el cuerpo de la Unidad Móvil de almacenamiento, de capacidad 9,000 m ³ , ocasionado por corrosión derivado de un mal mantenimiento. | Incendio, explosión |

La fuga se manifiesta en el cuerpo de una de Unidad Móvil de Almacenamiento por fisura equivalente a 1" de diámetro en el cuerpo del tanque originada por corrosión, presentándose riesgo de explosión por acumulación del material fugado al entrar en contacto con una fuente de ignición. Al ser detectada, se ponen en funcionamiento el plan de emergencia para "taponar" la fuga; para controlar la fuga transcurre un tiempo de 5 minutos.

Consideraciones primarias

Es muy importante mencionar los siguientes aspectos considerados en la determinación del evento de riesgo:

Para la simulación del evento de riesgo, se empleó el modelo de Jet Fire (Chorro de fuego) y sobrepresión provocada por nubes explosivas, del programa *Simulador de Contaminación y Riesgos en Industrias (SCRI) v. 1.4 elaborado por Dinámica Heurística, S. A. de C. V.*

En resumen, se consideran las siguientes suposiciones inherentes al modelo:

1. Para el modelo de Chorro de fuego, la cantidad fugada se calcula con el modelo de simulación SCRI, la cual por quedar acumuladas y entrar en contacto con una fuente de ignición participan en un evento de nube explosiva.
2. Se considera a la temperatura ambiente.
3. La masa del material explosivo es comparada contra una carga equivalente de Trinitrotolueno (TNT).
4. Los efectos de obstáculos, edificios y del terreno no son considerados.
5. La explosión de una nube de gas no confinada (Unconfined Vapor Cloud Explosion), después de la fuga, el gas se dispersa, forma una nube de gas, y que al ser arrastrada por el viento viaja hasta encontrar una fuente de ignición, se generará una explosión de una nube de gas no confinada, causando daños severos a las instalaciones.

Modelación de CHORRO DE FUEGO y NUBE EXPLOSIVA / GN

Los datos considerados en la aplicación del modelo, son los siguientes:

| | |
|--|----------------------|
| Capacidad nominal del tanque de almacenamiento: | 9,000 m ³ |
| Temperatura de ebullición: Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas –Gas Licuado de Petróleo Elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica. | - 160 °C = 113.15 K |
| Temperatura ambiente: | 17 °C = 290.15 K |
| Temperatura promedio de almacenamiento: | 17 °C = 290.15 K |
| Presión interna: | 250 bar = 25,000 kPa |
| Peso molecular: Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias | 18.2 |

Químicas –Gas Natural Elaborada por PEMEX Gas y
Petroquímica Básica.

| | |
|---|----------------------------------|
| Relación de calor específico: | 1.3 |
| Densidad de los vapores (aire =1) @ 15.5°C: (aire) | 0.61 (más ligero que el aire) |
| Densidad del líquido (agua=1) @ 0-4°C: | 0.554 |
| Calor de vaporización: | 509,353.45055 J/kg |
| Diámetro de descarga: | 0.0254 m |
| Coeficiente de descarga del orificio: | 0.63 |

ESTIMACIÓN DE TASA DE DESCARGA GAS

Resultados:

| | |
|---------------------------|--------------------------|
| Tasa de emisión = | 13.7326 kg/s |
| Duración de la descarga = | 300 segundos (5 minutos) |
| Cantidad descargada = | 4,119.78 kg |
| Estado del material = | Gas |

Cantidad total descargada: **4,119.78 kg**

IMPORTANTE: La simulación se realizó considerando la cantidad descargada en un período de 5 minutos, estimándose como el tiempo pertinente para realizar el control de la emergencia (supresión de fuga).

El resumen de resultados de simulación de accidentes y la síntesis del escenario de riesgo (radios en metros), se presentan a continuación:

ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS

| | | | |
|--------------------------------|--|----------------------|---|
| PLANTA: | Instalación de estación de gas natural para uso vehicular, en La Paz, Estado de México. | LOCALIZACIÓN: | Av. Prolongación Puebla #13, colonia Los Reyes Acaquilpan, en el municipio de La Paz, Estado de México. |
| UNIDAD / ÁREA: | Patio de trasvase | | |
| DESCRIPCIÓN DEL RIESGO: | Fuga de GNC por orificio en el cuerpo de la Unidad Móvil de almacenamiento, de capacidad 9,000 m ³ , ocasionado por corrosión derivado de un mal mantenimiento. | | |
| NO. DE RIESGO: | RSG-001 | | |

DATOS FISCO QUÍMICOS

| | | | |
|------------------------------|---|------------------------|------|
| NOMBRE: | GN | STEL: | N.D. |
| PRESIÓN DE OPERACIÓN: | 250 bar | IDLH: | N.D. |
| FORMULA: | CH ₄ + C ₂ H ₆ + C ₃ H ₈ | TLV: | N.D. |
| PUNTO DE EBULLICIÓN: | - 160 °C | PESO MOLECULAR: | 18.2 |

RESUMEN DE RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE ACCIDENTES

| | | | |
|--|--------------|---|---------|
| RAPIDEZ DE DESCARGA DEL FLUIDO. | | INFLAMABILIDAD. | |
| FLUJO: | 13.7326 kg/s | RADIO AFECTADO: | 40.91 m |
| DURACIÓN: | 300 s | Longitud de flama: | 5.39 m |
| TOTAL DESCARGADO: | 4,119.78 kg | | |
| | | Zona de alto riesgo (5 Kw/m ²): | 40.91 m |
| EXPLOSIVIDAD | | Zona de amortiguamiento (1.4 Kw/m ²): | 75.34 m |
| Zona de alto riesgo (1.0 psi) | 289.46 m | | |
| Zona de amortiguamiento (0.5 psi) | 492.04 m | | |

SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros)

| | Inflamabilidad (5, 1.4 kw/m ²) | Explosividad (1.0, 0.5 psi) |
|-------------------------|---|--------------------------------|
| Zona de alto riesgo | 40.91 m | 289.46 m |
| Zona de amortiguamiento | 75.34 m | 492.04 m |

OBSERVACIONES:

Se consideró lo siguiente:
Velocidad máxima del viento =2 m/s
Dirección del viento dominantes = N/SO
Humedad relativa promedio: 58%

| | | | |
|----------------|------|------------------|-----|
| MODELO: | GETC | AUTORIZO: | LMV |
|----------------|------|------------------|-----|

B. Fuga de GN por falla en válvula alivio de presión de las Unidades Móviles de Almacenamiento.

| Situación | Incidente inesperado |
|--|----------------------|
| Fuga de GNC en Unidad Móvil de almacenamiento, de capacidad 9,000 m ³ . La contenedores se sobrepresionan, la válvula de seguridad releva, sin embargo una vez liberada la presión, esta no cierra (se atora), dejando escapar gas natural. | incendio, explosión |

Se fuga de GN en una de las Unidad Móvil de almacenamiento de 9,000 m³ a través de las válvula de seguridad; el tanque se sobrepresiona y las válvulas de seguridad relevan, sin embargo una vez liberada la presión, esta no cierra dejando escapar un volumen considerable de GN; este evento se considera de alto riesgo.

Consideraciones primarias

Es muy importante mencionar los siguientes aspectos considerados en la determinación del evento de riesgo:

Para la simulación del evento de riesgo, se empleó el modelo de Jet Fire (Chorro de fuego) y sobrepresión provocada por nubes explosivas, del programa *Simulador de Contaminación y Riesgos en Industrias (SCRI) v. 1.4 elaborado por Dinámica Heurística, S. A. de C. V.*

El evento considera que la fuga no puede ser controlada por las válvulas de seguridad, lo que considera que no hay control y se fuga un volumen considerable del total del tanque de almacenamiento, acumulándose el material fugado en forma de nube, la cual al entrar en contacto con una fuente de ignición explota. El tiempo total de fuga del gas se considerara de 10 minutos.

En resumen, se consideran las siguientes suposiciones inherentes al modelo:

1. Para el modelo de Chorro de fuego, la cantidad fugada se calcula con el modelo de simulación SCRI, la cual por quedar acumuladas y entrar en contacto con una fuente de ignición participan en un evento de nube explosiva.
2. Se considera a la temperatura ambiente.
3. La masa del material explosivo es comparada contra una carga equivalente de Trinitrotolueno (TNT).
4. Los efectos de obstáculos, edificios y del terreno no son considerados.
5. La presión de apertura de la válvula es de 273 bar.

6. Capacidad de la Unidad Móvil de almacenamiento es de 9,000 m³. Considerando el llenado se realiza al 100% de capacidad, por tratarse de una sustancia en estado gaseoso.
7. La explosión de una nube de gas no confinada (Unconfined Vapor Cloud Explosion), después de la fuga, el gas se dispersa, forma una nube de gas, y que al ser arrastrada por el viento viaja hasta encontrar una fuente de ignición, se generará una explosión de una nube de gas no confinada, causando daños severos a las instalaciones.

Modelación de CHORRO DE FUEGO y NUBE EXPLOSIVA / GN

Los datos considerados en la aplicación del modelo, son los siguientes:

| | |
|--|----------------------|
| Capacidad nominal del tanque de almacenamiento: | 9,000 m ³ |
| Temperatura de ebullición: Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas –Gas Licuado de Petróleo Elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica. | - 160 °C = 113.15 K |
| Temperatura ambiente: | 17 °C = 290.15 K |
| Temperatura promedio de almacenamiento: | 17 °C = 290.15 K |
| Presión interna: | 273 bar = 27,300 kPa |
| Peso molecular: Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas – Elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica. | 18.2 |
| Relación de calor específico: | 1.13 |
| Densidad del líquido (agua=1) @ 0-4°C: | 0.554 |
| Calor de vaporización: | 509,353.45055 J/kg |
| Diámetro de descarga: | 0.0254 m |

ESTIMACIÓN DE TASA DE DESCARGA GAS

Cada una de las Unidades Móviles de almacenamiento cuentan con una válvulas de seguridad que actúan por sobrepresión, las cuales serán calibradas a 273 bar.

Se considerará un flujo de descarga de GN por la válvula de seguridad = 872
kg/min.

$$\text{Volumen} = 872 \text{ kg/min} \times 10 \text{ min} = 8,715.72 \text{ kg}$$

El resumen de resultados de simulación de accidentes y la síntesis del escenario de riesgo (radios en metros), se presentan a continuación:

ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS

| | | | |
|--------------------------------|--|----------------------|---|
| PLANTA: | Instalación de estación de gas natural para uso vehicular, en La Paz, Estado de México. | LOCALIZACIÓN: | Av. Prolongación Puebla #13, colonia Los Reyes Acaquilpan, en el municipio de La Paz, Estado de México. |
| UNIDAD / ÁREA: | Patio de trasvase | | |
| DESCRIPCIÓN DEL RIESGO: | Fuga de GNC en Unidad Móvil de almacenamiento, de capacidad 9,000 m ³ . La contenedores se sobrepresionan, la válvula de seguridad releva, sin embargo una vez liberada la presión, esta no cierra (se atora), dejando escapar gas natural. | | |
| NO. DE RIESGO: | RSG-002 | | |

DATOS FISCO QUÍMICOS

| | | | |
|------------------------------|---|------------------------|------|
| NOMBRE: | GN | STEL: | N.D. |
| PRESIÓN DE OPERACIÓN: | 273 bar | IDLH: | N.D. |
| FORMULA: | CH ₄ + C ₂ H ₆ + C ₃ H ₈ | TLV: | N.D. |
| PUNTO DE EBULLICIÓN: | - 160 °C | PESO MOLECULAR: | 18.2 |

RESUMEN DE RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE ACCIDENTES

| | | | |
|--|-------------|--|---------|
| RAPIDEZ DE DESCARGA DEL FLUIDO. | | INFLAMABILIDAD. | |
| FLUJO: | 872 kg/min | RADIO AFECTADO: | 42.03 m |
| DURACIÓN: | 600 s | Longitud de flama: | 5.31 m |
| TOTAL DESCARGADO: | 8,715.72 kg | | |
| | | Zona de alto riesgo (5 Kw/m²): | 42.03 m |
| EXPLOSIVIDAD | | Zona de amortiguamiento (1.4 Kw/m²): | 77.39 m |
| Zona de alto riesgo (1.0 psi) | 371.60 m | | |
| Zona de amortiguamiento (0.5 psi) | 631.65 m | | |

SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros)

| | | |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| | Inflamabilidad | Explosividad |
| | (5, 1.4 kw/m ²) | (1.0, 0.5 psi) |
| Zona de alto riesgo | 42.03 m | 371.60 m |
| Zona de amortiguamiento | 77.39 m | 631.65 m |

OBSERVACIONES:

Se consideró lo siguiente:
Velocidad máxima del viento = 2 m/s
Dirección del viento dominantes = N/SO
Humedad relativa promedio: 58%

| | | | |
|----------------|------|------------------|-----|
| MODELO: | GETC | AUTORIZO: | LMV |
|----------------|------|------------------|-----|

- C. Fuga de GN por desconexión accidental de la manguera de llenado durante la operación de llenado de tanque de vehículo automotor.

| Situación | Incidente inesperado |
|---|----------------------|
| Fuga de GN por desconexión accidental de la manguera de llenado; el GN es recibido en los surtidores a razón de 1,200 m ³ /h y una presión de 200 – 220 bar, proveniente de las UPH. | Incendio, explosión |

La desconexión de produce por descuido del personal operativo o falla en el sistema de seguridad de la manguera de llenado, se considera que el GN suministrado a los vehículos automotores se da con un gasto de 1,200 m³/h y una presión de 200 – 220, el tiempo de fuga de gas será de 10 min, preseslptándose riesgo de explosión por acumulación del material fugado al entrar en contacto con una fuente de ignición.

Consideraciones primarias

Es muy importante mencionar los siguientes aspectos considerados en la determinación de los eventos de riesgo:

El modelo que se utilizará para simular este escenario es de Chorro de fuego (Jet Fire) y sobrepresión provocada por nubes explosivas, mencionados anteriormente. El efecto de explosividad que se puede producir por la ignición de una nube de vapor inflamable sin confinar, es una de las menos frecuentes pero con consecuencias más severas.

En resumen, se consideran las siguientes suposiciones inherentes al modelo:

1. Para el modelo de Chorro de fuego, la cantidad fugada será calculada con base en el gasto de operación de los surtidores, la cual por quedar acumuladas y entrar en contacto con una fuente de ignición participan en un evento de nube explosiva.
2. Se considera a la temperatura ambiente.
3. La masa del material explosivo es comparada contra una carga equivalente de Trinitrotolueno (TNT).
4. Los efectos de obstáculos, edificios y del terreno no son considerados.
5. La explosión de una nube de gas no confinada (Unconfined Vapor Cloud Explosion), después de la fuga, el gas se dispersa, forma una nube de gas, y

que al ser arrastrada por el viento viaja hasta encontrar una fuente de ignición, se generará una explosión de una nube de gas no confinada, causando daños severos a las instalaciones.

ESTIMACIÓN DE TASA DE DESCARGA GAS

Para determinar el volumen de GN fugado se presenta lo siguiente:

Datos

Gasto de descarga = 1,200 m³/h

Tiempo de descarga = 10 min

$$\begin{aligned} \text{Volumen de GN fugado} &= 1,200 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \left(\frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} \right) \left(\frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \right) (10 \text{ min}) \\ &= 200,000 \text{ L} \end{aligned}$$

Usando la ecuación de los gases ideales (usando CNTP) para calcular la masa del gas, se tiene lo siguiente:

Datos

P = 1 atm

T = 273.15 K

PM = 18.2 kg/mol

R = 0.082 L*atm/K*mol

$$\begin{aligned} PV &= nRT \\ n &= \frac{M}{PM} \end{aligned}$$

Despejando M (masa):

$$\begin{aligned} M &= PM \left(\frac{PV}{RT} \right) \\ M &= 18.2 \text{ mol} \left(\frac{1 \text{ atm} \times 200,000 \text{ L}}{0.082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \times 273.15 \text{ K}} \right) = 8,929.25 \text{ kg} \end{aligned}$$

Calculando el gasto másico de GN fugado:

$$\text{Gasto GN fugado} = \frac{8,929.25 \text{ kg}}{600 \text{ seg}} = 14.882 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

Modelación de CHORRO DE FUEGO y NUBE EXPLOSIVA / GN

Los datos considerados en la aplicación del modelo, son los siguientes:

Gasto de descarga de GN: 1,200 m³/h

| | |
|--|---------------------|
| Tiempo de descarga: | 5 min |
| Volumen de GN fugado: | 100,000 L |
| Masa de GN fugado: | 4,464.63 kg |
| Temperatura de ebullición: <small>Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas –Gas Licuado de Petróleo Elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica.</small> | - 160 °C = 113.15 K |
| Temperatura ambiente: <small>Los datos de temperatura, se tomaron de las consideraciones para la ingeniería del proyecto.</small> | 17 °C = 290.15 K |
| Presión de operación: | 220 bar = 2,200 kPa |
| Peso molecular (propano, n-butano, iso-butano): <small>Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas –Gas Natural Elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica.</small> | 18.2 |
| Densidad del líquido (agua=1) @ 0-4°C: | 0.554 |
| Calor de vaporización: | 509,353.45055 J/kg |

IMPORTANTE: La simulación se realizó considerando la cantidad descargada en un período de 5 minutos, estimándose como el tiempo pertinente para realizar el control de la emergencia (supresión de fuga).

El resumen de resultados de simulación de accidentes y la síntesis del escenario de riesgo (radios en metros), se presentan a continuación:

ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS

| | | | |
|--------------------------------|---|----------------------|---|
| PLANTA: | Instalación de estación de gas natural para uso vehicular, en La Paz, Estado de México. | LOCALIZACIÓN: | Av. Prolongación Puebla #13, colonia Los Reyes Acaquilpan, en el municipio de La Paz, Estado de México. |
| UNIDAD / ÁREA: | Patio de trasvase y zona de despacho | | |
| DESCRIPCIÓN DEL RIESGO: | Fuga masiva de GN por ruptura total de la tubería de distribución con 1" de diámetro, que conduce el GN de las Unidades Móviles de almacenamiento a los surtidores. | | |
| NO. DE RIESGO: | RSG-003 | | |

DATOS FISCO QUÍMICOS

| | | | |
|------------------------------|---|------------------------|------|
| NOMBRE: | GN | STEL: | N.D. |
| PRESIÓN DE OPERACIÓN: | 220 bar | IDLH: | N.D. |
| FORMULA: | CH ₄ + C ₂ H ₆ + C ₃ H ₈ | TLV: | N.D. |
| PUNTO DE EBULLICIÓN: | - 160 °C | PESO MOLECULAR: | 18.2 |

RESUMEN DE RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE ACCIDENTES

| | | | |
|--|---------------|--|---------|
| RAPIDEZ DE DESCARGA DEL FLUIDO. | | INFLAMABILIDAD. | |
| FLUJO: | 14.882 kg/seg | RADIO AFECTADO: | 42.60 m |
| DURACIÓN: | 600 s | Longitud de flama: | 0 m |
| TOTAL DESCARGADO: | 8,929.25 kg | Zona de alto riesgo (5 Kw/m²): | 42.60 m |
| EXPLOSIVIDAD | | Zona de amortiguamiento (1.4 Kw/m²): | 78.34 m |
| Zona de alto riesgo (1.0 psi) | 374.61 m | | |
| Zona de amortiguamiento (0.5 psi) | 636.77 m | | |

SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros)

| | Inflamabilidad (5, 1.4 kw/m ²) | Explosividad (1.0, 0.5 psi) |
|-------------------------|---|--------------------------------|
| Zona de alto riesgo | 42.60 m | 374.61 m |
| Zona de amortiguamiento | 78.34 m | 636.77 m |

OBSERVACIONES:

Se consideró lo siguiente:
Velocidad máxima del viento =2 m/s
Dirección del viento dominantes = N/SO
Humedad relativa promedio: 58%

| | | | |
|----------------|------|------------------|-----|
| MODELO: | GETC | AUTORIZO: | LMV |
|----------------|------|------------------|-----|

D. Fuga total de Unidad Móvil de almacenamiento de GNC

| Situación | Incidente inesperado |
|---|----------------------|
| Ruptura de Unidad Móvil de almacenamiento de gas con liberación y explosión en el Patio de trasvase debido al incremento de la presión por flama o explosión en área cercana. | Incendio, explosión |

La ruptura se produce por sobrepresión de los contenedores de almacenamiento, del orden de 375 bar por lo que el disco de ruptura de la Unidad Móvil se desprende provocando la fuga de la totalidad del gas almacenado que corresponde a 9,000 m³ de GN.

El GN fugado se dispersara en el área mezclándose con el aire hasta tener las condiciones de mezcla explosiva, que al encontrarse con una fuente de ignición producirá una explosión.

Consideraciones primarias

Es muy importante mencionar los siguientes aspectos considerados en la determinación del evento de riesgo:

El modelo que se utilizará para simular este escenario es sobrepresión provocada por nubes explosivas, mencionados anteriormente. El efecto de explosividad que se puede producir por la ignición de una nube de vapor inflamable sin confinar, es una de las menos frecuentes pero con consecuencias más severas.

En resumen, se consideran las siguientes suposiciones inherentes al modelo:

1. Se considera a la temperatura ambiente.
2. La masa del material explosivo es comparada contra una carga equivalente de Trinitrotolueno (TNT).
3. Los efectos de obstáculos, edificios y del terreno no son considerados.
4. La explosión de una nube de gas no confinada (Unconfined Vapor Cloud Explosion), después de la fuga, el gas se dispersa, forma una nube de gas, y que al ser arrastrada por el viento viaja hasta encontrar una fuente de ignición, se generará una explosión de una nube de gas no confinada, causando daños severos a las instalaciones.

Modelación de NUBE EXPLOSIVA

Los datos considerados en la aplicación del modelo, son los siguientes:

| | |
|---|----------------------|
| Capacidad nominal del tanque de almacenamiento: | 9,000 m ³ |
| Temperatura de ebullición: Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas –Gas Licuado de Petróleo Elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica. | - 160 °C = 113.15 K |
| Temperatura ambiente: Los datos de temperatura, se tomaron de las consideraciones para la ingeniería del proyecto. | 17 °C = 290.15 K |
| Presión interna: | 375 bar = 3,750 kPa |
| Peso molecular (propano, n-butano, iso-butano): Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas –Gas Licuado de Petróleo Elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica. | 18.2 |

ESTIMACIÓN DE TASA DE DESCARGA GAS

Datos

Volumen total de GN = 9,000 m³

$$\text{Volumen total GN} = 9,000 \text{ m}^3 \left(\frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \right) = 9,000,000 \text{ L}$$

Usando la ecuación de los gases ideales (usando CNTP) para calcular la masa del gas, se tiene lo siguiente:

Datos

P = 1 atm

T = 273.15 K

PM = 18.2 kg/mol

R = 0.082 L*atm/K*mol

$$PV = nRT$$
$$n = \frac{M}{PM}$$

Despejando M (masa):

$$M = PM \left(\frac{PV}{RT} \right)$$

$$M = 18.2 \text{ mol} \left(\frac{1 \text{ atm} \times 9,000,000 \text{ L}}{0.082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \times 273.15 \text{ K}} \right) = 7,313,055 \text{ kg}$$

Cantidad total descargada: **7,313,055**

El resumen de resultados de simulación de accidentes y la síntesis del escenario de riesgo (radios en metros), se presentan a continuación:

ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS

| | | | |
|--------------------------------|---|----------------------|---|
| PLANTA: | Instalación de estación de gas natural para uso vehicular, en La Paz, Estado de México. | LOCALIZACIÓN: | Av. Prolongación Puebla #13, colonia Los Reyes Acaquilpan, en el municipio de La Paz, Estado de México. |
| UNIDAD / ÁREA: | Patio de trasvase | | |
| DESCRIPCIÓN DEL RIESGO: | Ruptura de Unidad Móvil de almacenamiento de gas con liberación instantánea y explosión en el Patio de trasvase debido al incremento de la presión por flama o explosión en área cercana. | | |
| NO. DE RIESGO: | RSG-004 | | |

DATOS FISCO QUÍMICOS

| | | | |
|------------------------------|---|------------------------|------|
| NOMBRE: | GN | STEL: | N.D. |
| PRESIÓN DE OPERACIÓN: | 250 bar | IDLH: | N.D. |
| FORMULA: | CH ₄ + C ₂ H ₆ + C ₃ H ₈ | TLV: | N.D. |
| PUNTO DE EBULLICIÓN: | - 160 °C | PESO MOLECULAR: | 18.2 |

RESUMEN DE RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE ACCIDENTES

| | | | | | |
|--|--------------|--------------------|-----|---|-----|
| RAPIDEZ DE DESCARGA DEL FLUIDO. | | | | INFLAMABILIDAD. | |
| FLUJO: | --- | RADIO AFECTADO: | --- | | |
| DURACIÓN: | --- | Longitud de flama: | --- | | |
| TOTAL DESCARGADO: | 7,313,055 kg | | | Zona de alto riesgo (5 Kw/m ²): | --- |
| EXPLOSIVIDAD | | | | Zona de amortiguamiento (1.4 Kw/m ²): | --- |
| Zona de alto riesgo (1.0 psi) | 3,504.85 m | | | | |
| Zona de amortiguamiento (0.5 psi) | 5,957.68 m | | | | |

SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros)

| | | |
|-------------------------|---|--------------------------------|
| | Inflamabilidad (5, 1.4 kw/m ²) | Explosividad (1.0, 0.5 psi) |
| Zona de alto riesgo | --- | 3,504.85 m |
| Zona de amortiguamiento | --- | 5,957.68 m |

OBSERVACIONES:

Se consideró lo siguiente:
Velocidad máxima del viento =2 m/s
Dirección del viento dominantes = N/SO
Humedad relativa promedio: 58%

| | | | |
|----------------|------|------------------|-----|
| MODELO: | GETC | AUTORIZO: | LMV |
|----------------|------|------------------|-----|

E. Fuga total de las tres (3) Unidades Móviles de almacenamiento de GNC

| Situación | Incidente inesperado |
|--|----------------------|
| Ruptura de las tres (3) Unidad Móvil de almacenamiento de gas con liberación y explosión en el Patio de trasvase debido al incremento de la presión por flama o explosión en área cercana. | Incendio, explosión |

La ruptura se produce por sobrepresión de los contenedores de almacenamiento, del orden de 375 bar por lo que el disco de ruptura de la Unidad Móvil se desprende provocando la fuga de la totalidad del gas almacenado que corresponde a 27,000 m³ de GN.

El GN fugado se dispersara en el área mezclándose con el aire hasta tener las condiciones de mezcla explosiva, que al encontrarse con una fuente de ignición producirá una explosión.

Consideraciones primarias

Es muy importante mencionar los siguientes aspectos considerados en la determinación del evento de riesgo:

El modelo que se utilizará para simular este escenario es sobrepresión provocada por nubes explosivas, mencionados anteriormente. El efecto de explosividad que se puede producir por la ignición de una nube de vapor inflamable sin confinar, es una de las menos frecuentes pero con consecuencias más severas.

En resumen, se consideran las siguientes suposiciones inherentes al modelo:

1. Se considera a la temperatura ambiente.
2. La masa del material explosivo es comparada contra una carga equivalente de Trinitrotolueno (TNT).
3. Los efectos de obstáculos, edificios y del terreno no son considerados.
4. La explosión de una nube de gas no confinada (Unconfined Vapor Cloud Explosion), después de la fuga, el gas se dispersa, forma una nube de gas, y que al ser arrastrada por el viento viaja hasta encontrar una fuente de ignición, se generará una explosión de una nube de gas no confinada, causando daños severos a las instalaciones.

Modelación de NUBE EXPLOSIVA / GN

Los datos considerados en la aplicación del modelo, son los siguientes:

Capacidad unitaria de Unidades Móviles de almacenamiento: 9,000 m³

Capacidad total de almacenamiento: 27,000 m³

Temperatura de ebullición: - 160 °C = 113.15 K

Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas –Gas Licuado de Petróleo Elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica.

Temperatura ambiente: 17 °C = 290.15 K

Los datos de temperatura, se tomaron de las consideraciones para la ingeniería del proyecto.

Presión interna: 375 bar = 3,750 kPa

Peso molecular (propano, n-butano, iso-butano): 18.2

Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas –Gas Natural Elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica.

ESTIMACIÓN DE TASA DE DESCARGA GAS

Datos

Volumen total de GN = 27,000 m³

$$\text{Volumen total GN} = 27,000 \text{ m}^3 \left(\frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \right) = 27,000,000 \text{ L}$$

Usando la ecuación de los gases ideales (usando CNTP) para calcular la masa del gas, se tiene lo siguiente:

Datos

P = 1 atm

T = 273.15 K

PM = 18.2 kg/mol

R = 0.082 L*atm/K*mol

$$PV = nRT$$
$$n = \frac{M}{PM}$$

Despejando M (masa):

$$M = PM \left(\frac{PV}{RT} \right)$$

$$M = 18.2 \text{ mol} \left(\frac{1 \text{ atm} \times 27,000,000 \text{ L}}{0.082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \times 273.15 \text{ K}} \right) = 21,939,165.03 \text{ kg}$$

Cantidad total descargada: **21,939,165.03**

El resumen de resultados de simulación de accidentes y la síntesis del escenario de riesgo (radios en metros), se presentan a continuación:

ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS

| | | | |
|--------------------------------|--|----------------------|---|
| PLANTA: | Instalación de estación de gas natural para uso vehicular, en La Paz, Estado de México. | LOCALIZACIÓN: | Av. Prolongación Puebla #13, colonia Los Reyes Acaquilpan, en el municipio de La Paz, Estado de México. |
| UNIDAD / ÁREA: | Patio de trasvase | | |
| DESCRIPCIÓN DEL RIESGO: | Ruptura de las tres (3) Unidad Móvil de almacenamiento de gas con liberación y explosión en el Patio de trasvase debido al incremento de la presión por flama o explosión en área cercana. | | |
| NO. DE RIESGO: | RSG-005 | | |

DATOS FISCO QUÍMICOS

| | | | |
|------------------------------|---|------------------------|------|
| NOMBRE: | GN | STEL: | N.D. |
| PRESIÓN DE OPERACIÓN: | 250 bar | IDLH: | N.D. |
| FORMULA: | CH ₄ + C ₂ H ₆ + C ₃ H ₈ | TLV: | N.D. |
| PUNTO DE EBULLICIÓN: | - 160 °C | PESO MOLECULAR: | 18.2 |

RESUMEN DE RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE ACCIDENTES

| | | | |
|--|---------------|---|-----|
| RAPIDEZ DE DESCARGA DEL FLUIDO. | | INFLAMABILIDAD. | |
| FLUJO: | --- | RADIO AFECTADO: | --- |
| DURACIÓN: | --- | Longitud de flama: | --- |
| TOTAL DESCARGADO: | 21,939,165.03 | Zona de alto riesgo (5 Kw/m ²): | --- |
| EXPLOSIVIDAD | | Zona de amortiguamiento (1.4 Kw/m ²): | --- |
| Zona de alto riesgo (1.0 psi) | 5,054.87 m | | |
| Zona de amortiguamiento (0.5 psi) | 8,592.47 m | | |

SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros)

| | Inflamabilidad (5, 1.4 kw/m ²) | Explosividad (1.0, 0.5 psi) |
|-------------------------|---|--------------------------------|
| Zona de alto riesgo | --- | 5,054.87 m |
| Zona de amortiguamiento | --- | 8,592.47 m |

OBSERVACIONES:

Se consideró lo siguiente:
Velocidad máxima del viento = 2 m/s
Dirección del viento dominantes = N/SO
Humedad relativa promedio: 58%

| | | | |
|----------------|------|------------------|-----|
| MODELO: | GETC | AUTORIZO: | LMV |
|----------------|------|------------------|-----|

Los criterios para determinación de tiempos de fuga y los diámetros de fuga considerados en todas las simulaciones de riesgo realizadas se muestran en la siguiente tabla:

| Identificación evento | Situación | Tiempo de fuga y diámetro de fuga | Justificación |
|-----------------------|--|---|--|
| RSG-001 | Fuga de GNC por orificio en el cuerpo de la Unidad Móvil de almacenamiento, de capacidad 9,000 m ³ , ocasionado por corrosión derivado de un mal mantenimiento. | Fisura equivalente a 1" de diámetro en el cuerpo de la Unidad Móvil de Almacenamiento. Tiempo de fuga 5 minutos. | El diámetro equivalente del daño mecánico en la Unidad Móvil de Almacenamiento, se propuso con base en las condiciones de aislación y pintura del recipiente, siendo estos los factores más importantes a considerar, principalmente si se tienen sitios donde pueda colectarse humedad. Lo anterior aunado al mantenimiento preventivo proporcionado. El tiempo de fuga se considera como el tiempo pertinente para controlarla. |
| RSG-002 | Fuga de GNC en Unidad Móvil de almacenamiento, de capacidad 9,000 m ³ . La contenedores se sobrepresionan, la válvula de seguridad releva, sin embargo una vez liberada la presión, esta no cierra (se atora), dejando escapar gas natural. | El tiempo total de fuga del gas se considerara de 10 minutos. Se considerara un flujo de descarga de de GN por la válvula de seguridad = 872 kg/min. | No se consideró diámetro de fuga. Para este evento se calculó la masa total descargada de GN con base en las características de la válvula de alivio de presión. El tiempo de fuga se considera como el tiempo pertinente para controlarla. |
| RSG-003 | Fuga de GN por desconexión accidental de la manguera de llenado; el GN es recibido en los surtidores a razón de 1,200 m ³ /h y una presión de 200 – 220 bar, proveniente de las UPH. | El tiempo de fuga será 10 minutos. Se considerara un flujo de descarga de de GN por la manguera de suministro = 1,200 m ³ /h. | No se consideró diámetro de fuga. Para este evento se calculó la masa total descargada de GN con referencia en el gasto de descarga de GN que corresponderá a 1,200 m ³ /h y una presión de 200 – 220 bar, proveniente de las UPH. El tiempo de fuga se considera como el tiempo pertinente para controlarla. |
| RSG-004 | Ruptura de Unidad Móvil de almacenamiento de gas con liberación y explosión en el Patio de trasvase debido al incremento de la presión por flama o explosión en área cercana. | No se considera diámetro ni tiempo de fuga de GN. | No se consideró diámetro y tiempo de fuga. Para este evento se propone la fuga del volumen total de GN contenido en una (1) Unidad Móvil. |
| RSG-005 | Ruptura de las tres (3) | No se considera | No se consideró diámetro y tiempo |

| Identificación evento | Situación | Tiempo de fuga y diámetro de fuga | Justificación |
|-----------------------|--|-----------------------------------|---|
| | Unidad Móvil de almacenamiento de gas con liberación y explosión en el Patio de trasvase debido al incremento de la presión por flama o explosión en área cercana. | diámetro ni tiempo de fuga de GN. | de fuga. Para este evento se propone la fuga del volumen total de GN contenido en una (1) Unidad Móvil. |

II.2 INTERACCIONES DE RIESGO

En el **Anexo IV** se presenta, en planos a escala, los diferentes radios de afectación determinados en las diferentes corridas del modelo de simulación. En estos planos se pueden apreciar las instalaciones de la “*Instalación de estación de gas natural para uso vehicular, en La Paz, Estado de México.*” que se podrían ver afectadas en caso de una contingencia como las simuladas.

Las zonas de seguridad al interior y entorno de la instalación quedaron comprendidos tomando en cuenta los valores de 5 y 1.4 KW/m² para inflamabilidad, y 1.0 y 0.5 lbs/pulg² para explosividad, los cuales se resumen a continuación:

Evento RSG-001

Inflamabilidad

Los resultados de la simulación del evento RSG-001, para la zona de alto riesgo con respecto a chorro de fuego (jet fire), prevé afectaciones en aproximadamente el 50% de las instalaciones interiores de la estación, entre los que se incluye la Zona de Despacho, 3 Unidades de Suministro, Cuarto de residuos peligroso, cuarto eléctrico, parte del edificio administrativo y patio de maniobras.

Al exterior de la estación, el chorro de fuego producirá afectaciones en la Av. Prolongación Puebla, la cual es una calle altamente transitada por peatones que se dirigen o salen de la Estación del Metro La Paz; las vías del Sistema de Transporte Colectivo Metropolitano (Metro), antes de llegar a la Estación La Paz, también se verán afectadas. Éstas se encuentran en la colindancia este del sitio del proyecto.

Así como también, en el predio colindante oeste que se encuentra en desuso.

Explosividad

Para una nube explosiva formada por 4,119.78 kg de GN, los daños de la zona de alto riesgo prevén afectaciones en la totalidad de la estación así como en 250 m a la redonda, donde se ubican sitios de concentración masiva de personas, como lo es la Estación de Metro La Paz, terminal de la Línea A del Sistema de Transporte Colectivo, misma que cuenta con una paradero de transporte terrestre para los usuarios del METRO.

Al otro lado de la Av. Prolongación Puebla y Av. Pantitlán (separadas una de otra por las vías del METRO), a 32 m lineales del límite del predio del proyecto, en dirección este, se ubica el centro religioso La Iglesia de Dios en la cual se aglomeran personas en horas específicas durante del día, mismo que también se verá afectado por la nube explosiva.

La afectación de extiende hasta la Carretera Federal México Texcoco, en carriles de ambas direcciones, y calles de tránsito local cercanas a la estación, entre las que destaca la Calle Camino al Pozo, en la cual circulan vehículos de transporte público colectivo que entran y salen del paradero de la Estación La Paz.

En las inmediaciones al sitio del proyecto, se ubica el Hotel Saro, gasolinera PEMEX y tienda de conveniencia Oxxo, así como zonas con casas habitación que se verán afectadas en caso de presentarse una explosión.

La tabla resumen de los radios de afectación del evento RSG-001 se muestra a continuación:

| ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS | | | |
|----------------------------------|--|----------------------|--|
| PLANTA: | Instalación de estación de gas natural para uso vehicular, en La Paz, Estado de México. | LOCALIZACIÓN: | Av. Prolongación Puebla #13, colonia Los Reyes Acauilpan, en el municipio de La Paz, Estado de México. |
| UNIDAD / ÁREA: | Patio de trasvase | | |
| DESCRIPCIÓN DEL RIESGO: | Fuga de GNC por orificio en el cuerpo de la Unidad Móvil de almacenamiento, de capacidad 9,000 m ³ , ocasionado por corrosión derivado de un mal mantenimiento. | | |
| NO. DE RIESGO: | RSG-001 | | |

| SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros) | | |
|---|---|--------------------------------|
| | Inflamabilidad (5, 1.4 kw/m ²) | Explosividad (1.0, 0.5 psi) |
| Zona de alto riesgo | 40.91 m | 289.46 m |
| Zona de amortiguamiento | 75.34 m | 492.04 m |

Evento RSG-002

Inflamabilidad

Los resultados de la simulación del evento RSG-002, para la zona de alto riesgo con respecto a chorro de fuego (jet fire), presentará afectaciones al interior y exterior de la estación de GN vehicular, afectando el Patio de trasvase donde ubicaran el resto de las Unidades Móviles de Almacenamiento, dado ello por efecto de la llamarada podría provocarse un efecto domino o acumulativo, en caso de que no se contara con las medidas de seguridad adecuadas.

Al exterior de la estación se afectarán la Av. Prolongación Puebla, las vías del Metro antes

de llegar a la Estación La Paz, y la Av. Pantitlán, ubicadas todas en la colindancia este del sitio del proyecto. Así como también, en el predio colindante oeste que se encuentra en desuso.

La zona de amortiguamiento, prevé daños en menor magnitud, y está conformada en su mayoría por casas habitación, en la colindancia este, y el resto de la estación de servicio en dirección hacia el sur.

Explosividad

Los efectos o daños producidos por una nube explosiva formada por 8,715.72 kg de gas natural, serán similares a los señalados en el evento RSG-001, sin embargo, abarcaran una mayor superficie.

Entre entre éstos se tiene afectación en 650 m de de la Carretera Federal Texcoco México, ubicada a 170 m en dirección al norte, la afectación llega más allá de la carretera encontrándose al otro lado de ésta el CEDI de Holcim (empresa cementera), fábrica de papel, así como negocios locales de carrocercías, restaurantes y casas habitación.

En esta dirección la zona de amortiguamiento contiene infraestructura como lo es el Centro de Bachillerato Tecnológico Albert Einstein, la Preparatoria Oficial 7 dele Estado de México ubicados a 390 m aproximadamente desde la colindancia norte del predio, negocios locales y casa habitación.

En dirección suroeste la zona de riesgo abarca como puntos sobresalientes la estación La Paz del Metro y el paradero de transporte terrestre ubicado a un costado de ésta (ubicados a 200 m aprox.), el Rastro Frigorífico La Paz (empresa privada ubicada a 250 m aprox.) y parte del conjunto habitacional La Paz Topacio (ubicada a 280 m aprox.).

Finalmente, por la parte sureste, existen en su mayor parte casas habitación, negocios locales, vías férreas (ubicadas 100 m aprox.) y un canal de aguas negras (ubicado a 250 m aprox.)

La tabla resumen de los radios de afectación del evento RSG-002 se muestra a continuación:

ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS

| | | | |
|--------------------------------|--|----------------------|---|
| PLANTA: | Instalación de estación de gas natural para uso vehicular, en La Paz, Estado de México. | LOCALIZACIÓN: | Av. Prolongación Puebla #13, colonia Los Reyes Acaquilpan, en el municipio de La Paz, Estado de México. |
| UNIDAD / ÁREA: | Patio de trasvase | | |
| DESCRIPCIÓN DEL RIESGO: | Fuga de GNC en Unidad Móvil de almacenamiento, de capacidad 9,000 m ³ . La contenedores se sobrepresionan, la válvula de seguridad releva, sin embargo una vez liberada la presión, esta no cierra (se atora), dejando escapar gas natural. | | |
| NO. DE RIESGO: | RSG-002 | | |

| SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros) | | |
|--|---|--------------------------------|
| | Inflamabilidad (5, 1.4 kw/m ²) | Explosividad (1.0, 0.5 psi) |
| Zona de alto riesgo | 42.03 m | 371.60 m |
| Zona de amortiguamiento | 77.39 m | 631.65 m |

Evento RSG-003

Inflamabilidad

Los resultados de la simulación del evento RSG-003, para la zona de alto riesgo con respecto a chorro de fuego (jet fire), presentará afectaciones prácticamente en la totalidad de la infraestructura interior de la estación, como lo es el edificio administrativo, el patio de maniobras, la zona de despacho, y parte de la tienda de conveniencia.

Al exterior el daño se extiende a sobre la Av. Prolongación Puebla y las vías del Sistema del Transporte Colectivo Metro en un tramo antes de llegar a la Estación la Paz (colindantes al sitio del proyecto en dirección este).

Explosividad

Los efectos o daños producidos por una nube explosiva formada por 8,929.25 de gas natural, serán similares a los señalados en el evento RSG-002, abarcando prácticamente las mismas áreas señaladas ya que los radios de afectación resultantes de la simulación son similares.

Por otra parte, los daños esperados prevén ventanas hechas añicos, algunas estructuras sufren daños (para 0.5 psig) y demolición parcial de casas, se vuelven inhabitables (para 1 psig).

La tabla resumen de los radios de afectación del evento RSG-003 se muestra a continuación:

| ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS | | | |
|----------------------------------|---|----------------------|---|
| PLANTA: | Instalación de estación de gas natural para uso vehicular, en La Paz, Estado de México. | LOCALIZACIÓN: | Av. Prolongación Puebla #13, colonia Los Reyes Acaquilpan, en el municipio de La Paz, Estado de México. |
| UNIDAD / ÁREA: | Zona de despacho | | |
| DESCRIPCIÓN DEL RIESGO: | Fuga de GN por desconexión accidental de la manguera de llenado; el GN es recibido en los surtidores a razón de 1,200 m ³ /h y una presión de 200 – 220 bar, proveniente de las UPH. | | |
| NO. DE RIESGO: | RSG-003 | | |

| SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros) | | |
|---|---|--------------------------------|
| | Inflamabilidad (5, 1.4 kw/m ²) | Explosividad (1.0, 0.5 psi) |
| Zona de alto riesgo | 42.60 m | 374.61 m |
| Zona de amortiguamiento | 78.34 m | 636.77 m |

Evento RSG-004

Explosividad

Para el evento RSG-004, la nube explosiva simulada se forma con el gas natural del interior de una Unidad Móvil de Almacenamiento equivalente a 7,313,055 kg. Los efectos esperados por esta explosión abarcan radios de afectación del orden de 3.5 km para la zona de alto riesgo y de casi 6 km para la zona de amortiguamiento.

En el caso del evento RSG-005, la nube explosiva simulada se forma con el gas natural del interior de las tres (3) Unidades Móviles de Almacenamiento equivalente a 21,939,165.03 kg. Los efectos esperados por esta explosión abarcan radios de afectación del orden de 5 km para la zona de alto riesgo y de casi 9 km para la zona de amortiguamiento.

Dado que el proyecto se encuentra en una zona urbana que forma parte de la Zona Metropolitana del Valle de México, el área de afectación está comprendida por diversas colonias del propio Municipio de La Paz, tales como Los Reyes Acaquilpan, Villas del Sol, Emiliano Zapata, Ampliación Emiliano Zapata, Loma Encantada, Bosques de la Magdalena, El Pino, Lomas de San Isidro, 18 de Agosto, San Antonio Tlalpizahuac, Santa Cruz Tlalpizahuac, Estado de México, San Juan Tlalpizahuac, Tlacaalel, Santa Catarina, Santa Catrina Ampliación, Carlos Salinas de Gortari, San Miguel Teotongo, 2 de Marzo, Lomas de Altavista, Uprez, Paso de Minas, Ricardo Flores Magón, Valle de Los Reyes, Cuchilla de

Ancón, Tecamachalco, El Salado, San Sebastián, Las Alamedas, Magisterial, Magdalena Atlicopac, San Sebastián, Comunal San Agustín, Ejidos de San Agustín 2da Sección, Tepozanes, Villa de Tepozanes, Floresta, Valle de los Pinos, San Vicente.

Dichos sitios, albergan casas habitación, negocios locales, centros educativos de todos los niveles preescolar, primaria, secundaria, medio superior y superior, centros religiosos, zonas industriales, parques y deportivos, zonas arqueológicas, mercados, hospitales distribuidos a lo largo del Municipio.

El detalle de las zonas de mayor vulnerabilidad para este evento y el evento RSG-005, se presentan en la siguiente sección.

La tabla resumen de los radios de afectación del evento RSG-004 se muestra a continuación:

ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS

| | | | |
|--------------------------------|---|----------------------|---|
| PLANTA: | Instalación de estación de gas natural para uso vehicular, en La Paz, Estado de México. | LOCALIZACIÓN: | Av. Prolongación Puebla #13, colonia Los Reyes Acaquilpan, en el municipio de La Paz, Estado de México. |
| UNIDAD / ÁREA: | Patio de trasvase | | |
| DESCRIPCIÓN DEL RIESGO: | Ruptura de Unidad Móvil de almacenamiento de gas con liberación instantánea y explosión en el Patio de trasvase debido al incremento de la presión por flama o explosión en área cercana. | | |
| NO. DE RIESGO: | RSG-004 | | |

| SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros) | | |
|--|---|--------------------------------|
| | Inflamabilidad (5, 1.4 kw/m ²) | Explosividad (1.0, 0.5 psi) |
| Zona de alto riesgo | --- | 3,504.85 m |
| Zona de amortiguamiento | --- | 5,957.68 m |

Evento RSG-005

Explosividad

En el caso del evento RSG-005, la nube explosiva simulada se forma con el gas natural del interior de las tres (3) Unidades Móviles de Almacenamiento equivalente a 21,939,165.03 kg. Los efectos esperados por esta explosión abarcan radios de afectación del orden de 5 km para la zona de alto riesgo y de casi 9 km para la zona de amortiguamiento.

Este evento representa el máximo daño que puede causar la operación de la estación de

suministro de gas natural para uso vehicular, sin embargo su probabilidad de ocurrencia es muy baja, ya que la probabilidad que se fugue la totalidad del gas almacenado sin tomar medidas de precaución, preventivas y de seguridad adecuadas no es elevada.

La tabla resumen de los radios de afectación del evento RSG-005 se muestra a continuación:

| ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS | | | |
|----------------------------------|--|----------------------|---|
| PLANTA: | Instalación de estación de gas natural para uso vehicular, en La Paz, Estado de México. | LOCALIZACIÓN: | Av. Prolongación Puebla #13, colonia Los Reyes Acaquilpan, en el municipio de La Paz, Estado de México. |
| UNIDAD / ÁREA: | Patio de trasvase | | |
| DESCRIPCIÓN DEL RIESGO: | Ruptura de las tres (3) Unidad Móvil de almacenamiento de gas con liberación y explosión en el Patio de trasvase debido al incremento de la presión por flama o explosión en área cercana. | | |
| NO. DE RIESGO: | RSG-005 | | |

| SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros) | | |
|---|---|--------------------------------|
| | Inflamabilidad (5, 1.4 kw/m ²) | Explosividad (1.0, 0.5 psi) |
| Zona de alto riesgo | --- | 5,054.87 m |
| Zona de amortiguamiento | --- | 8,592.47 m |

La siguiente tabla muestra las zonas con mayor vulnerabilidad, más representativas localizadas en el radio de mayor afectación simulado para alto riesgo correspondiente a 5,054.87 m:

| No. | PUNTO DE INTERÉS | TIPO DE ASENTAMIENTO |
|--------------------------------------|---|----------------------|
| PARQUES Y ZONAS ARQUEOLÓGICAS | | |
| 1. | Área Federal Parque Ecológico el Salado | Zona Urbana |
| 2. | Zona Arqueológica Los Reyes | Zona Urbana |
| 3. | Parque Ecológico Deportivo el Zapote | Zona Urbana |
| 4. | Unidad Deportiva Soraya Jiménez | Zona Urbana |
| 5. | La Caldera | Zona Urbana |
| 6. | Zona Arqueológica Tlalpizahuatl | Zona Urbana |
| HOSPITALES | | |
| 7. | Hospital ISSSTE | Zona Urbana |
| 8. | Hospital IMSS | Zona Urbana |
| 9. | Hospital IMSS Ixtapaluca | Zona Urbana |
| 10. | Clínica Hospital Emiliano Zapata | Zona Urbana |

| No. | PUNTO DE INTERÉS | TIPO DE ASENTAMIENTO |
|-----------------------------|---|-------------------------------|
| 11. | Hospital Materno Infantil de Estado | Zona Urbana |
| CENTROS EDUCATIVOS | | |
| 12. | Preparatoria Publica Plantel 1 Iztapalapa | Zona Urbana |
| 13. | Escuela Preparatoria Oficial No.7 | Zona Urbana |
| 14. | Centro de Bachillerato Tecnológico Albert Einstein. | Zona Urbana |
| 15. | Centro de Bachillerato Tecnológico No. 1 Refugio Esteves Reyes. | Zona Urbana |
| 16. | Centro de Bachillerato Tecnológico e Industrial No. 6 | Zona Urbana |
| 17. | Conalep Los Reyes | Zona Urbana |
| 18. | Centro de Bachillerato Tecnológico No. 35 Leona Vicario | Zona Urbana |
| 19. | Centro de Bachillerato Tecnológico Dr. Leopoldo Rio de la Loza. | Zona Urbana |
| 20. | Conalep Plantel Ixtapaluca | Zona Urbana |
| 21. | Tecnológico de Estudios Superiores Oriente del Estado de México | Zona Urbana |
| 22. | Unidad de Estudios Superiores, La Paz | Zona Urbana |
| VÍAS DE COMUNICACIÓN | | |
| 23. | Carretera Federal México - Puebla | Vía de comunicación terrestre |
| 24. | Carretera Federal Texcoco - México | Vía de comunicación terrestre |
| 25. | Av. Pantitlán | Vía de comunicación terrestre |
| 26. | Eje 6 Sur | Vía de comunicación terrestre |
| 27. | Eje 8 Sur Calzada Ermita Iztapalapa | Vía de comunicación terrestre |

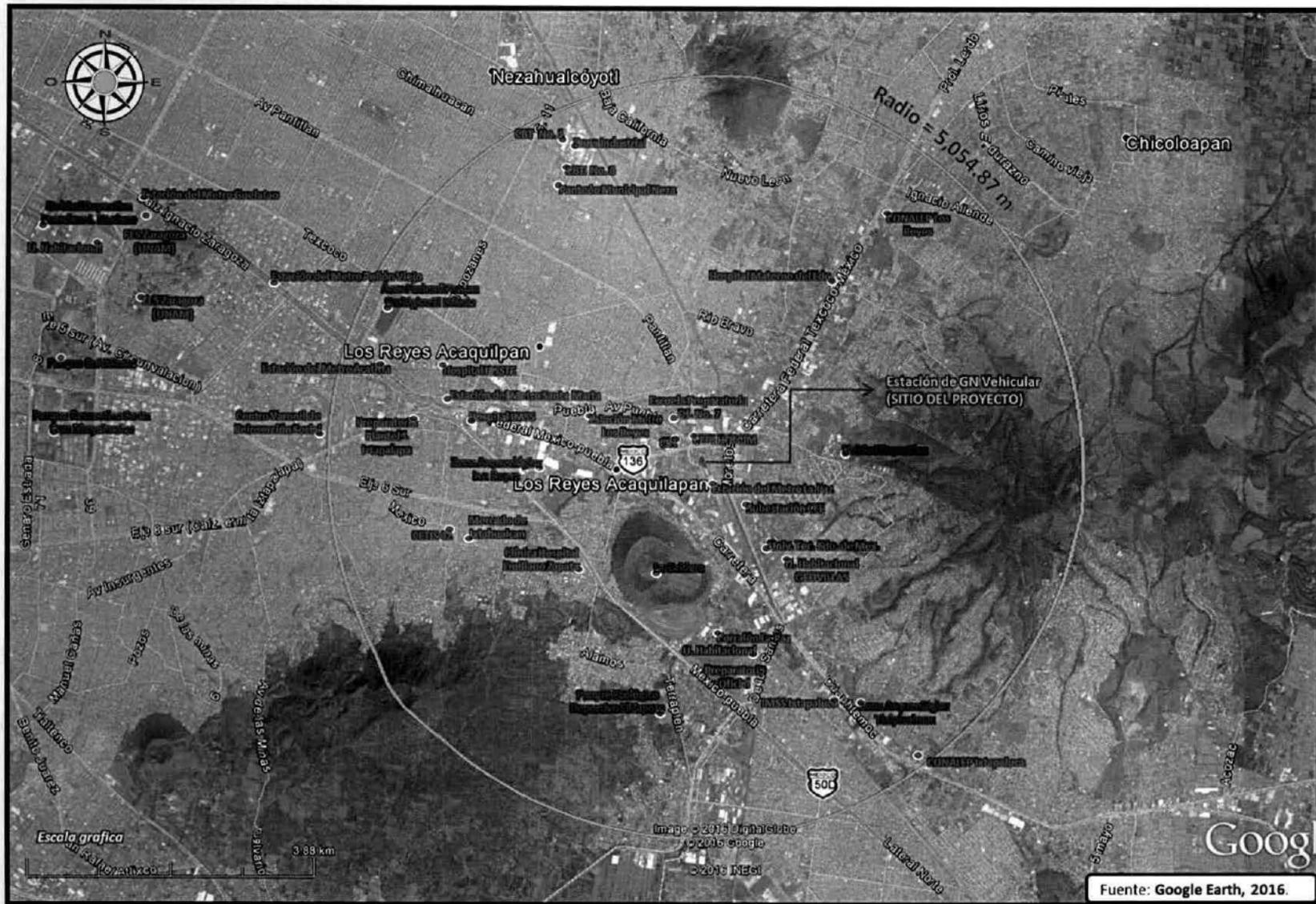


Figura 7. Zonas vulnerables

II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

Con base en los resultados del estudio de riesgos identificados y simulándose se identificaron los siguientes componentes ambientales que pudieran ser afectados:

| COMPONENTE AMBIENTAL | INDICADOR | SITUACIÓN Y DIAGNOSTICO |
|------------------------|--|--|
| MEDIO FÍSICO | | |
| Calidad del aire | Presencia o ausencia de fuentes de emisiones a la atmosfera. | <p>En el área de afectación del proyecto se producirán por la operación de la planta de emergencia con la que contará la instalación. La operación de dicha planta no se llevara de manera continua, ésta solo será puesta en marcha durante situaciones de emergencia en las que no se tenga suministro de energía eléctrica mediante la conexión con CFE.</p> <p>Por otra parte, se pueden generar emisiones fugitivas de gas natural (metano), en las conexiones tuberías e instrumentos de la instalación, así como en el sistema de venteo. Dado ello, la totalidad de los componentes de la instalación serán sometidos a inspecciones periódicas y mantenimiento preventivo que permitir asegurar su correcto funcionamiento.</p> |
| Ruidos y vibraciones. | Presencia o ausencia de fuentes de emisiones de ruido. | No se registran fuentes importantes de generación de ruido en la zona del proyecto que puedan afectar los alrededores. No obstante durante la etapa de operación del proyecto se prevé, realizar mediciones de ruido ambiental conforme lo establece la NOM-081-SEMARNAT-1994. |
| Hidrología superficial | Presencia o ausencia de contaminación de los ríos y cuerpos de agua. | <p>En el área de afectación directa del proyecto no existen ríos ni cuerpos de agua permanentes, por lo que el desarrollo y puesta en marcha del proyecto no tendrá afectación a cuerpos de agua superficial.</p> <p>Existe un canal de aguas negras localizado a 270 metros al Este del proyecto, éste no será afectado por la ejecución y operación del proyecto.</p> |
| Hidrología subterránea | Estado actual del acuífero (sobre explotado o sobrexplotado) | <p>De acuerdo al estudio de Mecánica de Suelos elaborado en el sitio del proyecto, el nivel de aguas freáticas no se detectó en la profundidad máxima explorada (20 metros de profundidad máxima.)</p> <p>El abastecimiento de agua para el proyecto, se pretende llevar a cabo a través de la interconexión a la red de agua potable del Municipio. El agua únicamente se utilizara para los servicios sanitarios de la instalación, no se utilizara para la operación de la</p> |

| COMPONENTE AMBIENTAL | INDICADOR | SITUACIÓN Y DIAGNOSTICO |
|--------------------------|--|---|
| | | <p>estación. Por lo que el impacto a este recurso es mínimo.</p> <p>Por su parte, el agua pluvial captada en las azoteas y cubierta del área de surtidores, será dirigida directamente un pozo de absorción con capacidad de 4.5 m³, mientras que el agua captada desde el patio de maniobras pasará primero por una trampa de grasas marca Ecodena con capacidad de 7 litros por segundo.</p> |
| Aprovechamiento de agua. | Factibilidad de servicios de interconexión en el sitio del proyecto. | <p>El abastecimiento de agua para el proyecto, se pretende llevar a cabo a través de la interconexión a la red de agua potable del Municipio. El agua únicamente se utilizara para los servicios sanitarios de la instalación, no se utilizara para el proceso de operativo de la estación por lo que el impacto a este recurso es mínimo.</p> <p>Asimismo, el agua residual generada por el uso de los sanitarios, serán direccionadas hacia un biodigestor autolimpiable con capacidad de 3,000 litros, que permitirá disminuir la concentración de contaminantes en la misma, para finalmente descargarla en la red de alcantarillado y drenaje del Municipio.</p> |

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

III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

El presente estudio, se realizó utilizando como apoyo los datos de la memoria técnica descriptiva de las instalaciones de la estación; sus planos mecánicos, civil, eléctrico, isométricos de flujo, sistemas contraincendio y arreglo general; se incluyen dispositivos de control y seguridad, sistemas automáticos para el control de las variables de proceso, así como de paro de emergencia, entre otras. Las recomendaciones que se indican están orientadas al mejoramiento de la operación y del mantenimiento de los equipos.

A continuación se describen las medidas preventivas tendientes a la prevención y minimización de riesgos.

Recomendaciones generales:

- Cualquier cambio, modificación o adición de equipo y accesorios de servicios y seguridad, se deberá evaluar por una Unidad Verificadora.
- Establecer y dar seguimiento al programa de capacitación para el personal de nuevo ingreso, así como cursos de actualización para el personal que ya labora en la estación.
- Contar con todos los permisos y registros correspondientes para la operación de la estación y llevar a cabo la actualización de aquellos que tengan vigencias definidas.
- Contar con pruebas que garanticen la operabilidad de los contenedores de las Unidades Móviles de Almacenamiento de por lo menos cada 5 años. Mantener un registro de los resultados obtenidos.
- Mantener las instalaciones de la Estación limpias y libres de materiales ajenos a las actividades que se realizan y que puedan propiciar algún accidente.
- Elaborar y aplicar el Programa para la prevención de Accidentes de Nivel Interno y Externo de la Estación.
- Incorporarse al Programa de protección Civil de la Localidad donde se ubica la Estación. Resaltando que el proyecto cuenta con el Dictamen aprobatorio de Protección Civil, en la cual menciona que el proyecto es viable, oficio SGG/CGPC/O-7557/15 emitido el 12 de noviembre de 2015 por la Coordinación de Protección Civil del Estado de México, con vigencia hasta el 24 de Noviembre de 2016 prorrogable. (Ver Anexo XI)
Sin embargo, deberá tramitar la Autorización de Inicio de Operaciones ante dicha coordinación.

- Supervisar la aplicación del procedimiento de descarga de Unidades Móviles de almacenamiento, verificando que la conexión de las mangueras de descarga sea adecuada.
- Supervisar la aplicación del programa de calibración de las válvulas de seguridad instaladas en todo el sistema de recepción, almacenamiento, distribución y suministro de GNC.
- Dar seguimiento a la aplicación y supervisar que se apliquen los procedimientos operativos de mantenimiento y seguridad implementados en la estación.
- Dar seguimiento y aplicar el programa de mantenimiento preventivo establecido por la estación para llevar a cabo los cambios y limpiezas de los accesorios, válvulas, mangueras, conectores, coples, manómetros y medidores de flujo.
- Supervisar en forma permanente la operación de recepción y suministro de las Unidades Móviles de almacenamiento de GNC a la estación.
- Instalar sistema de aterrizaje eléctrico.
- Elaborar procedimiento de preparación y respuesta a emergencias (Plan de emergencias)
- Elaborar un plan de ayuda mutua para la atención de emergencias en conjunto con las zonas industriales aledañas.
- Elaborar procedimiento de para de emergencias.
- Rotular rombo de comunicación de riesgos en todos los recipientes, tanques, tambores de las sustancias peligrosas.

La estación implementará como parte de las medidas para abatir el riesgo y minimizar su ocurrencia en instalaciones de este tipo, por el manejo de GN, los siguientes controles:

1. Manuales y procedimientos de operación para cada uno de los equipos involucrados en el proceso, como son: Unidades Móviles de Almacenamiento, Unidades Hidráulicas de Presión, Unidades de Suministro (Surtidores).
2. Hojas de Seguridad de GN y diesel.
3. Programas de capacitación y entrenamiento en las actividades operativas, así como en materia de seguridad y atención a emergencias.
4. Programas de mantenimiento eléctrico, mecánico, instrumentos y civil, el cual se estructura para un cumplimiento periódico que va desde un día hasta 60 meses.

Para que opere de manera eficiente y segura la estación de gas natural para uso vehicular será necesario, capacitar y adiestrar al recurso humano, instrumentar en conjunto con las autoridades municipales, estatales y federales la coordinación de acciones de emergencia ante un evento extraordinario, así como generar las alianzas necesarias con las empresas locales para la promoción y difusión de una respuesta por parte de un Comité Local de Ayuda Mutua.

Instrumentar con autoridades municipales la restricción de cualquier tipo de asentamientos irregulares y actividades no compatibles en las inmediaciones a la estación de gas natural para uso vehicular y sus componentes.

Hay que considerar que el diseño y la construcción del proyecto acatarán las más estrictas medidas de calidad establecidas a nivel internacional. En lo que respecta al mantenimiento y eficiencia, la empresa contará con programas estrictos de seguridad industrial y protección ambiental, así como con mecanismos de coordinación y programas de ayuda mutua; lo cual contribuya a disminuir los posibles riesgos inherentes a este tipo de proyectos.

Acciones contra incendios.

Con el fin de reducir un evento de incendio se contará con los procedimientos necesarios para la prevención de incendios, mismos que serán desarrollados e integrados en el Programa de Prevención de Accidentes a entregar en la etapa previa al arranque, el cual considerará como mínimo los siguientes procedimientos:

- Equipo Extintor y de Detección de Incendios en cuarto de control y áreas de operación.
- Implementación de brigadas.
- Planes de Seguridad Contra incendios
- Simulacros de Incendios
- Inspección y Prueba de Equipo
- Procedimientos Locales de Prevención de Incendios

Asimismo se debe observar los aspectos que apliquen para la estación en los siguientes puntos adicionales a la normatividad aplicable:

1. No exceder las condiciones de operación de diseño de las tuberías y de los equipos para evitar posibles daños a la instalación y el medio ambiente entorno a la estación de gas natural para uso vehicular.
2. Cumplir con los Planes y Programas de Mantenimiento, tanto preventivos como correctivos de todos los componentes que integran las instalaciones de este proyecto.
3. Observar estrictamente el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo para tomar acciones inmediatas cuando se presenten anomalías en cualquier elemento relacionado directamente con las instalaciones del Proyecto.
4. Se deberá contar con las Hojas de Seguridad (HDS) de las sustancias involucradas en la operación de la estación de gas natural para uso vehicular.
5. Realizar una bitácora de accidentes y/o fugas que se vayan presentando en las instalaciones de la estación.
6. Concientizar al personal operativo de la realización de trabajos en forma

- responsable. Para ello, es necesario informar a este personal mediante pláticas, señalamientos y boletines, sobre qué hacer en caso de que se presente un accidente.
7. Se recomienda contar con un programa de simulacros de emergencias, estrictos y completos.
 8. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo y correctivo a sistemas de control e instrumentación, para evitar su mal funcionamiento y deterioro, trayendo como consecuencia posibles eventos de riesgo en las instalaciones.
 9. Se deberán actualizar los planos y diagramas cada vez que se realice un cambio en la instalación o en su operación, (Diagramas de Tuberías de Instrumentación, Diagramas de Flujo de Proceso, procedimientos, etc.).
 10. Se recomienda que los operadores y el personal responsable de la operación de la estación de gas natural para uso vehicular, conozcan y manejen la metodología HAZOP, What If? u otra similar, de tal manera que puedan identificar riesgos al momento de llevar a cabo una modificación al proyecto o la ingeniería del mismo y/o sus componentes.
 11. Integrar los planes y programas de seguridad, Plan de Emergencias, rutas de evacuación, en un documento con base a los resultados obtenidos de este estudio de riesgo.
 12. Impartir con frecuencia cursos y programas de seguridad al personal de las áreas de proceso, para que el personal actúe de forma casi automática al presentarse un riesgo en las instalaciones.
 13. Concientizar al personal operativo de la realización de trabajos en forma responsable. Para ello, es necesario informar a este personal mediante pláticas, señalamientos y boletines, sobre qué hacer en caso de que se presente un accidente.
 14. Dentro de los procedimientos de seguridad para el mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones se incluyan todas las maniobras de operación y mantenimiento.
 15. Contar con los equipos de higiene, seguridad y protección personal, de acuerdo a lo establecido en las normas aplicables.
 16. Colocar avisos o señales alusivos a la seguridad-higiene para la prevención de riesgos de acuerdo a las normas aplicables.
 17. Elaborar un Programa de Seguridad e Higiene así como los programas y manuales específicos para la operación de la estación de gas natural para uso vehicular.
 18. Instalar y mantener en condiciones de funcionamiento, los dispositivos permanentes para los casos de emergencia y actividades peligrosas, que salvaguarden la vida y salud de los trabajadores, así como las instalaciones.
 19. Incluir en los procedimientos de operación normal de las instalaciones, check list para la detección y corrección de aspectos operativos anómalos.

III.1.1 Sistemas de seguridad

A continuación se describen las medidas preventivas tendientes a la prevención y minimización de riesgos.

- Mantener en buenas condiciones de funcionamiento y operabilidad el sistema contra incendio, incluyendo las bombas eléctricas, tuberías e hidrantes.
- Establecer un programa de revisión y recarga permanente y oportuna de los extintores portátiles de toda la estación y se mantenga vigente su carga en buenas condiciones y libre de obstrucciones para su uso en caso necesario.
- Establecer un programa de auditorías de seguridad para su implementación al menos una vez por año.

Por su parte, la estación contará con sistemas de control para su operación segura que consiste en términos generales de lo siguiente:

- Instalaciones eléctricas serán a prueba de explosión.
- Detectores de fuga de gases.
- Extintores y carteles de seguridad para orientación de los usuarios

Estos sistemas serán operados por personal capacitado y adiestrado, así como serán sometidos a mantenimientos preventivos que permitan una operación adecuada a durante la etapa de operación del proyecto.

Equipos de agua contra incendio y extinción

El Sistema Contra-Incendio dentro de la Instalación, operará a partir de un sistema de almacenamiento de agua de 22,860 L (cisterna de agua potable y sistema contra incendio), formado por un sistema de bombeo conectado a una red con tubería de 64 mm de diámetro de fierro galvanizado, presurizada a un mínimo de 7 Kg/cm². Los equipos consisten de:

- **Cisterna de agua potable y contra incendios:**
Se contará con una cisterna que abastecerá los servicios y la red contra incendio de la estación, tendrá una capacidad de 22,860 L y dimensiones de 3.00 x 6.00 x con un tirante útil de 1.27 m.

Se contará con un volumen de reserva exclusivo para el sistema contra incendio que será de 16,920 L, que será distribuido por el sistema de bombeo del sistema.

Isométrico del sistema de protección contra incendio, ver plano del **anexo VII**.

- **Bombas de agua contra incendio:**

- 1 Bomba Principal

- Operación con motor eléctrico tipo centrifuga, marca WDM, modelo HE-2-75 con succión y descarga de 64 mm y capacidad de 8.70 lpm contra una carga de 60m, motor eléctrico de 7 ½ Hp.

- 1 Bomba de Respaldo

- Operación con motor eléctrico, tipo centrifuga, marca WDM, modelo HE-2-7188 con succión y descarga de 64 mm y capacidad de 5.70 lpm contra una carga de 60m, motor eléctrico de 18 Hp.

- Bomba JOCKEY

- Operación con motor eléctrico, tipo centrifuga, marca WDM, modelo VSE-3-8-15 con succión y descarga de 50 mm y capacidad de 0.33 lpm contra una carga de 70m, motor eléctrico de 1 ½ Hp.

- **Hidrantes:**

- Los hidrantes estarán integrados por tubería de fierro galvanizado y una toma para manguera, conformadas por una válvula de bola, conexión rápida y tapón con cadena, todos en bronce.

- Para su localización, ver plano del **anexo VII**.

- **Extintores**

- El polvo químico seco: es una mezcla de productos químicos (principalmente Carbonato de Calcio) cuya acción provoca la extinción del fuego, reduciendo al 25% la atmósfera de oxígeno en el aire. Para mejor uso de la capacidad nominal de los extintores de polvo químico seco, de su alcance y tiempos de descarga se disponen a lo largo de la Estación de acuerdo a la necesidad.

- Se contará con extintores de 12 kg de polvo químico seco que se instalarán en el patio de transvase, en el área de surtidores y en oficinas. Además, contará con dos (2) extintores rodantes de 100 kg de polvo químico seco, tipo ABC.

- **Toma siamesa**

- Se contará con dos tomas siamesas ubicadas, la primera en el patio de trasvase y la segunda en el patio de maniobras. Éstas deberán tener las siguientes características:

- Se instalarán y conectarán al sistema contra incendio en una tubería de

- fierro galvanizado de diámetro nominal de 64 mm con rosca NPT estándar.
- Consistirá en una toma de latón brillo con dos líneas de entrada, en donde las dos líneas de entrada serán de cromo plateado.
 - Deberá contar con tapones BUSHING a 65 mm. (2 ½”), con rosca tipo NPT y cadena de 300 mm. De longitud fijada al tapón, todo en acabado cromo plateado.

Los planos de localización del sistema contra incendio dentro del arreglo general de la estación para el proyecto de *“Instalación y operación de estación de suministro de gas natural para uso vehicular, municipio La Paz, Estado de México.”* se muestran dentro del **Anexo VIII.**

III.1.2 Medidas preventivas

En la siguiente sección se presentan las medidas preventivas, programas de mantenimiento e inspección, así como los programas de contingencias que se aplicaran durante la operación normal del proyecto para evitar el deterioro del ambiente, además de aquellas medidas orientadas a la restauración de la zona afectada.

a) Programa de mantenimiento

Se deberá contar con un programa sistematizado de mantenimiento mediante el cual se administrarán, controlarán y organizarán las actividades de los equipos de proceso instalaciones y edificios. Se contará con procedimientos, programas, infraestructura, recursos humanos y materiales que minimicen los efectos al ambiente en caso de presentarse un incidente en la operación de la estación.

Para el manejo de sustancias peligrosas contará con un programa de seguridad y mantenimiento de instalaciones eléctricas a prueba de explosión, sistema de tierras físicas, pararrayos, revisión y manteniendo de válvulas de seguridad, detectores de gas, alarmas, equipos de proceso, tuberías, estructuras, edificios y sistema contra incendio adecuados a las necesidades de la instalación y suficientes para administrar el control del riesgo.

El programa de mantenimiento de los equipos e instalaciones se dividirá en los siguientes rubros:

- Mantenimiento mecánico.
- Mantenimiento eléctrico
- Mantenimiento civil
- Mantenimiento de instrumentación y control.

b) Programa de inspección

El programa de inspección y pruebas deberá incluir las siguientes actividades para la prevención de riesgos en las instalaciones:

- Revisión de los registros eléctricos, e instalaciones eléctricas a prueba de explosión.
- Inspección de botiquines de primeros auxilios.
- Evaluación del ruido del medio ambiente laboral, condiciones térmicas, iluminación y vibración de los diferentes puestos de trabajo.
- Revisión de los Unidades Móviles de almacenamiento, UHP y Unidades de suministro.
- Revisión y calibración de válvulas de alivio de presión.
- Inspección y verificación de extintores existentes en las diferentes áreas.
- Prueba a las alarmas, detectores de mezclas explosivas, detectores de flama y humo.
- Llevar a cabo pruebas semanales a los sistemas contra incendios.
- Programa de capacitación en materia de seguridad e higiene y protección ambiental.
- Pruebas de integridad mecánica de equipos y tuberías.
- Revisión y medición del sistema de tierras físicas.
- Simulacros operacionales, prácticas y simulacros contra incendio.
- Inspección de válvulas, accesorios, indicadores de campo (flujo, temperatura y presión)
- Medición de explosividad en registros.
- Programa permanente de orden y limpieza en talleres, almacenes, y áreas operativas.

Recordemos que las condiciones que conducen a un peligro de fuego y explosión en este tipo de instalaciones, son la formación de una mezcla aire – gas, en concentraciones dentro del rango de la inflamabilidad y la presencia simultánea de una fuente de ignición, que aporte la energía suficiente para generar un fuego y por el índice probabilístico también una explosión, dado que, la densidad del gas natural es 0.54 Kg/m^3 , es decir, menor a la del aire.

Por otra parte, de acuerdo al estudio la parte más vulnerable de la estación de la estación de almacenamiento es justamente el área de almacenamiento, por el gran volumen manejado, así como los equipos de compresión y bombeo, ya que es donde se presenta una mayor presión en conjunto con un aumento de temperatura y condiciones de vibración que pudieran afectar juntas en bridas que pudieran presentar una fuga.

IV. RESUMEN

IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

La instalación y operación de una estación de suministro de gas natural para uso vehicular, propiedad de **Comercializadora y Servicios Bexica, S.A. de C.V. SOFOM ENR**, supone el uso de sustancias químicas peligrosas, siendo el **Gas Natural (Metano)** el insumo de mayor interés en materia de riesgo ambiental, mismo que está considerado como sustancia peligrosa conforme al Artículo 4°, Fracción I, Inciso "a" del Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas, siendo la **cantidad de reporte** específica de dicha sustancia (gas natural) de 500 kg,

Se realizó el análisis de riesgo ambiental, mismo que inició con una metodología de tipo cualitativo, correspondiente al Análisis Histórico de Accidentes, consistente en estudiar algunas estadísticas de accidentes importantes registrados en el pasado en plantas similares o con productos idénticos o de la misma naturaleza.

Además, se analizó las características propias de la operación que se desarrolla en la instalación de suministro, permitiendo identificar anticipadamente algunos riesgos intrínsecos a la actividad. Para determinar y jerarquizar los riesgos de la instalación de suministro de gas natural, se consideraron factores de riesgo como: Características físico-químicas de las sustancias manejadas, cantidades de las sustancias peligrosas manejadas y condiciones de operación en el proceso.

Las metodologías que se utilizaron para la determinación del riesgo involucrado en el manejo de las sustancias de interés en la estación, son las metodologías conocidas como ¿Qué Pasa Si...? (What If...) y HAZOP (Hazard and Operability).

Para la Jerarquización de los riesgos identificados mediante la Metodología utilizada (HAZOP), se utilizó una Matriz de Interacciones, asignando un índice de frecuencia y un índice de consecuencias, tomando al producto de los dos índices para llegar a un índice individual.

Del análisis realizado, se determina que el accidente mayor relacionado al uso de Gas Natural, se refiere a una potencial fuga masiva del energético, considerando como la situación más adversa posible, es decir, que no se proporcione mantenimiento a la instalación. Este evento tendría graves consecuencias, debido a que se podría generar una nube explosiva, la cual puede desarrollarse en grandes espacios y, por tanto, sus daños son extensos en términos de su capacidad de desplazamiento en espacios abiertos.

La siguiente etapa del análisis de riesgo ambiental fue determinar cuáles serían las

consecuencias del posible evento no deseado, para ello se utilizó un programa electrónico de simulación a manera de poder cuantificar sus efectos.

En referencia al evento de riesgo relacionado con una potencial fuga de Gas Natural, formación de una nube explosiva y posterior detonación, se tendría interacción con las instalaciones, no necesariamente solo al interior de la estación de suministro, ya que se encuentran cercanas las vías del metro férreo.

En consideración de lo antes descrito, se establece que la operación de la estación de suministro es viable para INICIAR sus labores bajo las actuales condiciones, considerando la serie de requerimientos técnicos en la selección de sistemas e instalaciones de seguridad para la prevención y control de accidentes relacionados con el Gas Natural.

Con objeto de satisfacer lo anterior, es absolutamente necesario que se lleven a cabo todo el conjunto de recomendaciones técnicas y se mantengan los documentos de confiabilidad descritos en incisos preliminares, a manera de permitir una reducción substancial en la probabilidad de ocurrencia de eventos no deseados en la operación de la estación de suministro y, a su vez, la magnitud de éstos.

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

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

1. Control y manejo de las aguas residuales;
2. Control en el manejo de sustancias peligrosas para evitar el derrame y contaminación del suelo y del subsuelo;
3. Control de ruido ambiental;
4. Control en la generación de residuos peligrosos y no peligrosos; y
5. Control y administración del riesgo ambiental.

Atrayendo considerablemente la atención y control y la administración del riesgo ambiental, ya que el proyecto de *“Instalación y operación de una estación de suministro de gas natural para uso vehicular, municipio La Paz, Estado de México”*, contará con un programa de mantenimiento mediante el cual se administrarán, controlarán y organizarán las actividades de los equipos de proceso dentro de las instalaciones que la integran. Para el manejo de sustancias peligrosas se contará con un programa de seguridad y mantenimiento de instalaciones eléctricas a prueba de explosión, sistema de tierras

físicas, pararrayos, revisión y mantenimiento de válvulas de seguridad, detectores, alarmas y equipos de proceso, tuberías, estructuras, edificios, y sistema contra incendio adecuando a las instalaciones para mantener controlado el riesgo. El área de de abasto-almacenamiento, filtros, recipientes sujetos a presión, compresores, subestación, planta de emergencia y bombas contarán con acciones periódicas de inspección y mantenimiento (eléctrico, civil, mecánico e instrumentos) que tendrán por objeto revisar, controlar y mantener la integridad mecánica para prolongar la vida útil de los equipos.

La evaluación de las consecuencias de los eventos analizados se considera aceptable. Sin embargo, se deberá cumplir durante la construcción con las bases de diseño, ingeniería y planos de construcción, mientras que en la operación, se deberán observar los programas de mantenimiento, inspección y pruebas.

IV.3 PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO

El Informe Técnico se presenta dentro del **ANEXO VII**.

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

V.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN

V.1.1 Planos de localización

Los planos de localización se encuentran en el **Anexo I** del presente estudio

V.1.2 Fotografías

Ver **Anexo V**.

V.1.3 Videos

No se incluyen videos.

V.2 OTROS ANEXOS

Para el desarrollo del presente proyecto se contemplaron los siguientes anexos:

| | |
|-------------------|---|
| ANEXO I | Planos de la instalación |
| ANEXO II | Diagramas de Tubería e instrumentación (DTI's) |
| ANEXO III | Hojas de Datos de Seguridad (HDS) |
| ANEXO IV | Resultados de la simulación y memorias descriptivas |
| ANEXO V | Anexo fotográfico |
| ANEXO VI | Estudio de Mecánica de suelos |
| ANEXO VII | Informe técnico |
| ANEXO VIII | Planos de localización del sistema contra incendio |
| ANEXO IX | Diagramas de pétalos de los eventos simulados. |
| ANEXO X | Licencia de uso de suelo |
| ANEXO XI | Dictamen aprobatorio de Protección Civil |