

## Contenido

I.	Descripción del proyecto y/o instalación .....	3
I.1	Proyecto y/o Instalación .....	19
II.	Descripción detallada del proceso .....	21
III.	Descripción del Entorno .....	31
IV.	Análisis Preliminar de Riesgos .....	37
V.	Identificación, evaluación y análisis de riesgos.....	54
V.1	Análisis cualitativo de riesgo .....	56
V.1.1.	Identificación de peligros y evaluación de riesgos .....	56
V.1.2.	Jerarquización de escenarios de riesgo.....	60
V.2	Análisis Cuantitativo de Riesgo .....	64
V.2.1.	Análisis Detallado de Frecuencias .....	64
V.2.2.	Análisis Detallado de Consecuencias .....	64
V.2.3.	Representación en planos de los resultados de la Simulación de consecuencia (radios potenciales de afectación) .....	67
V.3	Análisis de Riesgo.....	68
V.3.1.	Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo .....	68
V.3.2.	Análisis de Vulnerabilidad.....	68
V.4.	Determinación de Medidas de reducción de Riesgo adicionales para Escenarios de Riesgo no tolerables y/o ALARP .....	73
VI.	Sistemas de Seguridad y Medidas para administrar los escenarios de riesgo.....	73
VII.	Conclusiones y Recomendaciones.....	80

## Índice de Figuras

Figura 1.	Ubicación del Proyecto (Municipal) .....	3
Figura 2.	Ubicación del proyecto (Sitio).....	4
Figura 3.	Módulos de la Estación de Descompresión.....	11
Figura 4.	Ubicación de Extintores .....	16
Figura 5.	Parte frontal y trasera del área de descompresión (regulación) .....	22
Figura 6.	CompactPRS-500 .....	24
Figura 7.	Ejemplo de Medidor Rotatorio.....	24
Figura 8.	Diagrama del Sistema de seguridad de la EDGN.....	27
Figura 9.	Rombo de identificación de riesgos de la NFPA-704 .....	31
Figura 10.	Vista lateral del equipo de descompresión .....	31
Figura 11.	Colindancias .....	32
Figura 12.	Ubicación del proyecto (detalle) .....	33
Figura 13.	Gráfica de dirección de Viento, octubre de 2018.....	35
Figura 14.	Emergencias ambientales reportadas a la PROFEPA .....	40
Figura 15.	Sustancias involucradas en emergencias .....	41
Figura 16.	Emergencias ambientales reportadas a la PROFEPA (Período 2000-2014) Número, Localización y Tipo de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA .....	42

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Figura 17. Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 – 2014) Número, Ubicación y Medio de Transporte de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA.....	43
Figura 18. Análisis estadístico de los daños a la población ocasionados por las emergencias ambientales .....	44
Figura 19. Emergencias notificadas en 2017: Total de emergencias 652 .....	44
Figura 20. Emergencias notificadas en 2017 .....	45
Figura 21. Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) .....	55
Figura 22. Dispositivos de seguridad en la estación .....	74

## Índice de Tablas

Tabla 1. Características de diseño (flujo) .....	5
Tabla 2. Características de diseño para área de regulación.....	5
Tabla 3. Características de diseño para área de medición.....	5
Tabla 4. Características generales de la Estación de Descompresión .....	6
Tabla 5. Factor de diseño por clase de localización .....	14
Tabla 6. Eficiencia de la junta longitudinal .....	15
Tabla 7. Factor por Temperatura .....	15
Tabla 8. Características de equipos principales .....	20
Tabla 9. Balance de Materia .....	25
Tabla 10. Equipos y accesorios .....	27
Tabla 11. Distancias entre las áreas de las Terminales .....	28
Tabla 12. Ubicación del proyecto y Estación de Descompresión .....	32
Tabla 13. Principales zonas colindantes del proyecto .....	34
Tabla 14. Ejemplo de la lista de verificación .....	38
Tabla 15. Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA .....	40
Tabla 16. Eventos ocurridos en México .....	47
Tabla 17. Distribución típica de las causas de fallas 1985-1999 .....	49
Tabla 18. Resultados índices del sistema .....	50
Tabla 19. Resultados índices con reducción.....	50
Tabla 20. Probabilidad de ocurrencia.....	57
Tabla 21. Ejemplo Hoja de Trabajo HazOp.....	58
Tabla 22. Resultados finales HazOp.....	58
Tabla 23. Jerarquización de riesgos en el Nodo 1 (Entrada a estación de descompresión previo a regulación). .....	61
Tabla 24. Jerarquización de riesgos en el Nodo 2 (Tubería de la estación de descompresión posterior a primera etapa de regulación).....	61
Tabla 25. Jerarquización de riesgos en el Nodo 3 (Salida de la estación de descompresión posterior a regulación y previo a conexión con infraestructura de usuario). .....	62
Tabla 26. Jerarquización de riesgos totales por nodo .....	62
Tabla 27. Tasa de Descarga.....	64
Tabla 28. Interacciones.....	68
Tabla 29. Resultados por nodo. ....	69
Tabla 30. Medidas de prevención y mitigación.....	70
Tabla 31. Recomendaciones Técnico-Operativas.....	75

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

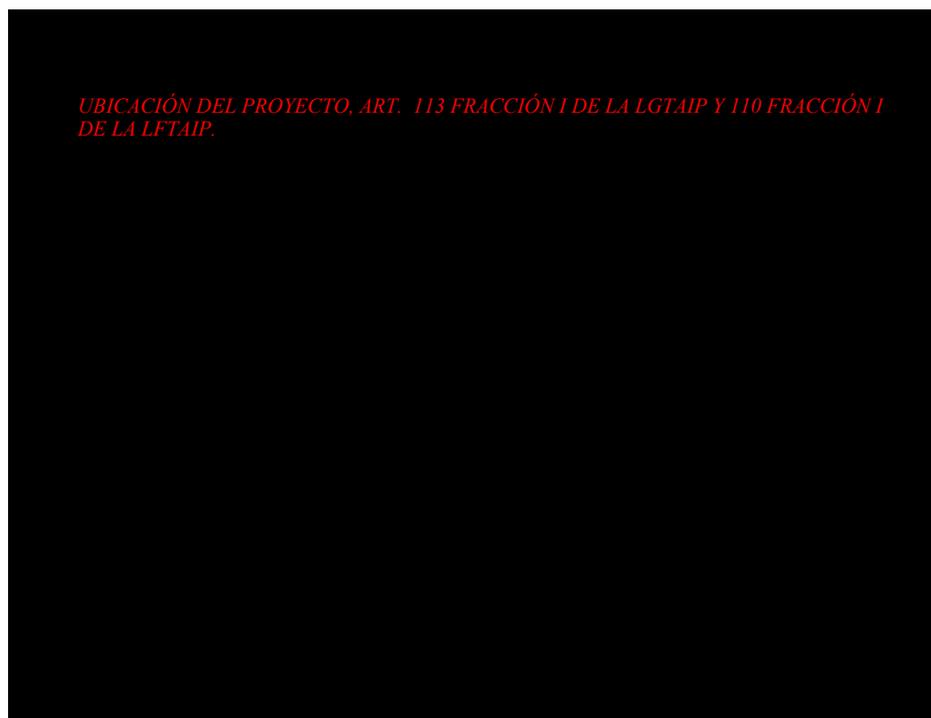
## I. Descripción del proyecto y/o instalación

El proyecto consiste en el diseño, construcción, puesta en marcha, operación y mantenimiento de una estación de descompresión de gas natural (EDGN) para suministrar directamente a equipos de consumo que se encuentran en una nave industrial perteneciente al usuario Forrajes Los Chapeteados, S.A. de C.V., en el municipio de San Miguel El Alto, Jalisco.

La EDGN se sujetará en todas sus etapas a las especificaciones y lineamientos establecidos aplicables en la NOM-010-ASEA-2016, Gas Natural Comprimido (GNC). Requisitos mínimos de seguridad para Terminales de Carga y Terminales de Descarga de Módulos de almacenamiento transportables y Estaciones de Suministro de vehículos automotores.

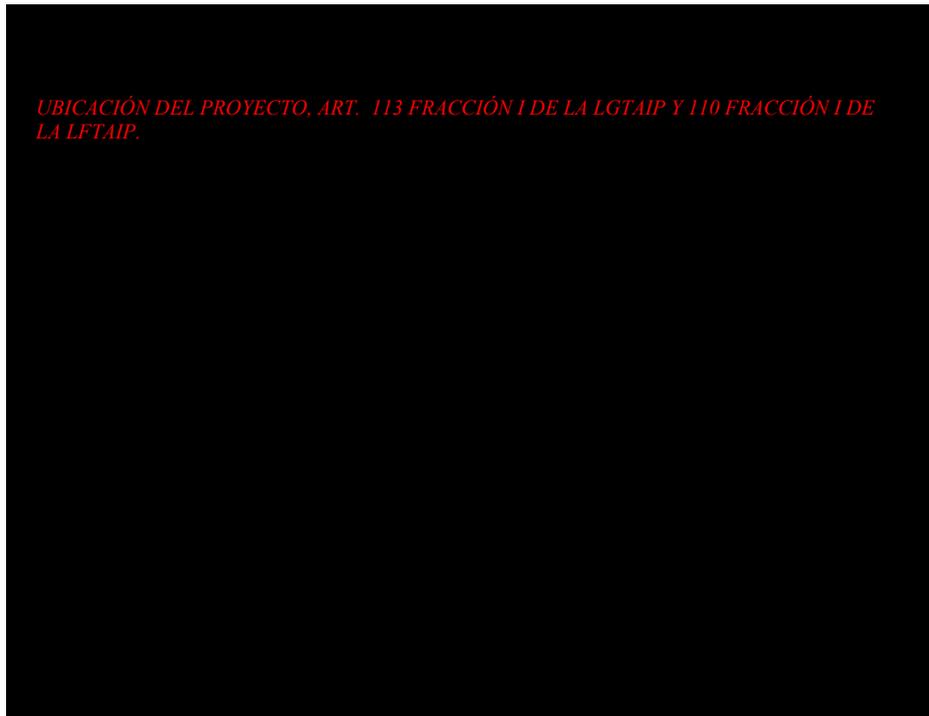
La Estación se conectará para obtener su suministro de un tráiler adaptado para el manejo del combustible. La descompresión se compondrá de dos módulos: regulación y medición.

La EDGN será instalada en los terrenos del usuario, al Noroeste de la empresa, y paralelo a la carretera San Miguel – San Julián, rodeado en su mayoría de terrenos baldíos a excepción de la infraestructura de Los Chapeteados, la infraestructura de la estación se encontrará en el municipio de San Miguel El Alto en el Estado de Jalisco, tal como puede apreciarse en las figuras siguientes.



*Figura 1. Ubicación del Proyecto (Municipal)*

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”



*Figura 2. Ubicación del proyecto (Sitio)*

La construcción e instalación de la Estación de Descompresión, junto con todas sus obras y sus componentes está contemplado en un período de 44 días, y la operación se plantea que inicie en el mes de diciembre 2018. Se puede consultar el Cronograma de Obra en el Anexo 4.3.

La Descompresora será una obra temporal, sin embargo, la operación está garantizada por 10 años, al término de este período se llevará a cabo el desmantelamiento de la estación, el cual se dará de forma muy rápida ya que debido a que son módulos, solo se desconecta de sus fuentes de suministro y servicios, se desmonta y se carga para su transporte, este paso se llevará en un máximo de 5 días. El cronograma de operación y desmantelamiento se pueden consultar en el Anexo 4.4 y 4.5.

### **Fundamentación Legal**

A pesar de que será una obra temporal y con un flujo no tan alto, se cuenta con alta presión dentro de su proceso de la estación de descompresión, por lo que, de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y el Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto y Riesgo Ambiental, y considerando las buenas prácticas de la empresa Neomexicana de GNC, S.A.P.I. de C.V. se presenta el siguiente estudio de riesgo ambiental para la actividad a realizar.

Fundamento legal para la presentación del estudio de riesgo ambiental: debido a que se maneja gas natural (en su composición mayormente metano, considerada como actividad altamente riesgosa a aquella que lo maneje: “ACUERDO por el que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Artículos 5o. Fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 Fracción XXXII y 37 Fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, listado de actividades altamente riesgosas”) y debido a que se realiza la actividad de descompresión (Artículo 5 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental) la cual requiere autorización de la Secretaría en Materia de Impacto Ambiental. Estos criterios cumplen con lo dispuesto en el artículo 30 y 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, donde se requiere la presentación de un Estudio de Riesgo bajo las condiciones mencionadas (sustancia y actividad) motivo por el cual se elabora el documento presente.

De acuerdo con que el proyecto corresponde al sector de Hidrocarburos, la competencia para la revisión y en todo caso aprobación corresponde a la Agencia de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA).

**Bases de diseño**

El objetivo principal de la estación de descompresión de gas natural (EDGN) es, recibir el gas natural comprimido (GNC) de un tráiler a una presión de 250 bar, reducir la presión a una útil para el usuario final (4.0 bar) y cuantificar el volumen de gas suministrado para fines de facturación en el área de medición (el consumo se estima en aproximadamente 310 m³/hr). Los parámetros de diseño de la EDGN son los siguientes:

*Tabla 1. Características de diseño (flujo)*

Flujo	
Diseño (m³/h)	Operación (m³/h)
500	310

*Tabla 2. Características de diseño para área de regulación*

Características	Parámetro	Entrada		Salida	
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
De operación	Presión (bar)	250	15	4.5	4
	Temperatura (°C)	55	0	25	20
De diseño	Presión (bar)	310	17	15.2	0.34
	Temperatura (°C)	65	-40	76	-28

*Tabla 3. Características de diseño para área de medición*

Entrada	Presión [bar]	0.34 a 15.2
	Temperatura [°C]	-28 a 76

Debido a la alta presión del GNC y la descompresión (baja de presión a través de regulación), es necesario instalar un sistema de calentamiento para precalentar el gas natural antes de cada etapa de reducción de presión, para mitigar el efecto de enfriamiento producido por la expansión del gas natural (Joules Thomson). De igual forma, la estación cuenta con un sistema de filtración, así como elementos de comunicación y control que permiten la operación segura de la misma, más adelante se describirán los puntos y elementos que la conforman.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Para el caso de la tubería que va a lo largo de la estación de descompresión, en este caso en específico el material que se empleará será de 1” de diámetro Acero Inoxidable (área de regulación) y sus conexiones entre módulos será a través de manguera flexible de 1” antes de regulación y manguera flexible de 1.5” para conectar con el módulo de medición; una vez que se entra al área o módulo de medición la tubería será Acero al carbón de 2” Ced. 40.

*Tabla 4. Características generales de la Estación de Descompresión*

Parámetro	Sistema Internacional	Unidades Inglesas
Capacidad máxima operativa del sistema	12,000 m <sup>3</sup> (N)/Día	423,776 pie <sup>3</sup> (N)/Día
Capacidad operativa del sistema	7,440 m <sup>3</sup> (N)/Día	262,741 pie <sup>3</sup> /Día
Máxima Presión permisible de operación (Presión de diseño)	31,000 kPa	4,500 psig
Presión de Operación	25,000 kPa	3,625 psig
Temperatura de diseño	-28 a 76 °C	168 F
Tubería	Tubing de Acero Inoxidable de 1” y manguera flexible de 1” y 1.5” Tubería de Acero al carbón de 2”	

### Preparación y Construcción

La etapa de preparación del sitio involucra el acondicionamiento del terreno el cual debe ser nivelado y el retiro de estructuras metálicas que se encuentran instaladas en la superficie a ocupar.

La etapa de construcción comprende la obra civil, la obra eléctrica y la instalación del equipo de descompresión.

Para este proyecto, se va a aprovechar el concreto existente en el patio de maniobras de la planta para la ubicación de los semirremolques. El área donde se instalará el equipo de descompresión de GN es terreno virgen, el cual deberá ser mejorado y limpiado de maleza para la construcción de losas. La construcción comprende el tendido de dos planchas de concreto, la instalación de la estación misma que se encontrará contenida dentro de un par de módulos (regulación y medición); así como la obra eléctrica correspondiente.

No se considera necesaria la remoción de ningún individuo arbóreo o arbustivo. Tampoco será requerido el consumo de agua en esta actividad.

#### a) Obra civil

El alcance de la obra civil es acondicionar el área para la ubicación de equipos para la instalación de aprovechamiento de gas natural, lo cual comprende: trabajos preliminares, dos tipos de losas (área de equipos de descompresión y área de paso peatonal de tránsito liviano), topellantas, instalación de malla ciclónica y entrada para semirremolques.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

- **Trabajos preliminares**
  - Excavación en caja a máquina de 30 a 40 cm de terreno para mejoramiento del mismo, solo en área de losas por proyecto.
  - Relleno con material inerte, compactado por medio mecánicos al 95% Proctor, adición de agua y cal.
  - Trazo y nivelación de terreno, estableciendo ejes de referencia y bancos de nivel.
- **Losas de equipo de descompresión**
  - Especificación de piso para los equipos de descompresión  
Concreto armado para resistir cargas de 2,000 Kg  
Cálculo y proyecto debe de ser hecho por la empresa ejecutante de la obra.
  - La base de la Descompresora deberá estar elevada 61 cm del NPT y deberá ser de un diámetro de 24”.
  - El contorno de la losa debe ser pintado de color amarillo, ver plano de obra civil y eléctrica del Anexo 1.4 y 1.5
- **Losa peatonal de tránsito liviano**
  - Especificación de piso para uso peatonal de tránsito liviano.  
Concreto ligero  
Cálculo y proyecto debe ser hecho por la empresa ejecutante de la obra
- **Topellantas**
  - La construcción de los topellantas se realizará después del concreto existente.
  - Especificación del concreto armado para las topellantas.  
Preparado para el impacto de las llantas
  - Los topellantas deben ser pintados de color amarillo con negro
  - Se debe dejar una barra de tierra física detrás de los topellantas para aterrizar los contenedores
  - Se deben pintar rayas amarillas de 10cm de ancho por 11 metros de largo para cajoneras de los contenedores
- **Instalación de la malla ciclónica**
  - Deberá ser de barra plana de hierro de 1½” x Ø 5/16”
  - Pilares de tubería de hierro redondo con pintura negro mate
  - Altura mínima de 2 metros
  - Malla metálica hecha de alambre de acero galvanizado y torcido
  - Se debe dejar disparo del sistema de tierra para aterrizar la malla ciclónica
- **Entrada de semirremolques**
  - Colocación de cadena de plástico con soporte de 3" de diámetro para postes acero carbono a una altura de 1.50 mts. rellenos de concreto

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

**b) Obra eléctrica**

La obra eléctrica incluye la red de sistema de tierras, instalación de centro de carga, interconexión centro de carga a descompresora, instalación de iluminación para intemperie con lámparas autodirigibles y ubicación del pararrayos, como se detalla a continuación:

- **Red de sistema de tierras**
  - Deberá realizarse de conformidad con lo dispuesto en la NOM-001-SEDE-2012
  - Todo el sistema de tierras debe ser calculado por la empresa ejecutante de la obra, así como calibres y tipo de cable a utilizar.
  - En el plano Obra civil y eléctrica que se encuentra en el Anexo 1.4 y 1.5, se indican los equipos a aterrizar.
  - Hacer mediciones de resistencia de suelo (resistividad del medio – OHM) factor de seguridad +2.0
  - Sistema de tierras único de malla cerrada con protección de sobretensión unido por soldaduras CADWELL
  - Factor de Utilización de 0.85
  - Todas las cercas perimetrales, equipos y puertas metálicas deben ser puestos a tierra.
  - Se debe dejar una barra de tierra en la parte posterior de los topellantas para aterrizar los contenedores.  
En caso de dudas, utilizar carga estática de baja tensión – 4.0 ohm
  
- **Tubería eléctrica enterrada**
  - Se instalará desde el centro de carga hasta el equipo de descompresión.
  - Incluye cable desde centro de carga a descompresora, cálculo de calibre a cable a utilizar es responsabilidad de empresa ejecutante de la obra.
  - La longitud aproximada de la tubería enterrada y cable es de 15 metros.
  - El conduit eléctrico debe ser conforme a las especificaciones de la norma NOM-001-SEDE-2012, artículo 501-10, inciso A), citado a continuación: *“Se permitirá usar tubo conduit no metálico, cuando esté recubierto por concreto con un espesor mínimo de 50 milímetros y que tenga una cubierta de cuando menos 60 centímetros medidos desde la parte superior del tubo conduit hasta el nivel del piso. Se debe usar tubo conduit metálico pesado roscado o tubo conduit metálico semipesado de acero roscado para los últimos 60 centímetros del tramo subterráneo hasta que salga de la tierra o hasta el punto de conexión con la canalización que vaya sobre el piso.”*
  - El diámetro del Conduit enterrado no debe ser menor a 1” de diámetro, para la interconexión de la descompresora y centro de carga.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

- El Conduit metálico debe ser de acero galvanizado pared gruesa roscado NPT a prueba de explosión.
  - El material de las conexiones acero galvanizado roscado NPT de acuerdo a ASME B 1.20.1
  - Tubería Conduit enterrada a una profundidad mínima de 600 mm del nivel del suelo
  - El cable desde el centro de carga a descompresora debe ser aprobados como adecuados para lugares húmedos.
  - Instalación de cople flexible a prueba de explosión conforme a NOM-001-SEDE-2012.
  - Se instalarán sellos EYS, a prueba de explosión de 1"Ø NPT a la entrada del equipo de descompresión y del centro de carga. El sello debe cumplir con lo estipulado en la NOM-001-SEDE-2012.
- **Centro de carga**
    - Contará con un espacio para alojar un medio de desconexión principal y una sección para derivados
    - Dentro del centro de carga debe llegar un punto de suministro eléctrico, el cual debe tener una potencia de 15KW con tensión de operación de 480v Trifásico a 60Hz y debe contar con:
      - 3 fases de 480V
      - 1 tierra
    - El centro de carga debe de contar con un interruptor principal trifásico con protección termomagnética para el punto de suministro eléctrico, antes descrito.
    - Es responsabilidad de la empresa ejecutante de la obra el tendido de la canalización desde subestación del cliente al centro de carga por proyecto. La canalización y cableado debe cumplir con la NOM-001-SEDE-2012.
    - Dentro del centro de carga deberá alojarse un transformador eléctrico con las siguientes características:
      - Voltaje de entrada: 480 VAC, bifásico
      - Voltaje de salida: 127 VAC, monofásico
      - Potencia: 1 KVA
    - El CENTRO DE CARGA contará con los siguientes circuitos derivados:
      - Alimentación de sistema de calentamiento: 480V trifásico, 60Hz, 15KW.
      - Alimentación tablero de control: 127V monofásico, 60Hz, 500W
      - Alimentación de para el sistema de iluminación con foto celda para encendido automático.
    - Estos circuitos deberán estar separados y cada uno contar con protección termomagnética individual (pastilla, cuatro en total), para protección contra sobrecarga y cortocircuito.
    - El gabinete debe ser para uso resistente al clima (NEMA Tipo 3).

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

- **Interconexión centro de carga a descompresora**
  - La interconexión deberá realizarse por medio de conduit enterrado a prueba de explosión.
  - La tubería conduit, accesorios, cable deberá ser a prueba de explosión conforma el artículo 500 de la NOM-001-SEDE-2012.
  - Los soportes de la tubería conduit superficial en horizontal deberán instalarse con una separación de 3 metros como máximo y asegurados firmemente a una distancia no mayor a 90 centímetros de los puntos de terminación.
  - La tubería eléctrica será desde el centro de carga a descompresora.
  - Incluye cable desde centro de carga a descompresora, cálculo de calibre y cable a utilizar es responsabilidad de empresa ejecutante de la obra.
  - La longitud aproximada de la tubería enterrada es de 7 metros
  - La longitud aproximada del cable es de 9 metros.
  - El conduit eléctrico debe ser conforme a las especificaciones de la norma NOM-001-SEDE-2012, artículo 501-10, inciso A), citado a continuación:

*Se permitirá usar tubo conduit no metálico, cuando esté recubierto por concreto con un espesor mínimo de 50 milímetros y que tenga una cubierta de cuando menos 60 centímetros medidos desde la parte superior del tubo conduit hasta el nivel del piso. Se debe usar tubo conduit metálico pesado roscado o tubo conduit metálico semipesado de acero roscado para los últimos 60 centímetros del tramo subterráneo hasta que salga de la tierra o hasta el punto de conexión con la canalización que vaya sobre el piso*
  - El diámetro del conduit deberá ser calculado por la empresa ejecutante de la obra.
  - El conduit metálico debe ser de acero galvanizado pared gruesa roscado NPT a prueba de explosión.
  - Material de las conexiones acero galvanizado roscado NPT de acuerdo a ASME B 1.20.1.
  - Se debe instalar sello a la salida de centro de carga y entrada de descompresora. Sello EYS, a prueba de explosión.
  - El sello debe cumplir con lo estipulado en el artículo 501-15, inciso A, de la NOM-001-SEDE-2012
- **Iluminación para intemperie**
  - Sistema de alumbrado a base de luminarias tipo proyector aditivos metálicos
  - Contará con una interconexión de tubería conduit y cableado desde el centro de carga a las luminarias montadas en poste
  - Se deberá entregar un estudio de los lúmenes para el área del equipo de descompresión de acuerdo con la NOM-025-STPS-2008.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

- **Pararrayos**

- El diseño e instalación del sistema de pararrayos, debe ser conforme a la Normatividad Mexicana NMX-J-549-ANCE-2005 y NOM-022-STPS-2015.
- Cálculo, instalación y ubicación de un pararrayos para la estación de descompresión para protección de los equipos y de los contenedores es responsabilidad de la empresa ejecutante de la obra

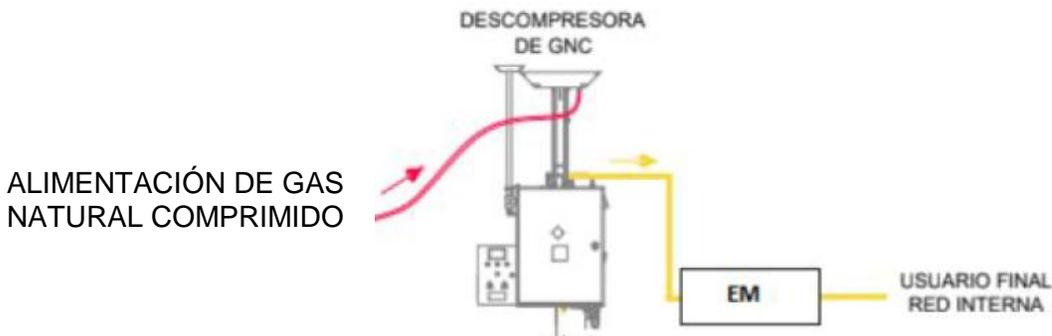
**Unidad Verificadora**

- Se debe contratar unidad verificadora para dictaminar la instalación eléctrica, la cual debe ser proporcionada y pagada por la contratista.

**c) Instalación del equipo de descompresión en dos módulos**

La instalación de la estación de descompresión comprende la colocación del equipo y la fijación de este, la estación está conformada por dos módulos: área de descompresión (regulación) y área de medición.

La siguiente figura muestra un esquema de los módulos que conforman la descompresión, en los siguientes puntos se mostrará la descripción de estos módulos y sus componentes:



*Figura 3. Módulos de la Estación de Descompresión*

**Proyecto Mecánico**

La construcción de la tubería de la estación de descompresión será en acero inoxidable y acero al carbón, cumpliendo con los lineamientos de la norma ASEA-010-ASEA-2016 “Gas Natural Comprimido”.

La conexión de entrada del área de descompresión en la parte de regulación será en manguera flexible de 1”, y su salida (entrada al área de medición) será con manguera flexible de 1.5”, y a pesar de que no hay un tramo considerable de tubería, la existente será en tubing de 1” de acero inoxidable y una vez que entra al sistema de medición la tubería será de acero al carbón de 2” de diámetro.

Por lo que a continuación se presentan los cálculos para tubería de 1” Acero inoxidable y 2” Acero al carbón Ced. 40 Gr. X42:

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

a) Cálculo del Diámetro de la Tubería

El consumo mensual será  $Q_{\text{mensual}} = 223,200 \text{ m}^3$

El gas a la entrada de la estación de descompresión en el área de regulación se consideró a una presión de operación de  $255.0 \text{ kg/cm}^2$  manométricos. El gas a la entrada al módulo de medición se consideró a una presión de  $4.07 \text{ kg/cm}^2$ .

**EL CONSUMO A LAS CONDICIONES REALES ESTÁ DADO POR:**

$$Q = \frac{Q_s P_0}{P_1}$$

- Para tubing de 1" Acero inoxidable (área de regulación)

DONDE:

P = Presión barométrica en la zona San Miguel El Alto, Jalisco =  $0.9491 \text{ Kg/cm}^2$

$Q_s$  = Consumo estándar

$P_0$  = Presión a condiciones estándar del gas = 1 ATM =  $1.033 \text{ kg/cm}^2$

$P_1$  = Presión absoluta real del gas a las condiciones de salida de la caseta de regulación

$P_1 = 255.0 \text{ kg/cm}^2 + 0.9491 \text{ kg/cm}^2 = 255.94 \text{ kg/cm}^2$

$$Q = \frac{310 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} * 1.033 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{255.94 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 1.25 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

- Para tubería de 2" Acero al carbón Ced. 40 (área de medición)

DONDE:

P = Presión barométrica en la zona San Miguel El Alto, Jalisco =  $0.9491 \text{ Kg/cm}^2$

$Q_s$  = Consumo estándar

$P_0$  = Presión a condiciones estándar del gas = 1 ATM =  $1.033 \text{ kg/cm}^2$

$P_1$  = Presión absoluta real del gas a las condiciones de salida de la caseta de regulación

$P_1 = 4.07 \text{ kg/cm}^2 + 0.9491 \text{ kg/cm}^2 = 5.02 \text{ kg/cm}^2$

$$Q = \frac{310 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} * 1.033 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{5.02 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 63.79 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

Se tomará como base para una primera estimación de cálculo la velocidad recomendada por applied process design for Chemical & Petrochemical Plants Vol. 1 de Ernest E. Ludwig donde dice que la velocidad media del rango recomendado para gas natural en tuberías es:

$$v = 1,200 \text{ m/min}$$

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

El área transversal del tubo se calcula como sigue:

$$A = \frac{Q}{v}$$

- Para tubing de 1" Acero inoxidable

$$Q = 1.25 \text{ m}^3/\text{hr} = 0.0208 \text{ m}^3/\text{min}$$

A = área transversal

v = velocidad

$$A = \frac{0.0208 \text{ m}^3/\text{min}}{1,200 \text{ m}/\text{min}} = 0.00001736 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.000001736 \text{ m}^2}{\pi}} = 0.004702 \text{ m} = 4.70 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el diámetro seleccionado de 25.4 mm (1") para tubería de acero inoxidable es correcto.

- Para tubería de 2" de acero al carbón Ced. 40

$$Q = 63.79 \text{ m}^3/\text{hr} = 1.063 \text{ m}^3/\text{min}$$

A = área transversal

v = velocidad

$$A = \frac{1.063 \text{ m}^3/\text{min}}{1,200 \text{ m}/\text{min}} = 0.000886 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.000886 \text{ m}^2}{\pi}} = 0.03358 \text{ m} = 33.58 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el diámetro seleccionado de 50.8 mm (2") para tubería de acero al carbón Ced. 40 es correcto.

**Cálculo del Espesor** (tomado de la NOM-007-ASEA-2016 que menciona este cálculo, para tubería de acero al carbón que manejan gas natural)

Para tubería de Acero al carbón 2" Ced. 40

Aplicación de la fórmula de Barlow para espesores de tuberías de transporte y distribución de gas.

$$t = \frac{PD}{2SFET}$$

DONDE:

t = Espesor del tubo en (m)

P = Presión interna de diseño ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

S = Resistencia de fluencia mínima especificada ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ , kPa) = 2,952.89  $\text{kg}/\text{cm}^2$

E = Eficiencia de la junta longitudinal

T = Factor de reducción por temperatura

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

La presión manométrica a la entrada del módulo de medición es de 4.0 bar (4.07 kg/cm<sup>2</sup>), la presión absoluta es de 5.02 kg/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 5. Factor de diseño por clase de localización*

Clase de Localización	1	2	3	4	5
Ruta general	0.77	0.77	0.67	0.55	0.45
Cruces e invasiones paralelas. Caminos secundarios	0.77	0.77	0.67	0.55	0.45
Cruces e invasiones paralelas. Caminos principales, vías de ferrocarril, canales, ríos y lagos	0.67	0.67	0.67	0.55	0.45
Trampas de diablos	0.67	0.67	0.67	0.55	0.45
Ducto principal en estaciones y terminales	0.67	0.67	0.67	0.55	0.45
Construcciones especiales, como ensambles fabricados y Ducto en puentes	0.67	0.67	0.67	0.55	0.45

De acuerdo con la NOM-007-ASEA-2016 las clases se definen de la siguiente forma:

- Clase de localización 1. Lugares expuestos a la actividad humana poco frecuente sin presencia humana permanente. Esta Clase de Localización refleja áreas de difícil acceso, como los desiertos y regiones de la tundra;
- Clase de localización 2. El Área unitaria que cuenta con diez o menos construcciones ocupadas por personas y/o lugares con una densidad de población inferior a 50 habitantes por kilómetro cuadrado. Esta Clase de Localización refleja áreas como tierras baldías, tierras de pastoreo, tierras agrícolas y otras zonas escasamente pobladas;
- Clase de Localización 3. El Área unitaria con más de diez y hasta cuarenta y cinco construcciones ocupadas por personas y/o lugares con una densidad de población de 50 personas o más, pero menos de 250 personas por kilómetro cuadrado, con múltiples viviendas, con hoteles o edificios de oficinas donde no más de 50 personas pueden reunirse regularmente y con industrias dispersas. Esta Clase de Localización refleja áreas donde la densidad de población es intermedia entre la Clase de Localización 2 y la Clase de Localización 4, tales como las zonas marginales ubicadas alrededor de las ciudades y pueblos, ranchos y fincas;
- Clase de Localización 4. El Área unitaria que cuenta con cuarenta y seis construcciones o más ocupadas por personas y/o lugares con una densidad poblacional de 250 personas o más por kilómetro cuadrado, excepto donde prevalezca una Clase de Localización 5. Esta Clase de Localización refleja zonas donde existan desarrollos urbanos, zonas residenciales, zonas industriales y otras áreas pobladas que no estén incluidas en la Clase de Localización 5;
- Clase de localización 5. Cuando además de las condiciones presentadas en una Clase de Localización 4, prevalece alguna de las características siguientes:
  - I. Construcciones de cuatro o más niveles incluyendo la planta baja;
  - II. Vías de comunicación con tránsito intenso o masivo, e
  - III. Instalaciones subterráneas de servicios prioritarios o estratégicas para la zona urbana.

Tabla 6. Eficiencia de la junta longitudinal

Especificación	Clase de Ducto	Factor de junta longitudinal (E)
ASTM A53	Sin costura	1.00
	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
	Soldado a tope en horno: Soldadura continua	0.60
ASTM A106	Sin costura	1.00
ASTM A135	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
ASTM A139	Soldado por fusión eléctrica	0.80
ASTM A211	Ducto de acero soldado en espiral	0.80
ASTM A333	Sin costura	1.00
	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
ASTM A381	Soldado con doble arco sumergido	1.00
ASTM A671	Soldadura por fusión eléctrica	
	Clases 13, 23, 33, 43 y 53	0.80
	Clases 12, 22, 32, 42 y 52	1.00
ASTM A672	Soldadura por fusión eléctrica	
	Clases 13, 23, 33, 43 y 53	0.80
	Clases 12, 22, 32, 42 y 52	1.00
ISO 3183/API 5L	Sin costura	1.00
	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
	Soldado por "flasheo" eléctrico	1.00
	Soldado con arco sumergido	1.00
	Soldado a tope en horno	0.60
Otra especificación o especificación desconocida	Ducto con diámetro nominal igual o mayor de 101.6 mm (4")	0.80
Otra especificación o especificación desconocida	Ductos con diámetro nominal menor de 101.6 mm (4")	0.60

Tabla 7. Factor por Temperatura

Temperatura del gas K (°C)	T
394.26 o menor (121.11 °C)	1.000
* 422.03 (148.88 °C)	0.967
* 449.81 (176.66 °C)	0.933
* 477.59 (204.44 °C)	0.900
* 505.37 (232.22 °C)	0.867

Sustituyendo para tubo de 2" tenemos:

$$t = \frac{5.02 \frac{Kg}{cm^2} * 0.060325m}{2 * 2,952.89 \frac{Kg}{cm^2} * 0.67 * 1 * 1} = 0.0000765m$$

Si se deja como margen para corrosión 1/8" (0.003175 m)

$$t_{requerida} = 0.0000765 + 0.003175 = 0.003251 m$$

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

por lo tanto, el espesor seleccionado de 0.003912 m (0.154”) para tubo de 2” cedula 40 es correcto.

Ahora se calculará la presión máxima que resistirá el tubo considerando que:

$t_{real}$  = espesor del tubo cédula 40 seleccionado menos 1/8” por corrosión futura

$$P = \frac{2St_{FET}}{D} = \frac{2 * 2,952.89 \frac{Kg}{cm^2} * (0.003912 - 0.003175)m * 0.67 * 1 * 1}{0.060325 m} = 48.31 Kg/cm^2$$

Por lo tanto el tubo seleccionado en cédula 40 de 2” nominales resistirá una presión de 48.31  $kg/cm^2$ , la presión de trabajo manométrica será de 4.07  $kg/cm^2$ , por lo tanto queda aprobada la selección del tubo.

### Proyecto Sistema Contra Incendios

En la EDGC se tendrá un extintor tipo PQS para tuberías e instrumentación y un extintor tipo CO<sub>2</sub> para el área del gabinete de control, con el fin de combatir cualquier eventualidad. Dichos extintores se colocarán en un área de fácil acceso, regularmente a la entrada de la estación. La capacidad de cada extintor será de 4.5 Kg y contará con instrucciones impresas en el tanque, así como su especificación. A continuación, se muestra un plano sobre la propuesta de localización de estos:



Figura 4. Ubicación de Extintores

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

### Normatividad y Buenas Prácticas

Para el desarrollo de este proyecto, desde el diseño, hasta la obra, operación y mantenimiento se mantendrá un estricto apego a la normatividad nacional, internacional y buenas prácticas:

Normas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS).

NORMA OFICIAL MEXICANA	Título
NOM-002-STPS-2010	Condiciones de Seguridad. Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
NOM-017-STPS-2008	Selección y uso del equipo de protección personal, en los centros de trabajo.
NOM-020-STPS-2011	Recipientes Sujetos a Presión
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías
NOM-100-STPS-1994	Extintores.

Normas de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

NORMA OFICIAL MEXICANA	Título
NOM-052-SEMARNAT-2005	Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
NOM-081-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.
NOM-129-SEMARNAT-2006	Que establece las especificaciones de Protección Ambiental para la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono de redes de distribución de gas natural que se presentan en áreas urbanas, suburbanas e industriales, de equipamiento urbano o de servicios.

Normas de la Comisión Reguladora de Energía (CRE).

NORMA OFICIAL MEXICANA	Título
NOM-001-SECRE-2010	Especificaciones del Gas Natural

Normas de la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA)

NORMA OFICIAL MEXICANA	Título
NOM-010-ASEA-2016	Gas Natural Comprimido
NOM-007-ASEA-2016	Transporte de Gas Natural

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Normas del Instituto Americano del Petróleo (API).

NORMA	Título
API-STD-1104	Estándar para la soldadura de ductos y sus instalaciones.
API-5L	Tubo de línea
API-6D	Válvulas de acero, bridadas o soldables

Normas de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME/ANSI).

NORMA	Título
ASME/ANSI B.31.8	Sistema de tubería para transporte y distribución gas
ASME-B-16.5	Bridas para tubo de acero y accesorios bridados
ASME-B-16.9	Accesorios de fábrica de acero forjado para soldar a tope
ASME-B-16.11	Accesorios de acero forjado de embatir y soldar y roscados
ASME-B-16.20	Ranuras y empaquetaduras de anillo p/ bridas de acero
ASME-B-18.2.2	Tuercas cuadradas y hexagonales
ASME/ANSI-B.16.9	Accesorios para soldadura a tope fabricado de acero forjado

Normas de la Sociedad Americana de Materiales y Pruebas (ASTM).

NORMA	Título
ASTM-A-105	Forja de acero al carbón, para componentes de tuberías
ASTM-A-194	Tuercas para espárragos, de acero de aleación para servicio de alta presión y alta temperatura
ASTM-A-193	Material para atornillado en aleaciones y acero al carbón para servicio de alta temperatura.
ADS AS, 178	Especificación de electrodos para soldadura de arco

Normas de la Secretaría de Energía (SENER).

NORMA OFICIAL MEXICANA	Título
NOM-001-SEDE-2012	Instalaciones Eléctricas (utilización)

Otros Estándares y especificaciones de Referencia

Estándar	Especificación
Code of Federal Regulations, Título 49, Parte 192 del U.S. Department of Transportation	“Estándares Federales mínimos de seguridad: Transportación de gas natural y otros gases por gasoducto” (Transportation of Natural and Other Gas by Pipeline: Minimum Federal Safety Standars).

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Especificaciones Generales de PEMEX.

NORMA	Título
07.3.13	Requisitos mínimos de seguridad para el diseño, construcción, operación, mantenimiento e inspección de tuberías de transporte.
NSPM AVII-30	Instalación eléctrica a prueba de explosión.
3.255.01	Gabinete y caja de interruptores.
NSPM C1.1 y C1.2	Válvulas de alivio de presión.
NSPM A1-1	Inspecciones y mantenimiento a extintores.

## I.1 Proyecto y/o Instalación

Equipos de Proceso Principales y Auxiliares

La estación de descompresión es un solo equipo de proceso, sin embargo, para este proyecto en particular se conformará por dos módulos, los cuales a continuación se clasifican:

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

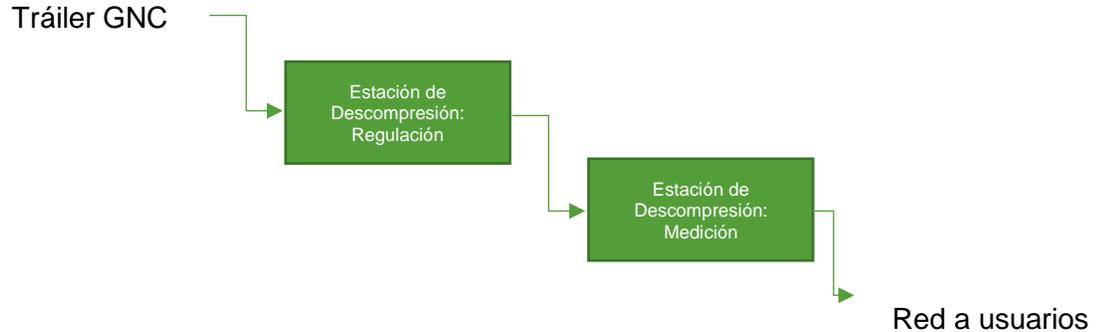
Tabla 8. Características de equipos principales

Descripción	TAG	Año Fab.	Presión de Prueba Hidrostática Kg/cm <sup>2</sup>	Código de Diseño	Presión Kg/cm <sup>2</sup>			Temperaturas °C			Ubicación
					Mín.	Normal	Máx.	Mín.	Normal	Máx.	
Descompresión: Área Regulación	002	Últimos 2 años (equipo por enviar)	Tubería y Accesorios: 1.5 veces la presión de diseño = 474	NOM-010-ASEA-2016 NFWA 52,70 ASME B31.1, 31.3	17.33	Entrada: 255 Salida: 4.07	316	-28	Entrada: 25 Salida: 20	76	En el Oeste del terreno de la estación, en las coordenadas: 21°0'38.40" N 102°13'8.32" O
Descompresión: Área Medición	003	Últimos 2 años (equipo por enviar)	Tubería y Accesorios: 1.5 veces la presión de diseño = 26	NOM-010-ASEA-2016 AGA 7	0.34	4.07	15.49	-28	20	76	En el Este del terreno de la estación, en las coordenadas: 21°0'38.44" N 102°13'7.94" O

En el plano de localización y diagrama de flujo se podrán observar los datos reflejados en esta tabla, dichos planos se encuentran en el Anexo 1.2 y 1.3 del estudio.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

En el siguiente diagrama de bloques podemos verificar la secuencia que sigue el gas natural:



## II. Descripción detallada del proceso

### Filosofía de Operación de la Estación de descompresión de gas natural

El objetivo del proyecto es diseñar, construir, instalar y operar una estación de descompresión, la cual servirá para llevar el gas natural a los procesos del usuario Forrajes Los Chapeteados, S.A. de C.V., en el municipio de San Miguel El Alto, Estado de Jalisco.

El sistema iniciará en la conexión con un tráiler de Gas Natural Comprimido se conectará a través de una manguera flexible de 1" a la Estación de Descompresión de Gas Natural, donde como se ha anunciado anteriormente, ésta estará conformada por dos módulos o áreas: área donde se lleva a cabo la regulación (PRS-500) y donde se realizará la medición; en la primera parte, se ingresará al área de regulación con manguera flexible, donde se reducirá y regulará la presión (en dos pasos) hasta las condiciones ideales demandadas, al mismo tiempo que se controla la temperatura mediante un calentamiento; a la salida del área de regulación pasará nuevamente por una manguera flexible de 1.5" de diámetro con el fin de llegar al módulo de medición, donde su principal funcionalidad será medir y contabilizar el gas natural a través de un medidor rotatorio. Al pasar por estas etapas, el gas se alimentará a una red de distribución del usuario.

### Descripción de los módulos y elementos de la Estación de Descompresión

La parte de descompresión, área de regulación, es un módulo compuesto por un equipo llamado Estación Reductora de Presión modelo PRS-500, la cual contiene los siguientes pasos dentro de su conformación:

- Intercambiador de calor y tanque de glicol
- Panel
- Control
- Venteo y poste de manguera
- Touchscreen y PLC

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

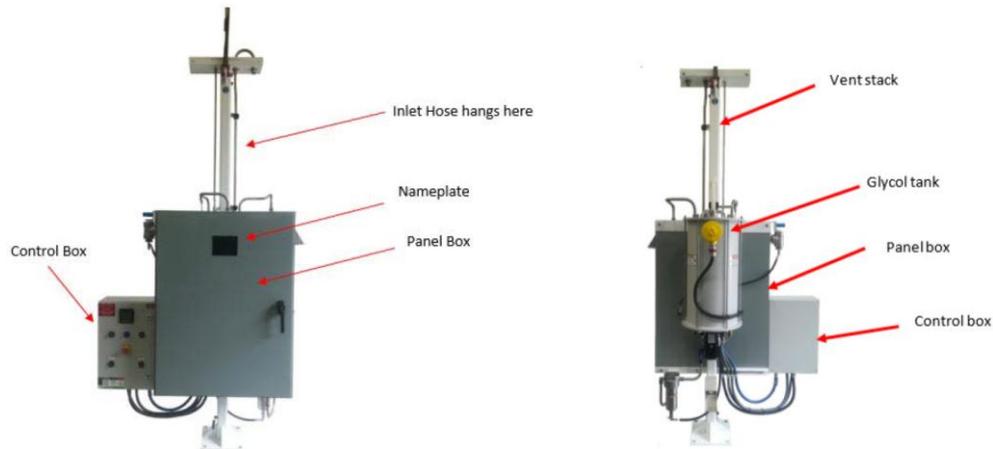


Figura 5. Parte frontal y trasera del área de descompresión (regulación)

### Intercambiador de calor y tanque de glicol

La tubería de gas ingresa al tanque de glicol, donde se precalienta antes de ingresar al regulador primario que está inmerso en el tanque de glicol. La ruta del tubo de gas continúa a través del tanque de glicol para calentar más antes de salir del tanque de glicol y pasar por el regulador final, ubicado dentro de la caja del panel.

El calentador sumergible en el tanque calienta el gas de entrada a medida que disminuye la presión, esto se hace porque el efecto Joule-Thomson hace que el gas se enfríe rápidamente.

El agua debe desmineralizarse para la mezcla de refrigerante, ya que los minerales disueltos en el refrigerante suministran precipitado cuando se calientan.

Esto significa que el glicol debe tener inhibidores de corrosión. Además, se recomienda el pH de la mezcla de glicol y agua (50% de glicol) de aproximadamente 9.0 pH para evitar la corrosión de la tubería.

Es importante mencionar que el calentador eléctrico tiene un consumo eléctrico de 8.5 Amp a 440 Volts.

### Panel

La caja del panel es un contenedor resistente a la intemperie para muchos de los componentes que controlan la despresurización del gas natural comprimido para el usuario final.

### Control

Si está parado frente a la PRS-500, entonces la caja de control de bloqueo está conectada al lado izquierdo de la caja del panel. La caja de control también alberga el cerebro del PRS-500: el PLC.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

El PLC envía, recibe y calcula el estado del sistema, dirigiendo efectivamente el flujo de gas desde el suministro hasta el usuario final.

La caja de control mantiene la seguridad del usuario en cada paso. El flujo solo continúa si el gas está en los rangos deseados. La pantalla del usuario y varias alarmas advierten al operador. El PLC apaga el PRS para evitar cualquier situación potencialmente peligrosa si se infringe alguna de las condiciones de seguridad.

### **Venteeo y poste de manguera**

El venteeo y el poste de manguera están en la parte superior de la estación reductora de presión.

Hay dos puntos de venteeo:

1. Un punto de venteeo está conectado desde las dos válvulas de seguridad de presión, así como la manguera para liberar la seguridad del gas presurizado a la atmósfera.
2. El segundo punto de venteeo es una línea de tubería que corre a lo largo del poste de la manguera. Está conectado al solenoide con una válvula de 3 vías y el interruptor de presión de seguridad.

El poste de mangueras proporciona dos funciones principales:

1. Dentro del tubing hay un orificio de ventilación que permite que el aire entre y salga para que el tanque de glicol no se sobre-presurice.
2. Se presenta como un refuerzo para la línea de tubería que toma el gas que está demasiado presurizado para ventilar a la atmósfera

Como salvaguarda adicional, si el calentador no funciona bien, la rápida expansión del glicol recalentado puede salir por la manguera opaca hacia el tubing.

### **Touchscreen y PLC**

El touchscreen es la cara del PLC (Controlador Lógico Programable) instalado sobre la caja de control, este PLC permite al técnico interactuar para monitorear los siguientes parámetros:

- Presión
- Temperatura
- Set points de la regulación
- Alarmas.

Esta área o estación de regulación, parte de la descompresora, esta compuesta por los siguientes elementos:

- Válvula de bola actuada
- Válvula de bola (aislada)
- Válvula Check
- Filtro Coalescedor

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

- Manómetros
- Manguera
- Sensor transmisor de nivel
- Manifold
- Controlador lógico programable con pantalla de entrada
- Regulador a la salida
- Piloto del regulador
- Válvula de seguridad
- Transmisor de presión
- Regulador de entrada
- Interruptor de presión de seguridad
- Solenoide con válvula de 3 vías
- Sensor de temperatura
- Extractor



Figura 6. CompactPRS-500

La estación de descompresión, área de medición, contará con un medidor tipo rotatorio el cual contabilizará un flujo de operación por 310 m<sup>3</sup>/hr (equivalentes a 7,440 m<sup>3</sup>/día), este tren de medición contará con válvula a la entrada y a la salida, y no habrá cambios de presión en el mismo, las condiciones que provengan del área de regulación son las que se mantendrán para el suministro a usuario (red).

Este medidor contará con un electro corrector con el fin de ajustar acorde a presión y temperatura y realizar la medición de forma correcta.



Figura 7. Ejemplo de Medidor Rotatorio

### Condiciones de Operación

A pesar de que ya se ha mencionado las condiciones de operación y de diseño que se trabajarán, a continuación, se describe un resumen de las condiciones normales desde la entrada hasta la salida del proceso:

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

La estación de Descompresión Gas Natural se conectará inicialmente con un tráiler a una presión de 250 bar (3,625 psig); al pasar la primera etapa de regulación la presión será de 17.23 bar (250 psig) y para la segunda etapa de regulación, la presión se abatirá hasta llegar a un valor deseado de 4.0 bar (58.01 psig) y esta será la misma presión a la salida del área de regulación y la cual entrará al módulo de medición, al igual que la que se entregue a usuario final.

### Sustancias Involucradas en el Proceso

A lo largo de la descompresión, la única sustancia con la cual se trabajará será gas natural, sin embargo, también existe un medio de calentamiento el cual es glicol, en el Anexo 3.1, se agregan las hojas de seguridad de cada sustancia.

### Reacciones Principales y Secundarias

El sistema solo tiene como objetivo la transferencia de combustible, acondicionando las condiciones operacionales para su manejo, lo único que puede cambiar es su volumen debido a la presión, sin embargo, no existen reacciones a lo largo del proceso.

### Balance de Materia

En lo que respecta al balance de materia y energía, este puede verificarse a continuación y las condiciones en el Diagrama de Flujo **DFP-EDCHA** en el Anexo 1.2.

Tabla 9. Balance de Materia

No	Descripción de Corriente	Estado Físico	Flujo m3/hr / MPCSD	Presión Psig / Kg/cm <sup>2</sup>	Temperatura °C / F
A	Desde el tráiler hasta la entrada a la estación de descompresión (regulación)	Gas	310 / 262.74	3,625 / 255	20.00 / 68.00
1	De la salida del área de regulación a área de medición	Gas	310 / 262.74	58.01 / 4.07	20.00 / 68.00

En lo que respecta a las temperaturas y presiones que se manejarán a lo largo del sistema estas pueden verificarse en las bases de diseño de este documento y/o en el Diagrama de Flujo DFP-EDCHA en el Anexo 1.2.

El gas fluirá a través a lo largo de la estación de descompresión, donde se regulará la presión hasta obtener la necesaria para atender las necesidades operativas y de suministro al usuario final.

### Características del Régimen Operativo de la Instalación (continuo o por lotes)

El régimen operativo de la "Estación de Descompresión de Gas Natural" se considera continuo a lo largo de todo su recorrido, sin embargo, el área operativa a la que lleva el suministro puede tener variaciones a este respecto dependiendo de la Filosofía Operacional del usuario.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

### **Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) con base en la ingeniería de detalle y con la simbología correspondiente**

Para este caso y debido a el tipo de instalación se cuenta con el DTI de la instalación más robusta, es decir, del área de regulación: PRS-500, sin embargo como planos de apoyo y consulta también se cuenta con el plano general y de localización, los cuales en conjunto con el Diagrama de Flujo DFP-EDCHA servirán para verificar las condiciones y especificaciones de material respectivas, estos planos se encontrarán en el Anexo 1 (1.1, 1.2 y 1.3).

### **Sistemas de Seguridad y Salvaguardas de la Estación de Descompresión**

#### **Especificación de Válvulas y Sistema de Seguridad**

El sistema de seguridad de la Estación de Descompresión de gas natural, cuenta con los siguientes elementos principales:

- ● 1 - Regulador de presión de tipo pilotado primera etapa.
- ● 1 - Válvulas de corte actuada neumáticamente por alta presión primera etapa.
- ● 1 - Regulador de presión de tipo pilotado segunda etapa
- ● 1 - Válvulas de relevo de presión (PSV)
- ● 1 - Botonera de paro por emergenciaad (LEL) Infrarrojos

#### **Filosofía de operación de la seguridad de la descompresora**

La descarga de los contenedores es conectada a la Descompresora por medio de manguera flexible con conexión rápida, que en dado caso de existir una desconexión abrupta cortará el suministro de gas natural al sistema, adicional a esto el contenedor cuenta con un sistema de venteo en caso de existir una sobrepresión (PSV-01).

La primera etapa de regulación consta de una válvula reguladora (VR-01) y una válvula actuada neumáticamente (YV-01), esta válvula estará antecediendo al regulador de presión y controlará el cierre por alta, posteriormente se cuenta con una válvula de alivio PSV 02 , con el objetivo de proteger el sistema de una sobrepresión.

La segunda etapa de regulación consta de una válvula reguladora (VR-02), y posteriormente se conectará por medio de manguera a la estacion de medicion.

En la estación de medición se encuentra una válvula de seguridad por bloqueo (SSV-01), la cual actuará por alta o baja presión.

Posteriormente se conecta la salida de la Estación de Medición a la red interna de Gas natural del cliente.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

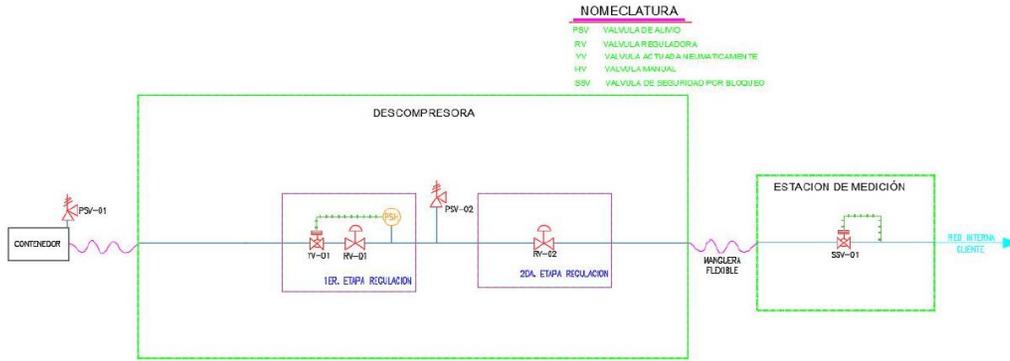


Figura 8. Diagrama del Sistema de seguridad de la EDGN

**Accesorios y aditamentos:**

Los tubos, válvulas, bridas y conexiones roscadas (ya que es tubing de acero inoxidable) serán de especificación conocida, cumplirán con los estándares y especificaciones de composición, fabricación y calidad enumeradas en la tabla de estándares aplicables.

**Válvulas**

Todo el sistema de válvulas utilizadas en el sistema de descompresión será fabricado cumpliendo con la **NOM-010-ASEA-2016**.

**Lista de Materiales**

A continuación, se lista las válvulas y accesorios que conforman la estación de descompresión y que contribuyen para una operación segura:

Tabla 10. Equipos y accesorios

Descripción	Cantidad
Válvula de Bola Actuada	1
Válvula de Bola Aislada	1
Válvula Check	1
Filtro Coalescedor	1
Manómetro	2
Manguera	2
Sensor transmisor de nivel	1
Manifold	1
PLC	1
Regulador Primario	1
Regulador Secundario	1
Piloto del Regulador	1
Válvula de seguridad	1
Transmisor de presión	2
Interruptor de seguridad de presión	1
Solenoides con válvula de 3 vías	1

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Descripción	Cantidad
Sensor de temperatura	1
Extractor	1
Medidor Tipo rotatorio	1
Corrector de presión y temperatura	1

Salvaguardas Principales de la Estación:

- La estación de descompresión se aloja dentro de un gabinete para su uso en intemperie, este se usa como sistema de protección de larga duración.
- A la salida de la primera etapa de regulación se cuenta con protección para sobrepresión en primer lugar se disparará válvula de corte (YV) por alta presión y después abrirá la válvula de alivio de presión (PSV).
- Como una adicional la descompresora cuenta con botón instalado de cierre de emergencia localizado en el panel de control de la estación. El botón de cierre corta el flujo de gas inmediatamente.
- La salida de la descompresora es conectada por medio de manguera flexible a la estación de medición donde se encuentra instalada una válvula de seguridad por bloqueo (SSV), la cual actuará por alta o baja presión
- Adicionalmente se cuenta con una válvula de alivio en el contenedor con el objetivo de proteger el sistema de una sobrepresión.

Adicional a estas salvaguardas, de acuerdo a la misma normatividad, la localización de la estación de descompresión debe cumplir con los lineamientos siguientes:

Tabla 11. Distancias entre las áreas de las Terminales

Desde hasta	Distancia en metros				
	Almacenamiento	Estación de regulación y medición	Área de carga o descarga	Límite de la terminal de descarga	Sistema de compresión
Lugares de concentración pública.	100	100	100	-	100
Oficina o almacén.	15	10	15	-	10
Fuentes de ignición.	20	20	20	-	20
Caminos internos.	3	3	3	-	3
Límite de propiedad en donde existan viviendas.	50	50	50	50	50

Fuente: NOM-010-ASEA-2016

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

### **Inspección y conexión de equipos**

Una vez instalado el equipo de descompresión, se procederá a conectarlo y realizar pruebas de funcionamiento. Previo al inicio de operaciones se realizarán inspecciones de seguridad, higiene, protección civil y protección ambiental, a fin de determinar si existe alguna condición que pudiera poner en riesgo a los trabajadores, infraestructura o medio ambiente.

### **Pruebas de Verificación**

A continuación, se especifica las pruebas de verificación generales del sistema, sin embargo, este apartado se complementa con la información establecida en este Estudio de Riesgo Ambiental que se reporta en posteriores puntos, así como en puntos ya mencionados, donde se especifican las medidas, equipos y dispositivos de seguridad, y las medidas preventivas o programas de contingencias que se aplicarán, durante la operación normal del proyecto.

Cada módulo de la estación que se vuelva inseguro será reemplazado, reparado y/o retirado de servicio. Las fugas deberán ser reparadas de inmediato, o bien reemplazar el módulo dañado.

La EDGN contará con una inspección rutinaria y continua por parte del personal de mantenimiento a cargo. El fin de los trabajos de inspección, es el de comprobar que se mantienen las condiciones originales del proyecto y de las instalaciones. Para ello se elaborarán reportes de inspección visual de las instalaciones, el cual involucra verificar la correcta operación de los sistemas y dispositivos de seguridad, así como de la instalación eléctrica y conexiones.

### **Programa de mantenimiento**

Para garantizar el buen funcionamiento de la EDGN y todo lo que la conforma, durante la operación de esta se contempla realizar mantenimiento a válvulas, reguladores y equipo en general, llevando un registro de las fallas detectadas señalando su localización, causas y tipo de reparación efectuada.

Todas las reparaciones se realizarán según el procedimiento aprobado, empleando exclusivamente personal calificado para este tipo de trabajo. En todos los casos se seguirán las técnicas de reparación establecidas y aprobadas por la empresa, mismas que deberán estar apegadas a los procedimientos de reparación marcados en las normas nacionales e internacionales. Adicionalmente, se informará al personal y autoridades de atención a emergencias con toda oportunidad si se detecta una fuga o daño en las instalaciones que pudieran poner en riesgo la salud, infraestructura y/o al ambiente

Como parte de las actividades del programa de mantenimiento se realizarán al menos las siguientes acciones:

#### Al menos una vez al año

- Verificar la hermeticidad de los reguladores de primera etapa
- Verificar la hermeticidad de los reguladores de la segunda etapa
- Verificar la presión diferencial de los filtros de alta y baja presión, cambiar elemento filtrante de ser necesario

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

- Verificar la hermeticidad del medidor rotatorio
- Verificar el estado operativo y hermeticidad de los intercambiadores de calor

De forma extraordinaria, estas actividades serán realizadas adicionalmente a los tres y seis meses de haber puesto en marcha la EDGN.

Al menos una vez cada dos años

- Verificar la hermeticidad de los reguladores de primera etapa
- Verificar la hermeticidad de los reguladores de la segunda etapa
- Verificar la presión diferencial de los filtros de alta y baja presión, cambiar elemento filtrante de ser necesario
- Verificar la hermeticidad del medidor rotatorio
- Realizar la recalibración del medidor rotatorio
- Verificar el estado operativo y hermeticidad de los intercambiadores de calor

De igual forma, se mantendrá en óptimas condiciones la protección anticorrosiva de las instalaciones superficiales y la tubería de acero al carbón, corrigiendo cualquier daño mediante el uso de pintura anticorrosiva.

Se realizarán trabajos de limpieza en cercas perimetrales y puertas de acceso, de tal manera que el acceso a las instalaciones siempre esté en óptimas condiciones, sin embargo, este será mínimo ya que la estación se encuentra en terrenos del usuario que ya ha sido limpiado previamente.

Con el fin de permitir la correcta operación del sistema de la EDGN, se establecerán planes y programas que cubrirán los aspectos de operación, inspección, mantenimiento y reparación de la estación, contemplando lo requerido en la **NOM-010-ASEA-2016**.

### **Sistema de Aislamiento**

Los tubos de acero negros, conexiones, accesorios y componentes de la instalación; se deben proteger contra la corrosión con recubrimientos adecuados al medio. Dicho recubrimiento debe cumplir con los requisitos de las normas aplicables, entre otros, los siguientes:

- a) Adherencia con las superficies metálicas y entre las capas intermedias;
- b) Resistencia al agrietamiento;
- c) Resistencia mecánica para soportar daños propios de su aplicación, y
- d) Resistividad eléctrica alta.

### **Señalamientos**

Se contempla la colocación de señalamientos en el perímetro de la EDGN y avisos de tipo informativo, restrictivo y preventivo durante todas las etapas del proyecto, con el fin de garantizar que el equipo e infraestructura en general no sea dañado debido a carencias de información al público en general. Se colocará también, el teléfono de emergencia del promovente, para que den aviso en el caso de presentarse una situación que ponga en peligro la integridad de las personas y de sus bienes.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Se colocarán letreros de no fumar, así como el rombo de identificación de riesgos de la NFPA-704 para el gas natural, mientras se homologa la comunicación de riesgos de acuerdo con el Sistema Globalmente Armonizado (SGA) establecido en la NOM-018-STPS-2015, se utilizarán tanto el rombo de clasificación de riesgos como la nomenclatura del SGA (Figuras 9 y 10).

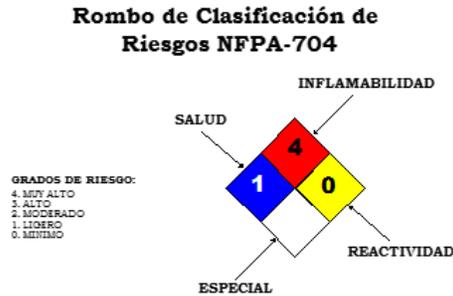


Figura 9. Rombo de identificación de riesgos de la NFPA-704

CLP Símbolo	:	 GHS02
Palabra de advertencia	:	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Peligro</li> </ul>
Indicaciones de peligro	:	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ H220- Gas extremadamente inflamable</li> <li>▪ H281- Contienen un gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas.</li> </ul>
Consejos de prudencia	:	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ P210- Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar</li> <li>▪ P282- Llevar guantes que aislen del frío/gafas/máscara.</li> <li>▪ P315- Consultar a un médico inmediatamente</li> <li>▪ P336- Descongelar las partes heladas con agua tibia. No frotar la zona afectada.</li> <li>▪ P377- Fuga de gas en llamas: No apagar, salvo si la fuga puede detenerse sin peligro.</li> <li>▪ P381- Eliminar todas las fuentes de ignición si no hay peligro en hacerlo.</li> <li>▪ P403- Almacenar en un lugar bien ventilado.</li> </ul>

Figura 10. Vista lateral del equipo de descompresión

### III. Descripción del Entorno

La EDGN estará ubicada dentro de los terrenos del usuario final, con el fin de suministrar a los equipos del mismo que demanden el combustible, en el municipio de San Miguel El Alto, Estado de Jalisco. El área donde se instalará la Estación se encuentra al Oeste de la empresa, y tiene 180 m<sup>2</sup> aproximadamente de superficie en donde interactúan los dos módulos, en la Tabla 12 se muestran las coordenadas de dicha área. Por su parte, la Figura 11 muestra los puntos considerados en la Tabla 12.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

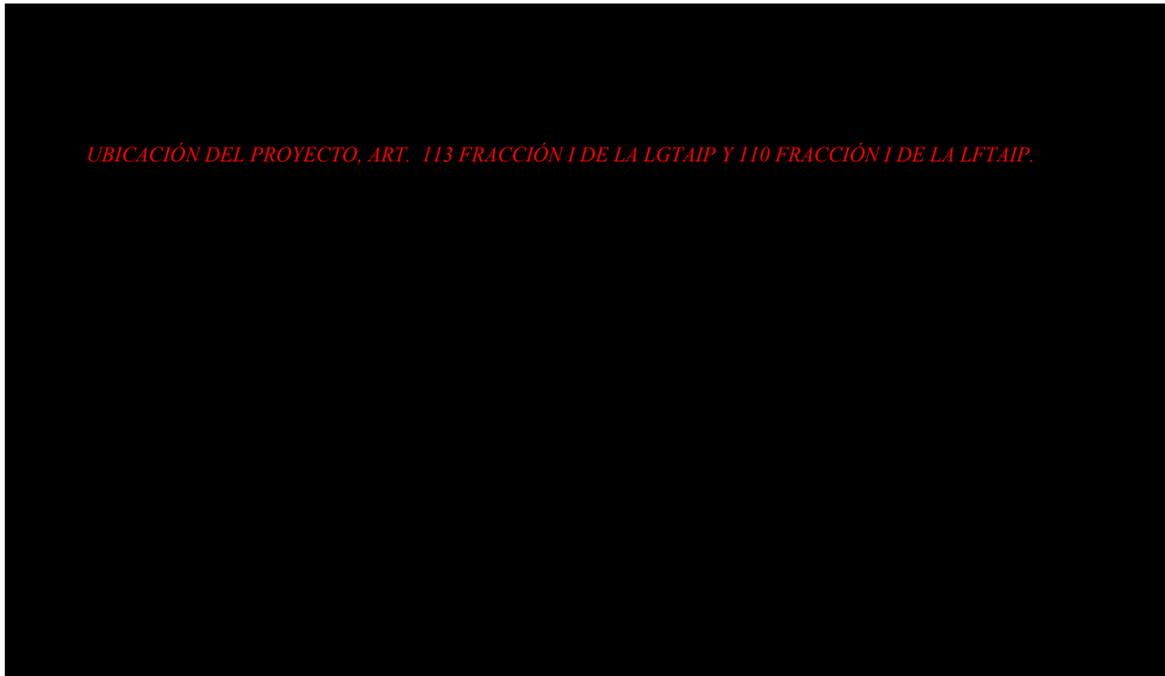


Figura 11. Colindancias

Tabla 12. Ubicación del proyecto y Estación de Descompresión

Punto	Coordenadas geográficas		Coordenadas UTM (13 Q)		Perímetro [m]	Área [m <sup>2</sup> ]
	Longitud	Latitud	X	Y		
<b>Estación de Descompresión</b>						
A	COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.				60	209
B						
C						
D						
Centro						

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”



Figura 12. Ubicación del proyecto (detalle)

En el plano general y de localización del Anexo 1.3 se podrá observar la información antes referida.

El proyecto se realizará desde la conexión con manguera flexible con un tráiler y hasta la salida de la estación de descompresión, dentro del terreno mencionado, el proyecto se encuentra en el municipio de San Miguel El Alto, Jalisco, por lo cual se analizaron las colindancias de la estación, esto de la siguiente manera:

- Hacia la zona Sur del proyecto, se localiza la mayor parte de la empresa Forrajes Los Chapeteados, y el resto son campos de cultivo y lotes baldíos.
- Hacia el Oeste de la estación, en primera instancia localizamos terrenos baldíos y solo después de casi 2 Km localizamos algunos campos de cultivo y rancherías.
- Hacia el Este, de igual forma que en las otras direcciones, se localizan de forma paralela terrenos baldíos y solo después de 2.5 Km localizamos el límite Oeste del poblado urbano “San Julián”.
- Hacia el Norte al igual que en el resto de las direcciones se encuentran terrenos baldíos y muy pocos campos de cultivo. En primera instancia se localiza la carretera “San Miguel – San Julián”.

En resumen, la estación de descompresión se encuentra rodeada y colindando en su mayoría con terrenos baldíos, muy pocos de cultivos y muy poca infraestructura cercana.

Debido a que solo se trata de una estación de descompresión y el área donde se instala es menor, por lo que tiene muy pocas colindancias significativas, hablando de aspectos ambientales y/o sociales, en la tabla siguiente se muestra esto:

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Tabla 13. Principales zonas colindantes del proyecto

Nombre de la Instalación	Zona de interés colindante	Descripción	Distancia respecto a la instalación (m)
Estación de Descompresión de Gas Natural	Carretera “San Miguel – San Julián”	Es el camino principal de llegada a la estación y que llega al poblado de San Julián	44
	Rancherías y campos de cultivo	Se encuentran unos terrenos privados al Oeste de la estación	1,600
	Límite Oeste Poblado San Julián	Pequeño poblado conformado principalmente por asentamientos residenciales y comerciales	2,300

### Resumen Ambiental

El proyecto se ubica en el municipio de San Miguel el Alto, en el estado de Jalisco. El estado de Jalisco cuenta con un Ordenamiento Ecológico Territorial Estatal, el cual divide al estado en Unidades de Gestión Ambiental (UGA), sin embargo, dada la superficie y el tipo de trayecto, no se consideró adecuado delimitar el Sistema Ambiental (SA) a la UGA estatal al ser demasiado extensa comparada con la superficie a ocupar del proyecto.

Por lo anterior, se decidió delimitar un Sistema Ambiental basados en factores como el uso de suelo y vegetación y los límites políticos entre municipios, de modo que el SA pudiera ser verdaderamente significativo. Así, el SA limita al oeste y norte con el uso de suelo y vegetación (pastizal), al este con los límites municipales de San Miguel el Alto y San Julián, al sur con los límites municipales, el uso de suelo y vegetación y una corriente de agua intermitente.

El SA se ubica en la subprovincia fisiográfica “Altos de Jalisco” la cual forma parte de la provincia fisiográfica “Eje Neovolcánico”. Las características geomorfológicas de la zona corresponden a meseta. Las formaciones rocosas en el SA corresponden a la entidad “unidad cronoestratigráfica” de clase ígnea extrusiva. Respecto al suelo, se identificó el Feozem háplico (Hh+We+Wm/2/L).

El clima en la zona es templado subhúmedo [C(w0)(w)]. Respecto a la hidrología, el SA forma parte de la región hidrológica 12 Lerma-Santiago, ubicado en la cuenca hidrológica R. Verde Grande y la subcuenca R. de los Lagos. De acuerdo con la información más reciente presentada por la CONAGUA y comprobada durante las visitas de campo, no existen cuerpos y/o corrientes de agua que se pudieran ver modificadas por el desarrollo del proyecto, sin embargo, sí existen algunos cuerpos de agua dentro de los límites del SA. Para poder determinar el comportamiento del viento en la zona, se buscó inicialmente información directamente en la CONAGUA a través de sus diferentes Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) y Estaciones Sinópticas Meteorológicas (ESIMEs) sin embargo, dada la distancia a la que se encuentran del sitio del proyecto (la estación más cercana se sitúa a 100 Km), los datos que proporcionan no se consideran significativos.



“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

flora de la zona del proyecto corresponde a vegetación secundaria, es decir, que la vegetación original ha sido removida; se observaron individuos de *Amaranthus spinosus*, *Anoda cristata*, *Argemone mexicana* y *Melinis repens*, especies que se pueden encontrar en caminos y lotes baldíos.

En cuanto a fauna, las especies de ornitofauna que se pueden observar en el Sistema Ambiental son *Buteo jamaicensis*, *Ardea alba*, *Egretta thula*, *Cathartes aura*, *Falco sparverius*, *Setophaga coronata*, *Fulica americana* y *Pyrocephalus rubinus*. En cuanto a mastofauna se observan a *Sylvilagus floridanus*, *Dasyopus novemcinctus* y *Procyon lotor*. Y Por último en herpetofauna se encuentra *Pituophis deppei*, *Sceloporus torquatus* y *Urosaurus bicarinatus*. En el caso de la fauna, se observan especies que pueden encontrarse en áreas urbanas, consideradas especies invasoras: *Columbina inca*, *Streptopelia decaocto*, *Zenaida macroura*, *Quiscalus mexicanus*, *Melozone fusca* y *Passer domesticus*. En cuanto a Mamíferos y reptiles, se pueden observar algunos ejemplares en el Sistema Ambiental, aunque es más común encontrarlos en zonas alejadas de la actividad humana, es decir, con menor perturbación.

**Para mayor detalle tanto sobre los aspectos abióticos descritos en el presente apartado, como los bióticos y sociodemográficos, se puede consultar el Capítulo IV de la Manifestación de Impacto Ambiental adjunta al Estudio de Riesgo Ambiental.**

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

## IV. Análisis Preliminar de Riesgos

Para esta fase se llevará a cabo una identificación de posibles riesgos a partir de los siguientes métodos:

- Una lista de verificación bajo la NOM-010-ASEA 2016: *Requisitos mínimos de seguridad para terminales de carga y terminales de descarga de módulos de almacenamiento transportable y Estaciones de suministro de vehículos automotores*, con el fin de que se verifique el cumplimiento en todas las etapas del proyecto, de tal manera que se identificarán los puntos que puedan generar un riesgo.

Esta metodología tiene como objetivo identificar los requerimientos de diseño, administrativos, operacionales, de mantenimiento y legales necesarios para la ejecución del presente proyecto. Esta lista de verificación se conforma de cuatro columnas, donde se especifica la actividad verificada (numeral de la norma), si aplica o no y algunas observaciones al respecto.

Derivado de lo anterior, se obtuvo un listado con las actividades y medidas necesarias establecidas en la norma que son de aplicación para el proyecto. Dicha tabla se puede consultar de forma completa en el Anexo 4.10.1.

- Antecedentes de Accidentes e Incidentes de Proyectos e Instalaciones Similares: El análisis histórico de accidentes es un método del tipo cualitativo, el cual consiste en estudiar algunas estadísticas de accidentes importantes registrados en el pasado en sistemas similares o con productos idénticos o de la misma naturaleza. Se basa en informaciones de procedencia diversa:
  - Bibliografía especializada (publicaciones periódicas y libros de consulta).
  - Bancos de datos de accidentes informatizados (tal es el caso de la información proporcionada por la Dirección General de Protección Civil, el Centro Nacional de Prevención de Desastres y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente).
  - 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
- Como adicional se llevará a cabo la metodología cuantitativa, en específico el índice Mond, con el fin de conocer el riesgo de la Estación de Descompresión como un solo nodo o una sola unidad de proceso. Es un índice de riesgo se basa en la asignación de penalizaciones y/o bonificaciones a diferentes áreas e instalaciones de un proyecto, las penalizaciones son asignadas en función de las sustancias presentes y las condiciones de proceso, las bonificaciones toman en cuenta las medidas de seguridad que pueden mitigar o prevenir efectos adversos a la operación de la instalación.

La aplicación del método es iterativa, por cuanto en primer lugar se divide la instalación objeto de estudio en unidades de proceso, se describen los materiales determinantes en el riesgo y se evalúa el peor caso; una vez obtenido el resultado, se corrige con la modificación de los índices más determinantes (si ello es

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

razonable) y por último se modifican los valores obtenidos mediante la aplicación de unos factores correctores que tienen en consideración aquellos aspectos que minimizan el riesgo. A todos estos valores se les asigna un valor numérico de acuerdo con lo señalado por la metodología y posteriormente se calcula el Factor de Riesgo Global, el cual señala el riesgo integral que representa el proyecto, tanto con los índices del sistema planteados sin ninguna medida de prevención y/o seguridad como del sistema al considerar los índices de reducción.

A continuación se realizan las metodologías anteriormente mencionadas:

Lista de Verificación

Se ha mencionado que la lista de verificación para este análisis de riesgo preliminar se realizará en base a la NOM-010-ASEA-2016, con el fin de verificar aspectos desde el diseño de la misma, en el Anexo 4.10.1 se podrá encontrar el archivo completo de la lista de verificación:

Tabla 14. Ejemplo de la lista de verificación

<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>	Lista de Verificación	<b>PROYECTO:</b>	<b>ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN DE GAS NATURAL EN SAN MIGUEL EL ALTO, JALISCO</b>	
<b>NORMA Oficial Mexicana NOM-010-ASEA-2016 GAS NATURAL COMPRIMIDO</b>			<b>VERIFICO</b>	ING. KARLA AQUINO CRESPO
<b>UBICACIÓN:</b>	ESTADO DE JALISCO			
<b>ACTIVIDAD VERIFICADA</b>		<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>5. Diseño</b>				
Análisis de Riesgo. La Terminal y Estación de GNC deben contar con un Análisis de Riesgo, elaborado por una persona moral con reconocimiento nacional o internacional, de conformidad con la regulación que para tal fin emita la Agencia y las DISPOSICIONES administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos para la conformación, implementación y autorización de los Sistemas de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente aplicables a las actividades del Sector Hidrocarburos que se indican, o las DISPOSICIONES administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos para la conformación, implementación y autorización de los Sistemas de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente aplicables a las actividades de Expendio al Público de Gas Natural, Distribución y Expendio al Público de Gas Licuado de Petróleo y de Petrolíferos.		X		
<b>8. Cierre y Desmantelamiento</b>		X		

Antecedentes de Accidentes e Incidentes

El ámbito de aplicación de esta metodología observa una utilidad, principalmente, para el establecimiento de posibles riesgos en un sistema como el que manejamos en el proyecto; 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

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

accidentes, tomando como marco de referencia los siniestros acontecidos tanto internacional como nacionalmente, conforme los siguientes puntos:

Cabe mencionar que no hay una base de datos o noticias sobre accidentes y/o incidentes en alguna estación de descompresión, la tecnología es relativamente nueva en el mercado nacional, por lo que este punto se ataca en percances o eventos que se hayan registrado con la sustancia: Gas Natural.

### **Marco General.**

Las actividades petroleras como el transporte o manejo de sustancias como el gas natural, en todo proceso industrial que esta intervenga tiene cierto margen de riesgo que puede estar vinculado a manifestaciones de eventos no deseados como incendios o explosiones (derivados de fugas e ignición) y otros factores como los siguientes:

- a) Inadecuado control de calidad de los componentes mecánicos del sistema de operación tales como bridas, empaques en válvulas y en los puntos de inicio y final.
- b) La frecuencia, continuidad y características de los programas de verificación y mantenimiento preventivo y correctivo.
- c) La eficiencia y rapidez de respuesta para el control de emergencias, de acuerdo con los planes de Seguridad Industrial y Protección Ambiental.

En lo referente al control de calidad de los componentes mecánicos del sistema de operación, esto representa para el proyecto en estudio un abatimiento del nivel de riesgo muy importante, debido a que la mayor parte de los materiales manejados en la industria de hidrocarburos, han demostrado cumplir con los estándares de calidad más importantes establecidos por la Internacional Standard Organization (ISO), lo que generalmente resulta en nulas fallas en materiales y equipos de operación.

Debido a que Neomexicana operará este sistema, estará atento a realizar con frecuencia, y continuidad los programas de verificación y mantenimiento preventivo y correctivo, así como una oportuna y eficaz atención y respuesta para el control de emergencias a partir de la implementación de programas de Seguridad Industrial y Protección Ambiental y/o con la adopción de estándares de calidad cada vez más exigentes; sin embargo, pudieran persistir problemas, aunque en pequeña proporción, lo que provoca que existan factores extrínsecos a las labores y actividades de operación que pudieran derivar en problemas de accidentes.

A pesar de que la industria petrolera tiene un registro de accidentes inferior al de otras actividades industriales, ésta es considerada de alto riesgo. Para el caso de México, los accidentes con gas natural han ocurrido en su mayoría en gasoductos, dichos eventos pusieron de manifiesto el alto grado de consecuencias derivadas de las manifestaciones del riesgo implícito que lleva la operación y manejo de sistemas que contienen el combustible mencionado.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

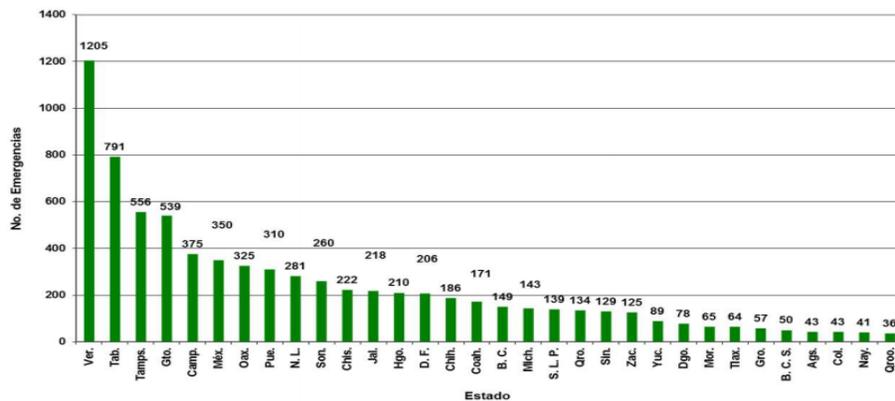
**Estadística General de Accidentes:**

Conforme datos publicados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en su página electrónica de internet ([www.profepa.gob.mx](http://www.profepa.gob.mx)), el análisis estatal y anual de accidentes en la República Mexicana, para el período 2000 - 2014, presenta la siguiente estadística:

*Tabla 15. Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA*

Estado	Año														Total		Acumulado (%)	
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Eventos		%
Veracruz	143	83	71	94	118	85	63	65	44	46	45	57	90	76	123	1205	15.88	15.88
Tabasco	98	93	92	60	65	63	46	59	26	29	9	12	20	24	95	791	10.42	26.30
Tamaulipas	10	33	30	41	44	32	44	44	58	36	23	22	34	42	63	556	7.33	33.62
Guanajuato	31	34	6	24	6	9	11	16	24	26	25	14	33	53	237	539	7.10	40.72
Campeche	39	41	41	48	116	38	5	10	2	4	2	6	6	5	12	375	4.94	45.67
México	25	19	19	21	8	23	15	11	14	12	21	17	35	51	59	350	4.61	50.28
Oaxaca	18	19	17	19	18	23	29	22	24	19	16	21	30	21	29	325	4.28	54.56
Puebla	12	16	20	30	11	19	8	7	7	22	20	28	25	23	62	310	4.08	58.64
Nuevo Leon	18	21	25	4	7	5	16	9	14	20	25	24	30	28	35	281	3.70	62.35
Sonora	13	15	4	6	13	15	10	18	12	4	9	20	55	29	37	260	3.43	65.77
Chiapas	21	21	32	20	13	21	13	18	14	12	8	4	13	3	9	222	2.92	68.70
Jalisco	19	8	5	8	2	13	11	11	7	11	18	13	30	24	38	218	2.87	71.57
Hidalgo	22	20	13	8	8	11	8	7	9	9	8	16	17	22	32	210	2.77	74.33
Distrito Federal	14	3	4	7	16	19	11	9	6	12	9	13	15	34	34	206	2.71	77.05
Chihuahua	4	8	3	0	1	6	13	13	12	8	10	20	24	29	35	186	2.45	79.50
Coahuila	25	19	12	9	7	6	7	5	6	14	8	18	15	10	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	13	11	7	3	7	6	6	6	12	9	15	10	13	143	1.88	85.60
San Luis Potosí	11	16	17	13	2	17	2	8	7	7	5	9	8	8	9	139	1.83	87.43
Querétaro	9	3	5	6	6	1	6	9	7	11	10	11	13	10	27	134	1.77	89.20
Sinaloa	6	5	9	3	2	2	2	5	4	3	4	13	16	21	34	129	1.70	90.90
Zacatecas	2	4	3	3	1	8	4	10	5	9	15	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	5	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	6	7	1	0	1	6	4	4	1	2	1	8	7	6	10	64	0.84	96.44
Guerrero	2	3	0	5	4	2	2	1	6	7	3	8	3	5	6	57	0.75	97.19
Baja California Sur	0	5	0	3	0	0	0	1	6	4	7	8	6	6	4	50	0.66	97.85
Aguaascalientes	4	5	3	1	1	1	1	0	3	8	3	2	2	2	7	43	0.57	98.42
Colima	2	0	2	2	4	4	4	2	4	5	1	0	3	2	8	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	3	2	4	2	5	2	1	36	0.47	100.00
<b>Total</b>	<b>596</b>	<b>544</b>	<b>470</b>	<b>454</b>	<b>502</b>	<b>455</b>	<b>362</b>	<b>405</b>	<b>350</b>	<b>368</b>	<b>339</b>	<b>426</b>	<b>618</b>	<b>606</b>	<b>1095</b>	<b>7590</b>	<b>100.00</b>	
<b>Eventos / Día</b>	<b>1.63</b>	<b>1.49</b>	<b>1.29</b>	<b>1.24</b>	<b>1.38</b>	<b>1.25</b>	<b>0.99</b>	<b>1.11</b>	<b>0.96</b>	<b>1.01</b>	<b>0.93</b>	<b>1.17</b>	<b>1.69</b>	<b>1.66</b>	<b>3.00</b>	<b>1.39</b>		

Puede observarse que el Estado de Jalisco, se encuentra registrado en la 12ª posición con respecto a la incidencia de accidentes y los años con más eventos (18 – 38) fueron desde 2010 a 2014.



*Figura 14. Emergencias ambientales reportadas a la PROFEPA*

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

De los accidentes reportados, en el período 1998 – 2009, la PROFEPA establece que las principales sustancias involucradas, son:

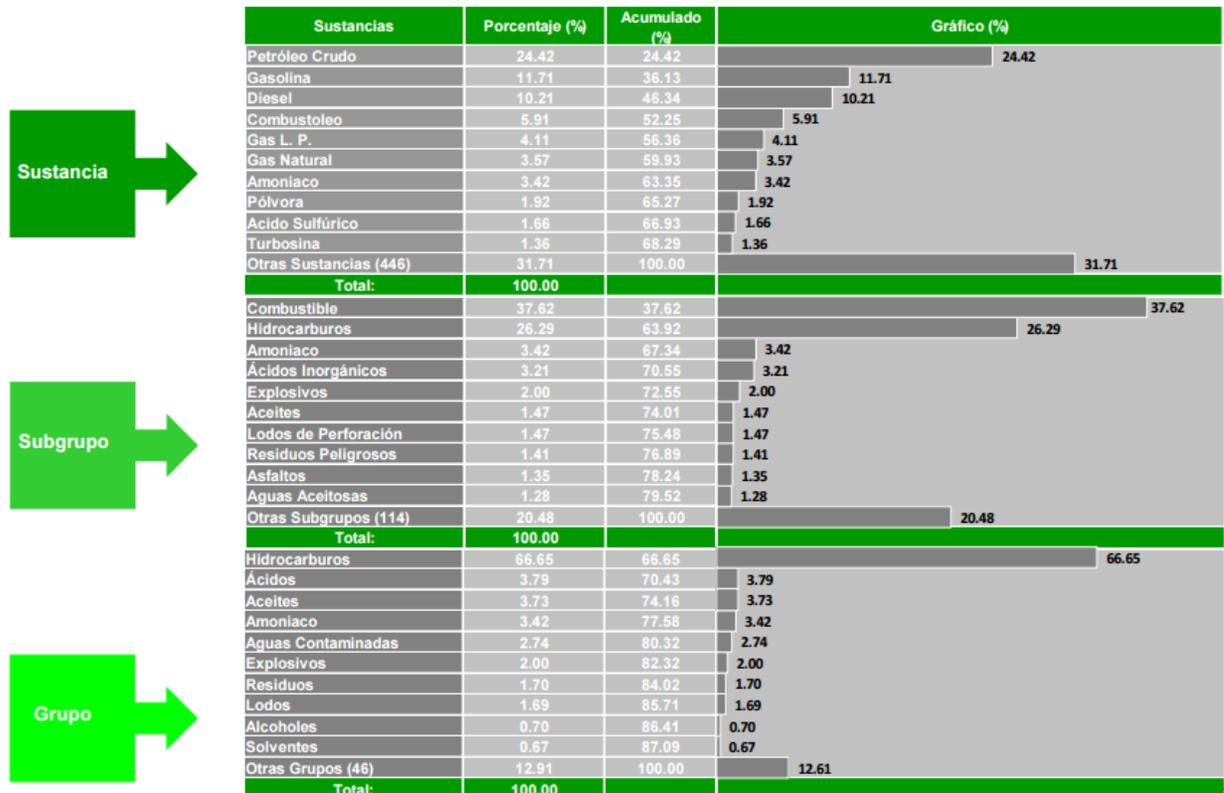
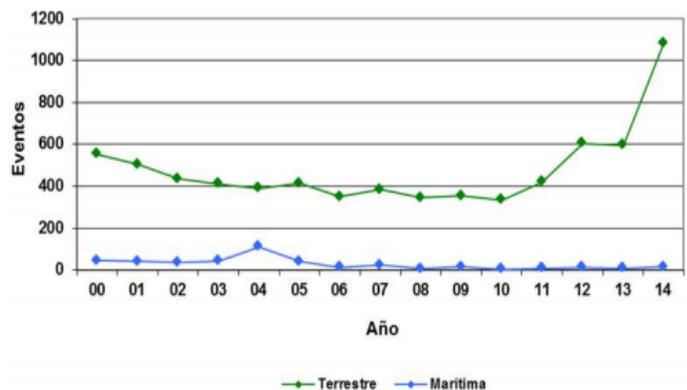


Figura 15. Sustancias involucradas en emergencias

A este respecto, se puede apreciar que el Gas Natural se encuentra situado como una de las sustancias reportadas con menor frecuencia en los accidentes analizados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Esta sustancia se relaciona con un 3.57 % de los accidentes ocurridos en la República Mexicana (para el período 1998 - 2009). Por otra parte, para el período señalado entre 2000 y 2014, los accidentes reportados en el país se han presentado mayoritariamente en actividades de transporte, conforme se establece enseguida:

Año	Número de Eventos	Localización			
		Terrestre		Marítima	
		No.	%	No.	%
2000	596	552	92.6	44	7.4
2001	544	503	92.5	41	7.5
2002	470	435	92.6	35	7.4
2003	454	411	90.5	43	9.5
2004	502	390	77.7	112	22.3
2005	455	414	91.0	41	9.0
2006	362	349	96.4	13	3.6
2007	405	383	94.6	22	5.4
2008	350	344	98.3	6	1.7
2009	368	354	96.2	14	3.8
2010	339	335	98.8	4	1.2
2011	426	419	98.4	7	1.6
2012	618	605	97.9	13	2.1
2013	606	597	98.5	9	1.5
2014	1095	1080	98.6	15	1.4
<b>Total:</b>	<b>7690</b>	<b>7171</b>	<b>94.5</b>	<b>419</b>	<b>5.5</b>



“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

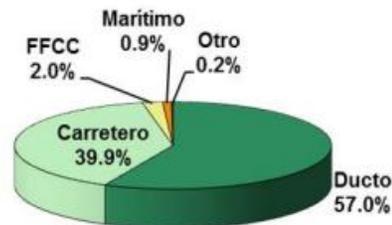
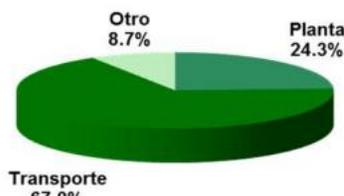
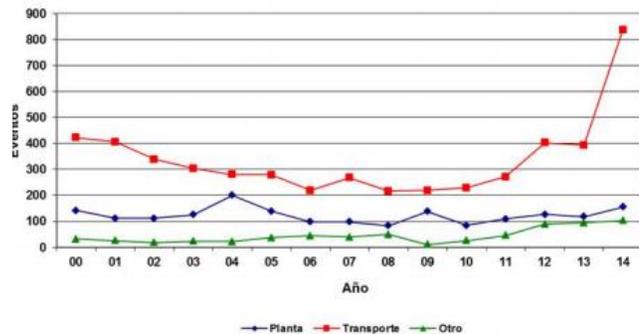
Año	Número de Eventos	Tipo									
		Fuga		Derrame		Explosión		Incendio		Otro	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
2000	596	46	7.7	483	81.0	26	4.6	35	6.0	6	1.0
2001	544	60	9.2	455	83.6	14	2.6	21	3.9	4	0.7
2002	470	22	4.7	403	85.7	16	2.6	27	5.7	3	0.6
2003	454	22	4.8	385	84.8	18	3.2	21	4.6	8	1.8
2004	502	29	5.8	446	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	0.5
2012	618	87	14.1	408	66.0	66	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
<b>Total:</b>	<b>7590</b>	<b>883</b>	<b>11.6</b>	<b>5658</b>	<b>74.5</b>	<b>475</b>	<b>6.3</b>	<b>535</b>	<b>7.0</b>	<b>39</b>	<b>0.5</b>

Figura 16. Emergencias ambientales reportadas a la PROFEPA (Período 2000-2014) Número, Localización y Tipo de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA

Observando los datos anteriores, se verifica una amplia preponderancia de accidentes relacionados con el transporte de sustancias peligrosas por medio de ductos, 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 a 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 a la localización de los siniestros y el tipo de estos, conforme se muestra a continuación:

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	116	19.5	394	65.0	94	15.5
2014	1095	155	14.2	837	76.4	103	9.4
<b>Total:</b>	<b>7590</b>	<b>1841</b>	<b>24.3</b>	<b>5086</b>	<b>67.0</b>	<b>663</b>	<b>8.7</b>



“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

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
<b>Total:</b>	<b>7590</b>	<b>1841</b>	<b>24.3</b>	<b>5086</b>	<b>67.0</b>	<b>663</b>	<b>8.7</b>

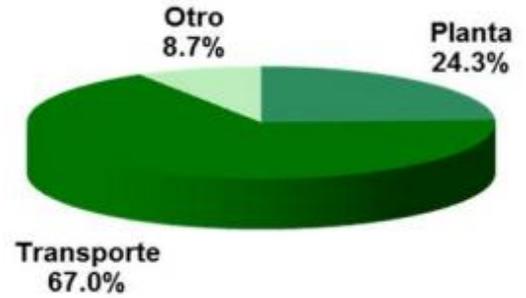


Figura 17. Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 – 2014) Número, Ubicación y Medio de Transporte de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA.

De la información anterior, se desprende que la localización de accidentes en la República Mexicana se presenta en número superior en forma terrestre; sin embargo, esto no quiere decir que sean los que mayor daño provoquen al ambiente, dado que gran parte de los siniestros acontecidos en el medio marítimo han tenido consecuencias catastróficas sobre los recursos bióticos, principalmente en los marinos, por tratarse de sistemas muy frágiles. Así también, se puede apreciar que el mayor número de eventos analizados por la PROFEPA en el período 2000 – 2014, se vincula con fugas o derrames, lo cual tiene relación directa con el tipo de sustancias principales ligadas con accidentes, mencionadas anteriormente, destacando el petróleo, la gasolina, el diésel, el combustóleo, el amoniaco y el Gas L.P.

a) Alcance de los daños causados

Anteriormente, en el reporte de accidentes relacionados con el manejo de sustancias químicas en la República Mexicana, se establecieron de forma particular los daños provocados por cada uno de los accidentes registrados. De manera complementaria, a continuación, se establece una relación general entre el número de emergencia y personas afectadas en accidentes ocurridos en el país, durante el período 1993 – 2009:

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

AÑO	NO. DE EMERGENCIAS	AFECTADOS	AFECTADOS/ EMERGENCIA	EMERGENCIAS POR DIA	AFECTADOS POR DIA
1993	157	1,653	10.53	0.43	4.53
1994	416	667	1.60	1.14	1.83
1995	547	13,044	23.85	1.50	35.74
1996	587	18,190	30.99	1.61	49.84
1997	632	10,323	16.33	1.73	28.28
1998	538	7,792	14.48	1.47	21.35
1999	469	12,772	27.23	1.28	34.99
2000	470	16,390	34.87	1.29	44.90
2001	565	7,151	12.66	1.55	19.59
2002	470	13,881	29.53	1.29	38.03
2003	457	13,807	30.21	1.25	37.83
2004	503	23,197	46.12	1.38	63.55
2005	456	26,682	65.09	1.25	81.32
2006	362	4,932	13.62	0.99	13.51
2007	403	32,923	81.69	1.10	90.20
2008	349	11,141	31.92	0.96	30.52
2009	370	9,035	24.42	1.01	24.75
<b>TOTAL</b>	<b>7998</b>	<b>241,785</b>			
<b>PROM.</b>	<b>470.47</b>	<b>14,222.65</b>	<b>30.23</b>	<b>1.29</b>	<b>38.97</b>

Figura 18. Análisis estadístico de los daños a la población ocasionados por las emergencias ambientales

**Atención y Seguimiento de Emergencias Ambientales Año 2017**

La PROFEPA cuenta con el Centro de Orientación para la Atención a Emergencias Ambientales (COATEA). En el año 2017 se recibieron 652 notificaciones sobre la ocurrencia de emergencias ambientales, de las cuales 258 fueron provocadas por derrames de hidrocarburos y otras sustancias químicas, 124 por explosiones, 106 por fugas, 152 por incendios en las instalaciones y 12 por otras causas. Del total de las emergencias ambientales notificadas, se instauraron los procedimientos administrativos correspondientes en los sitios con afectación mayor a un metro cúbico para verificar la restauración de las áreas afectadas y evitar impactos ambientales adversos, en los casos competencia de la Procuraduría.

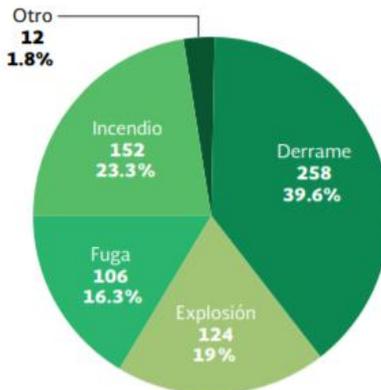


Figura 19. Emergencias notificadas en 2017: Total de emergencias 652

Del total de emergencias, la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA) atendió 262 casos y la PROFEPA 390.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”



Figura 20. Emergencias notificadas en 2017

La información relacionada con la ocurrencia y seguimiento de emergencias ambientales asociadas con el manejo de sustancias químicas se ha registrado desde la creación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en 1992. Con estas acciones de inspección y vigilancia la institución busca minimizar los riesgos a la población y al ambiente ocasionados por las sustancias químicas liberadas durante la ocurrencia de emergencias.

#### b) Identificación de las Causas de los Accidentes

##### 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, por omisiones, acciones equivocadas o insuficiencia en los requerimientos de ejecución.

El origen de los errores humanos presenta diversas vertientes, destacando:

- 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 (incluye la falta de evaluación de operarios).
- Interrupción de operaciones en un momento no pertinente, por capacitación deficiente o negligencia.
- Condiciones ambientales relacionadas con la empresa.

De hecho, durante el análisis de los accidentes ocurridos en las diferentes instalaciones, 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 faltas.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

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 daño a instrumentos que manejan sustancias químicas peligrosas, por impacto con vehículos), realización de actividades de mantenimiento (reparaciones improvisadas o mal realizadas) y aplicación de medidas de control y protección de riesgos (instalación y ubicación deficiente de equipos y dispositivos contra incendio).

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

### **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 originados por corrosión en elementos metálicos. A este respecto, se incluyen las fallas o accidentes mecánicos producidos en equipos de proceso por desgaste o mala operación, lo cual puede debilitar las instalaciones de ocasionando eventos de riesgo.
- Instalación inadecuada de válvulas y demás accesorios de seguridad en los sistemas operativos, referentes a procedimientos y selección de materiales deficientes.
- Defectuosa calidad en la manufactura de válvulas y accesorios de calidad.
- Fugas y derrames ocasionados por deficientes prácticas de mantenimiento (falta de procedimientos, instrumentos y personal calificado).
- Rotura de tuberías e instrumentos que manejen sustancias químicas peligrosas, por impacto con vehículos utilitarios o de proveedores.
- Fugas y explosiones provocadas por incendios en áreas contiguas.
- 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.
- Reparaciones improvisadas o mal realizadas.

### **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, sanitarios, 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.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Algunos de los eventos ocurridos en México referentes al gas natural (específicamente transporte por ducto y plantas, ya que es la actividad con mayor afluencia de dicho combustible) se resumen en la tabla siguiente:

*Tabla 16. Eventos ocurridos en México*

Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia (s) Involucrada (s)	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
1978	Tabasco, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas y daños ecológicos	Evento histórico (No se cuenta con la información)
1992	Tabasco, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
1984	Tabasco, México	Área de válvulas y ducto	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga en accesorio	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
1998	Tabasco, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas y daños ecológicos	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2013	Veracruz, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2005	Tabasco, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2005	Veracruz, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2007	Guanajuato, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2011	Puebla, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Emisión de material	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2012	Tamaulipas, México	Planta de Gas	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia (s) Involucrada (s)	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
2013	Estado de México, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2013	Oklahoma	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2013	Texas	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2013	Missouri	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2014	Nuevo León, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga	Daños ecológicos	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2015	Nuevo León, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Ruptura de tubería	Ruptura por máquina	Pérdidas humanas, daños ecológicos y daños materiales	Evento histórico (No se cuenta con la información)
2015	CDMX, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga		Evento histórico (No se cuenta con la información)
2016	CDMX, México	Ducto de Gas Natural	Gas Natural	Fuego / Explosión	Fuga		Evento histórico (No se cuenta con la información)

Fuente: Elaboración propia.

Históricamente, las tuberías son una de las formas más seguras para transportar hidrocarburos, incluyendo al gas natural. Sin embargo, la posibilidad de fuego o explosión existe aun cuando esto sea un evento extremadamente raro para cualquier tubería.

La Oficina para la Seguridad de las Tuberías (Office of Pipeline Safety) (OPS) del Departamento de Transporte de los Estados Unidos de Norteamérica (Department of Transport) (DOT), mantiene una de las bases de datos de incidentes en tuberías con gas natural más extensas.

Esta base de datos provee una visión de las causas y consecuencias de fallas en tuberías y accesorios.

El análisis de la base de datos revela que las causas de falla pueden ser ampliamente clasificadas en diferentes categorías:

- Defectos de construcción y/o materiales;
- Corrosión (interna y/o externa);
- Daño por fuerzas naturales (temblores, rayos, fuego, etc.);
- Fallas humanas durante la operación;

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

- Daño por excavaciones por terceras partes;
- Fuerzas externas desconocidas;
- Otras.

La estación de descompresión es un sistema nuevo que utilizará mejores materiales y avances tecnológicos para su construcción y operación. Por tanto, la probabilidad de falla debería ser mucho menor que la estadística promedio. Aun cuando se presenten fugas accidentales de gas natural, no siempre se presenta fuego ni ocurre una explosión. Dichas categorías fueron compiladas a partir de datos de fallas en infraestructura para la transmisión de gas natural de información obtenida de la OPS. La tabla muestra la probabilidad relativa de diferentes causas respecto a todas las causas identificadas en el Reporte GRI del año 2001.

*Tabla 17. Distribución típica de las causas de fallas 1985-1999*

<b>Causas de Falla</b>	<b>Porcentaje</b>
Defectos de construcción y/o materiales	24.0
Corrosión	21.0
Daño por fuerzas naturales	9.0
Daño por excavaciones por terceras partes	30.0
Fuerzas externas desconocidas	1.0
Desconocidas/Otras	16.0
<b>Total</b>	<b>100%</b>

**Nota:** Se excluyen incidentes asociados con tuberías, estaciones de compresión y estaciones de regulación/medición.  
Fuente: PRCI report, PR-218-9801, March 2001

Como se muestra en la tabla anterior, los defectos de construcción y/o materiales y corrosión son las causas más frecuentes de fallas en infraestructura de gas, representando el 45% de las fallas.

**Descripción y valoración de las medidas aplicadas y, si es posible, de las estudiadas para evitar la repetición del accidente.**

En referencia al reporte de accidentes relacionados con el manejo de sustancias químicas en la República Mexicana, la medida coincidente aplicada por los respectivos involucrados en eventos de derrames fue la aplicación de bloqueo al flujo de la sustancia y limpieza de la zona afectada. En algunos casos fue posible la recuperación del producto.

De cualquier forma, todos los reportes de accidentes incurridos en instalaciones, al ser del conocimiento por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, requieren de una reevaluación de sus Estudios de Riesgo Ambiental, así como sus correspondientes Programas para la Prevención de Accidentes.

Particularmente para el proyecto de estudio, es necesario indicar que, entre las medidas establecidas para evitar la repetición de algunos accidentes registrados en la estadística nacional, se encuentra antes que todo, el hecho de que la ingeniería de la estación de descompresión para Gas Natural fue diseñada y será construida en estricto apego de las Normas Oficiales Mexicanas y Normas Internacionales que apliquen. Bajo esta consideración, se determina que la estación cumplirá con los requisitos mínimos técnicos y de seguridad que se deben observar en el territorio nacional para esta clase de instalaciones.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

En cuanto a la ejecución de actividades de suministro y descompresión, se seguirá un conjunto de procedimientos operativos previamente establecidos, encaminados a la prevención de accidentes y promoción de un desarrollo seguro de las labores.

Adicionalmente, se debe señalar que las condiciones de Construcción y operación de la estación de descompresión de gas natural, se sujetará a una evaluación del cumplimiento estricto con respecto a las especificaciones marcadas en la normatividad técnica vigente.

#### Índice de Mond

Toda la descripción de la metodología se encuentra en el Anexo 4.8. Los resultados de la aplicación de esta metodología se encuentran en el Anexo 4.10.2.

Resultado de lo anterior, se obtiene el índice Global de Riesgo (R) para los dos casos, las siguientes tablas resumen los resultados tabulados obtenidos a partir de cada sección de estudio, los cuales se estructuraron a partir de los reportes del “Índice de Mond” correspondientes.

*Tabla 18. Resultados índices del sistema*

Índice	Inicial	Valor	Categoría
Índice DOW Equivalente	<b>D</b>	175.58	Muy Extremo
Índice de Riesgo de Incendio	<b>F</b>	0.2595	Ligero
Índice de Riesgo de Explosión Interna	<b>E</b>	4.1	Alto
Índice de Riesgo de Explosión Aérea	<b>A</b>	3.97	Ligero
Índice Global de Riesgo	<b>R</b>	<b>321.71</b>	<b>Moderado</b>

*Tabla 19. Resultados índices con reducción*

Índice con Reducción	Inicial	Valor	Categoría
Índice DOW Equivalente Reducido	<b>D<sub>R</sub></b>	103.05	Alto
Índice de Riesgo de Incendio Reducido	<b>F<sub>R</sub></b>	0.10194	Ligero
Índice de Riesgo de Explosión Interna Reducido	<b>E<sub>R</sub></b>	2.1	Bajo
Índice de Riesgo de Explosión Aérea Reducido	<b>A<sub>R</sub></b>	0.02	Ligero
Índice Global de Riesgo Reducido	<b>R<sub>R</sub></b>	<b>25.63</b>	<b>Bajo</b>

#### Conclusión de análisis preliminar

Al término del análisis preliminar de riesgos se puede observar que los principales riesgos son los siguientes por cada metodología ocupada:

- Lista de Verificación: A pesar de que es una lista basada en la norma, donde se evalúa que aplica y que no, y con que se cumple, nos da un vistazo en aspectos donde se debe tener extrema precaución y que no se deben de omitir:
  - \* En el diseño de la estación
  - \* Capacitación de personal
  - \* Procedimientos y supervisión
  - \* Materiales adecuados y probados
  
- Antecedes de Accidentes e Incidentes: Se tuvo análisis que rodeaba al gas natural más no a las estaciones de descompresión debido a la prácticamente nula

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

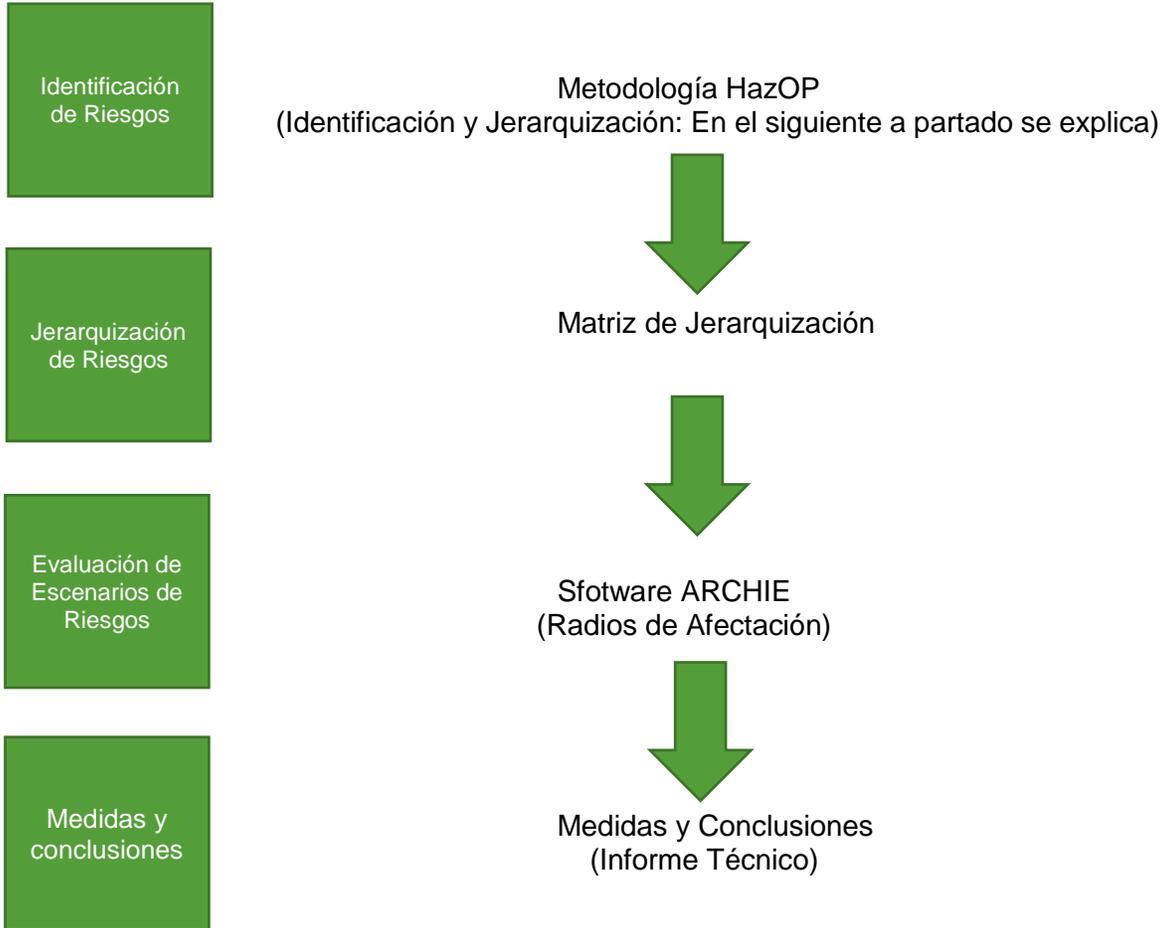
información de esta tecnología, y se tuvieron puntos que aplican a la estación, donde resaltan los principales riesgos:

- \* Factor humano: Capacitación, errores, negligencias, descuidos, y maniobras.
  - \* Equipos: Inadecuados, mala calidad, mala instalación de los componentes, rotura de tuberías, mala selección en el diseño, supervisión y mantenimiento.
  - \* Diseño: Diseño equivoco, condiciones que rebasan las de diseño, falta de instrumentación o accesorios necesarios, falta de sistemas de seguridad, instalaciones que no son a prueba de explosión.
- Índice Mond: De esta metodología solo se obtuvo un riesgo cuantitativo general de la instalación, considerandolá como una sola instalación, el cual es categorizado como Bajo, debido a todas las bonificaciones que se dieron gracias a la salvaguardas del sistema.

Las primeras dos metodologías arrojan parámetros identificados como focos de atención donde se pueden generar riesgos, se deben evaluar con más detalle y con métodos más robustos, con el fin de tener una identificación más puntual, jerarquizarlos y evaluarlos, con el fin de proponer las medidas adecuadas para tener el mínimo riesgo de la estación de descompresión.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Tomando como base el análisis de riesgo preliminar se sugiere la utilización de las siguientes metodologías que se mencionan en el diagrama siguiente:



### Justificación de la metodología seleccionada

El número de metodologías para identificar y jerarquizar los riesgos ambientales se ha ido diversificando conforme la tecnología, generación y accesibilidad de información han ido mejorando, es por ello por lo que el primer aspecto a resolver es la elección del enfoque y método adecuados con base a las características particulares del proyecto y a la información base disponible.

En términos generales, los métodos existentes\* varían en nivel de complejidad y requieren de distintos tipos de datos, experiencia y herramientas tecnológicas; por lo tanto, producen diferentes niveles de precisión y certidumbre, sin embargo, en general dependen en buena parte de la experiencia del grupo de expertos quien realiza el estudio.

---

\* Por mencionar algunos: *Métodos ad hoc*, útiles cuando existen limitantes con respecto al tiempo e información, por lo que la evaluación depende casi en su totalidad en la opinión de los expertos. Los *Checklists y matrices* son adecuadas para organizar y presentar información; los *Métodos de Evaluación Rápida* son útiles para evaluar los impactos en sitios donde los cambios en los ecosistemas son acelerados; entre otros.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Con base en lo anterior, se consideró como mejor opción el uso de metodologías tales como la lista de verificación, HAZOP, Matriz de jerarquización e Índice de Mond para la identificación, descripción y jerarquización de riesgos, ya que permiten un procedimiento lógico, objetivo y presentan la información de manera clara y concisa, lo que permite describir los riesgos de acuerdo con las particularidades del proyecto. Mediante el uso de estas metodologías, es posible apreciar la afectación de cada riesgo, así como determinar las acciones más relevantes para cada uno de ellos.

### Criterios considerados para la evaluación de los Factores de Riesgo.

Para la evaluación de riesgo se consideraron las siguientes actividades dentro del proceso:

- Conexión con tráiler
- Estación de descompresión
- Módulo de medición y Conexión con infraestructura de usuario

Las variables de proceso que se aplicaron fueron:

- Flujo
- Mantenimiento
- Sistemas de Seguridad
- Administración
- Presión
- Temperatura
- Nivel.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

## V. Identificación, evaluación y análisis de riesgos

Para este punto se seguirá el siguiente proceso:

1. Se determinarán los nodos a evaluar de la estación de descompresión
2. Se identificarán los riesgos de cada nodo con la metodología HazOp, dentro de la hoja de trabajo, viene una sección para evaluar cada riesgo de forma cualitativa y cuantitativa (abarcando dos metodologías en una sola hoja), lo cual nos da un preliminar sobre la jerarquización del riesgo
3. Se jerarquizarán las causas que generán de forma constante un riesgo y cual sería la consecuencia de esta causa por nodo, la conclusión de esta metodología nos dará la cantidad de riesgos por nodos que son tolerables y en caso de existir “no tolerables” se dará seguimiento acorde a la guía de la ASEA.
4. Una vez que se tienen los riesgos y las causas más probables, se construyen los eventos, los cuales se evaluarán y modelarán en el software especializado.

### Definición de Nodos de la Estación de Descompresión

**NOTA:** Es importante resaltar que la estación de descompresión podría ser como tal un solo nodo, sin embargo, ya que el presente estudio pertenece a un solo equipo se buscará realizar la clasificación de nodos de acuerdo a los cambios de flujos, condiciones de operación, entrada o salida de la descompresora, más no por instrumentos o equipos ya que muchos de ellos sólo realizan acciones como medir, filtrar o dar paso al combustible, sin alterarlo de alguna forma ni aunarlo o reducirle algún riesgo.

Como se ha mencionado, la EDGN podría ser un solo nodo parte de un proceso, sin embargo, debido a que el estudio esta orientado a este equipo en específico, los nodos se dividirán en donde se den cambios de presión y se marcarán principalmente por los reguladores como se muestra a continuación:

- Nodo 1: Desde la conexión del tráiler hasta la entrada al primer regulador.
- Nodo 2: De la salida del primer regulador a la entrada al segundo regulador
- Nodo 3: De la salida del segundo regulador a la salida al usuario (pasando por la medición)

Cada nodo abarca las válvulas, tubería, mangueras y equipos que se encuentran en ese tramo. No se hacen nodos por equipos como filtro, medidor, válvulas, etc, ya que en estos descritos, el gas solo fluye y su función es cortar el suministro del mismo, medirlo o filtrar las impurezas, más no hay un cambio en las condiciones de operación de dicho combustible, por otro lados los reguladores es donde se hace un cambio en la presión y que es la variable principal en este tipo de sistemas.

En el Anexo 1.2 se muestra un diagrama de flujo DFP-EDCHA y en el DTI que se muestra a continuación se puede ver la división de Nodos:

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

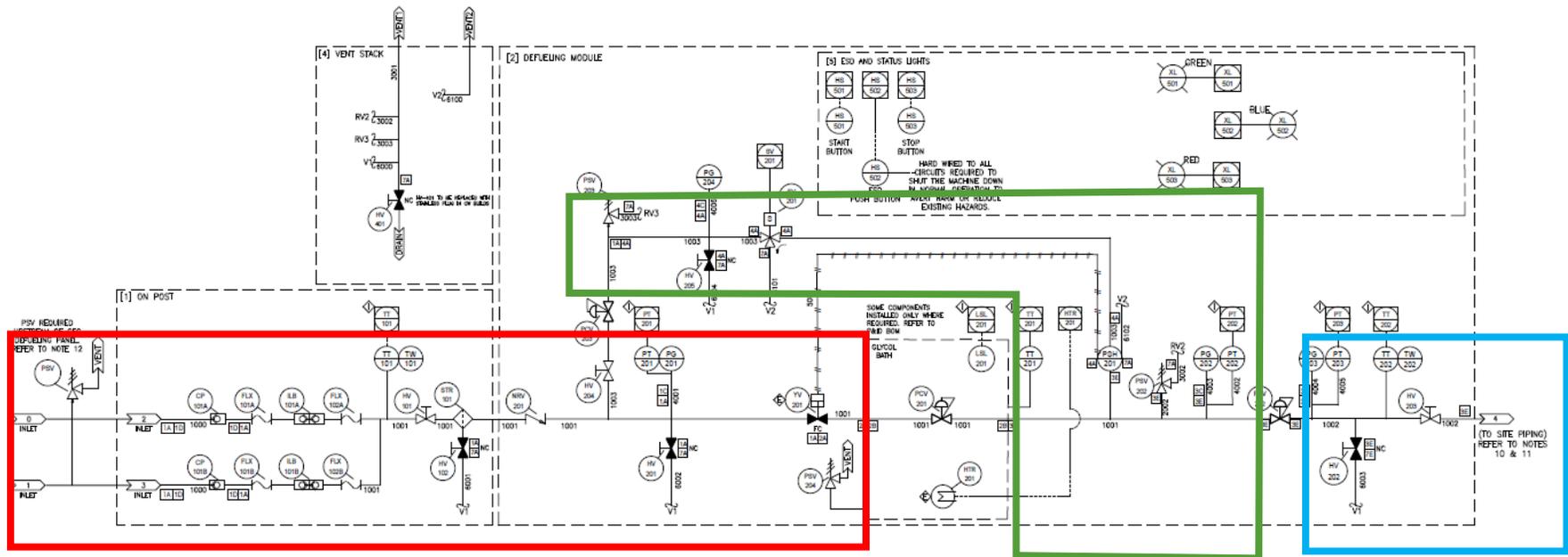


Figura 21. Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI)

El nodo 1 cabe mencionar que viene desde la conexión con el tráiler y se identifica con el recuadro rojo.

El nodo 2 es el marcado con el recuadro verde.

El nodo 3 es el recuadro azul y también es importante mencionar que incluye el módulo de medición.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

## V.1 Análisis cualitativo de riesgo

### V.1.1. Identificación de peligros y evaluación de riesgos

#### Metodología HazOp

Esta técnica de análisis de riesgo cuestiona cada una de las partes críticas del proceso para descubrir desviaciones probables en éste, que pueden originar riesgos al personal, al proceso o a las instalaciones, a través del análisis sistemático de las causas y consecuencias de las desviaciones mediante “palabras guía”.

Para la hoja de trabajo propuesta, se propone que sea cualitativa y cuantitativa con el fin de cumplir con los requisitos de la guía, de forma cualitativa se verifican los posibles riesgos que afronta cada nodo de la estación, donde se observa desde la desviación, causa y consecuencias; en la parte cuantitativa se podrá verificar la frecuencia, exposición, consecuencia y magnitud de cada posible riesgo identificado, con esta hoja de trabajo del HazOp no solo se podrá identificar los riesgos, si no también jerarquizar.

De esa forma, a continuación, se muestra el desarrollo de las citadas metodologías, aplicada a la sustancia de interés:

Para su aplicación, se partió de considerar a todo el proyecto como un sistema; el cual se dividió en los nodos mencionados anteriormente, que fueron analizadas independientemente con la finalidad de detectar las posibles desviaciones que se pudieran presentar; así como sus causas, efectos y alcance; en función de las características de operación, del equipo involucrado, de los posibles factores externos y fenómenos naturales que pudieran influir en la desviación de su funcionamiento o condiciones normales.

Las “Desviaciones” son cambios que se presentan al propósito y puestas al descubierto por la aplicación sistemática de palabras claves (que pasa sí se reduce, sí se aumenta, sí se para, sí se arranca, sí se rompe, sí se descompone, etc.).

Las “Causas” son los motivos por los que se pueden presentar las desviaciones, cuando se demuestra que una desviación tiene una causa real, se considera como una desviación significativa.

Las “Consecuencias” son los resultados que se obtendrían en caso de que se presentaran las desviaciones.

Posteriormente, en función de la cantidad de material peligroso manejado y como consecuencia del alcance de las consecuencias, de cada parte del sistema, se procedió a calificar la magnitud de las consecuencias de las posibles desviaciones de cada parte del sistema, la cual se da con el producto de la Probabilidad (P) por la Exposición (E) por las Consecuencias (C) y se expresa de la siguiente manera:

$$MR = P \times E \times C$$

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

También se calificó cada parte del sistema en cuanto a la probabilidad de ocurrencia de sus desviaciones, y por consiguiente de sus consecuencias, de acuerdo a los antecedentes de riesgo registrados y de la facilidad con que podrían ocurrir. Mediante los siguientes valores:

*Tabla 20. Probabilidad de ocurrencia*

<b>CALIFICACIÓN</b>	
<b>PROBABILIDAD DE RIESGO</b>	
Virtualmente imposible (que prácticamente no ocurre)	<b>0.1</b>
Poco probable, pero posible (que puede ocurrir)	<b>3.0</b>
Muy probable (que puede ocurrir frecuentemente)	<b>6.0</b>
Altamente probable (que sí ocurre)	<b>10.0</b>
<b>FRECUENCIA DE EXPOSICIÓN</b>	
Exposición mínima	<b>0.1</b>
Raro (unas pocas veces al año)	<b>1.0</b>
Ocasional (semanalmente)	<b>3.0</b>
Continuo (frecuente, diario)	<b>10.0</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LAS CONSECUENCIAS</b>	
No graves (sin lesión alguna, casi nada de daño material)	<b>0.5</b>
Apenas graves (lesiones tratadas con primeros auxilios)	<b>1.0</b>
Seria (lesión incapacitante y daños materiales por un monto de 365 días de salario mínimo para el D.F.)	<b>7.0</b>
Desastre (de una a cinco defunciones y daños materiales por un monto de hasta 30 veces el salario mínimo anual para el D.F.)	<b>40</b>
Catástrofe (más de cinco defunciones y daños materiales por un monto mayor de 30 veces el salario mínimo anual para el D.F.)	<b>100</b>

Para esta metodología se consideraron los elementos identificados por los cuales se generan riesgos en los Antecedentes e Incidentes del análisis preliminar.

Resultado de la aplicación de dicha metodología se obtuvo una matriz con 11 columnas, correspondientes a la palabra guía/parámetro de ingeniería y proceso, desviación probable, causas posibles de desviación, consecuencia de la desviación, alcance de las consecuencias, valore de probabilidad, exposición, consecuencias y magnitud y finalmente la acción recomendada. La siguiente tabla ejemplifica la matriz resultante, la cual puede ser consultada de forma completa en el Anexo 4.11.1.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Tabla 21. Ejemplo Hoja de Trabajo HazOp

PALABRA GUÍA / PARÁMETRO DE ING. Y PROCESO	DESVIACIÓN PROBABLE	CAUSAS POSIBLES DE DESVIACIÓN	CONSECUENCIAS DE LA DESVIACIÓN	ALCANCE DE LAS CONSECUENCIAS	PROBABILIDAD	EXPOSICIÓN	CONSECUENCIAS	MAGNITUD	ACCIÓN RECOMENDADA
<b>NODO 1. ENTRADA A ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN PREVIO A REGULACIÓN</b>									
NO  MANTENIMIENTO	1.1.- No se tiene un procedimiento ordenado de mantenimiento de tuberías y accesorios en la conexión y entrada a estación.	- Falta de revisión de sucesos que dañan en instalación.	- Baja probabilidad de fugas. - Probabilidad de dardos de fuego o formación de nubes	-Daño a instalación (principalmente), daño a personal, daño a la atmósfera. Posible daño al exterior de la planta.	3.0	3.0	1.0	9.0	Para esto es necesario programar y revisar el cumplimiento de mantenimiento correspondiente.
	1.2.- No se cuenta con un programa de revisión (fugas, corrosión, debilitamiento).	- Detección fuera de tiempo de corrosión y fractura en líneas de combustible.	- Fractura de material debido a debilitamiento. - Probabilidad de dardos de fuego o formación de nubes debido a posibles fugas.	Daño a personal, instalación, daño a la atmósfera. Posible daño al exterior de la planta.	3.0	1.0	7.0	2.1	Programar, supervisar y realizar el mantenimiento de tuberías, así como estar en constante supervisión de su estado.
	1.3.- No se cuenta con válvulas de corte de flujo a intervalos y en sitios estratégicos, para aislar para reparación de líneas.	- No se puede dar mantenimiento, y retraso del mismo, en la instalación	-Fractura de líneas por falta de reparación. - Fugas. -Probabilidad de dardos de fuego o formación de nubes	Daños a instalación. Posible daño a personal y atmósfera. Posible daño al exterior de la planta.	0.1	1.0	1.0	0.1	Es necesario realizar revisiones plasmado a su vez en una bitácora dicha revisión como evidencia.
	1.4.- Cuando se detecta una fuga, se soluciona únicamente ese problema, sin mayor inspección.	- Existencia de daño a línea o accesorio en conexión sin su detección oportuna.	-Fractura de material, por corrosión en algún otro punto -Probabilidad de dardos de fuego o formación de nubes, por fugas en algún otro punto	Daño de instalación, y personal. Daño a la atmósfera. Posible daño al exterior de la planta.	3.0	1.0	1.0	3.0	Realizar la inspección correspondiente.
NO  FLUJO	1.5 Ausencia de flujo de gas natural	- Fallo de válvula de corte en la estación. O mala conexión	-Falta de combustible al usuario	Paro de equipos que necesiten el combustible. Muy posible paro de planta.	3.0	1.0	0.5	1.5	Apegarse a los manuales de procedimiento de los equipos y accesorios para una operación adecuada.
	1.6.- Fuga de gas en línea de llegada a estación	- Riesgo de formación de nubes y acumulación de gas	- Probabilidad de dardos de fuego o formación de nubes.	Daños a personal, daños a caseta, muy probable al exterior. Daño al ambiente.	3.0	0.1	7.0	2.1	
<b>SUBTOTAL 2.1</b>					<b>15.1</b>	<b>6.1</b>	<b>23.5</b>	<b>17.8</b>	

Posteriormente, de la matriz anterior se identificaron **los casos o posibles fallos (eventos) más críticos** en cada uno de los tres nodos propuestos en el sistema y se jerarquizarán con la matriz de jerarquización más adelante mostrada.

Como resultado de lo anterior se obtuvo la siguiente tabla de resumen de resultados de la aplicación de la metodología HAZOP, donde se muestran los tres nodos de importancia (y con los cuales se trabajará todo el estudio) y su magnitud y probabilidad, tanto por nodo como por evento principal.

Tabla 22. Resultados finales HazOp

Número/Nombre de nodo	Total por nodo	
	Magnitud	Probabilidad
<b>1. Entrada a estación de descompresión previo a regulación</b>	<b>63.2</b>	<b>18.6</b>
<b>Evento por nodo 1</b>	<b>Por evento</b>	
	Magnitud	Probabilidad
1.1.- No se tiene un procedimiento ordenado de mantenimiento de tuberías y accesorios en la conexión y entrada a estación.	9.0	3.0
1.2.- No se cuenta con un programa de revisión (fugas, corrosión, debilitamiento).	21.0	3.0
1.3.- No se cuenta con válvulas de corte de flujo a intervalos y en sitios estratégicos, para aislar para reparación de líneas.	0.1	0.1
1.7.- El montaje de líneas y accesorios es deficiente.	0.3	0.1
1.8.- Las temperaturas y presiones de operación exceden las de diseño de tuberías y accesorios.	2.1	0.1
1.10.- Falta de señalamiento e identificación de la estación de descompresión	0.3	0.1

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Número/Nombre de nodo	Total por nodo	
	Magnitud	Probabilidad
<b>2. Tubería de la estación de descompresión posterior a primer regulador</b>	<b>49.8</b>	<b>21.5</b>
<i>Evento por nodo 2</i>	Por evento	
	Magnitud	Probabilidad
2.1.- Deterioro de líneas y accesorios de regulación (válvulas) de gas.	2.1	3.0
2.2.- Fuga de gas en tubería	2.1	3.0
2.3.- Congelamiento de línea de gas natural	1.5	3.0
2.7.- Falta de supervisión de buen estado de reguladores y válvulas de seguridad	9.0	3.0
2.8.- Falta de sistemas de corte de flujo rápido	2.1	0.1
2.9.- Falta de mecanismo de filtro antes del cabezal de regulación	0.05	0.1
Número/Nombre de nodo	Total por nodo	
	Magnitud	Probabilidad
<b>3. Tubería a la salida de la descompresora</b>	<b>28.9</b>	<b>15.4</b>
<i>Evento por nodo 2</i>	Por evento	
	Magnitud	Magnitud
3.4.- Cuando se detecta una fuga, se soluciona únicamente ese problema, sin mayor inspección.	2.1	3.0
3.5 Falla en intercambiadores de calor	0.3	3.0
3.6.- Falla en etapa de regulación	0.3	3.0
3.9.- Falta de válvula de seccionamiento a la salida de la descompresora	0.7	0.1

También se puede observar que después de identificar y jerarquizar los nodos con esta metodología, los posibles fallos que más riesgos atraen son los siguientes:

- Fuga de gas natural
- Fracturas de material
- Ausencia de flujo
- No mantenimiento
- No supervisión ni procedimientos
- Condiciones de operación excedidas
- No existe capacitación
- No existen sistemas ni atención a emergencias

Estos fallos se meterán a la matriz de jerarquización, con el fin de verificar por nodo cual es la consecuencia de cada uno y poder planetar escenarios de riesgo a modelar y evaluar.

También se pueden observar con esta metodología el nivel de Riesgo de Cada Nodo: Tolerable, No Tolerable y/o ALARP (Tan Bajo como sea Razonablemente Posible).

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

### V.1.2. Jerarquización de escenarios de riesgo

#### Matriz de jerarquización

Para realizar una jerarquización más visual de los riesgos involucrados en la Estación de Descompresión de Gas Natural, se llevó a cabo la metodología de evaluación por una Matriz de Jerarquización. Mediante los puntos de riesgo establecidos con la metodología anterior, se condensó la información de cómo podrían suceder los riesgos en una matriz de jerarquización, la cual permite identificar los posibles escenarios a modelar.

Para la ejecución de esta metodología se clasifica el riesgo, la severidad y la ocurrencia de cada posible fallo, posteriormente éstos valores son interpolados y se determina el riesgo total de cada evento por nodo, éstos pueden clasificarse como riesgos altos, medio o bajo (no tolerables, ALARP, tolerables (con revisión/sin revisión de forma correspondiente). Para aplicar esta metodología se consideraron los siguientes fallos por nodo (resultantes del análisis HAZOP ya mencionados):

- Fuga de gas natural
- Fracturas de material
- Ausencia de flujo
- No mantenimiento
- No supervisión ni procedimientos
- Condiciones de operación excedidas
- No existe capacitación
- No existen sistemas ni atención a emergencias

Resultado de esta metodología se obtuvieron las siguientes tres matrices de jerarquización, una para cada nodo de interés. Los cuadros marcados en rojo corresponden a riesgos “Altos”, los naranjas a “Medio” y amarillos/verdes (Con revisión/sin revisión) a “Bajo”. El procedimiento de estas matrices se puede consultar en el Anexo 4.8, donde se muestra desde su introducción y desarrollo, los resultados se muestran a continuación:

\*Es importante mencionar que se consideraron las salvaguardas y criterios de mantenimiento, que se mencionaron con anterioridad con los que cuenta la estación de descompresión, con el fin de que la frecuencia sea lo más aproximado a la realidad, sin embargo, para la severidad no se consideran esperando el escenario más crítico y obtener los máximos daños posibles.

\*Los receptores de riesgo de estos nodos se podrán verificar en el informe técnico que se muestra en el Punto VIII.3 contenido en el Resumen Ejecutivo de este estudio, y que son derivados a partir de los radios de afectación por nodo.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Tabla 23. Jerarquización de riesgos en el Nodo 1 (Entrada a estación de descompresión previo a regulación).

Frecuencia	Severidad			
	Catastrófico	Crítico	Marginal	Insignificante
Frecuente				
Probable				
Ocasional			No Supervisión ni procedimientos	
Remoto		Fuga de Gas Natural Fractura de Material No existen sistemas ni atención a emergencias	No Mantenimiento No existe capacitación	Ausencia de Gas Natural
Improbable		Condiciones de Operación Excedidas		

Tabla 24. Jerarquización de riesgos en el Nodo 2 (Tubería de la estación de descompresión posterior a primera etapa de regulación).

Frecuencia	Severidad			
	Catastrófico	Crítico	Marginal	Insignificante
Frecuente				
Probable				
Ocasional				
Remoto		Fuga de Gas Natural Fractura de Material	No supervisión ni procedimientos No existen sistemas ni atención a emergencias No existe capacitación	Ausencia de Gas Natural
Improbable		Condiciones de Operación Excedidas	No Mantenimiento	

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Tabla 25. Jerarquización de riesgos en el Nodo 3 (Salida de la estación de descompresión posterior a regulación y previo a conexión con infraestructura de usuario).

Frecuencia	Severidad			
	Catastrófico	Crítico	Marginal	Insignificante
Frecuente				
Probable				
Ocasional			No supervisión ni procedimientos	
Remoto		Fuga de Gas Natural Fractura de material	No existen sistemas de atención a emergencias	Ausencia de Gas Natural No existe capacitación
Improbable		Condiciones de Operación Excedidas	No mantenimiento	

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los resultados anteriores.

Tabla 26. Jerarquización de riesgos totales por nodo

Nodo	Nivel de Riesgo			
	No Tolerable	ALARP	Tolerable	Tolerable
1	0	0	7	1
2	0	0	7	1
3	0	0	6	2

Como se puede observar los riesgos caen en regiones de frecuencia y severidad similares en los 3 nodos, ya que como se mencionó anteriormente, la estación de descompresión se podría considerar como un solo nodo, y otros factores que influyen en esto, son las salvaguardas, filosofía de seguridad y operacional, así como los programas de mantenimiento que se tienen, estos hacen que la frecuencia disminuya de forma drástica, a pesar de tener una severidad crítica.

En conclusión, el nodo 1 es el que presenta mayores riesgos, esto debido a la severidad aunada a las condiciones donde se maneja la más alta presión. El nodo 2 presenta un comportamiento similar al nodo 1, sin embargo, su severidad y frecuencia es menor debido a que es una línea con menor presión y es un tramo pequeño en cuestión de accesorios, equipos y tubería. En el nodo 3 localizamos el menor riesgo incluso mayor número de riesgos tolerables con revisión ya que la presión es muy manejable para el operador.

Un punto a resaltar es que los riesgos asociados a Fuga de Gas Natural, Fracturas de material, y condiciones de operación excedidas, generan la severidad más crítica en los tres nodos, y esto debido a que son riesgos que podrían provocar nubes de gas y dardos de fuego sin importar la presión en la que se encuentre, lo cual podría provocar daños al sistema y alguna herida a personal, sin embargo, lo siguiente apoya a disminuir la frecuencia como ya se comentó:

Sobre las condiciones de operación excedidas a pesar de tener una severidad crítica, se tiene el control desde el diseño de la estación (validado internamente), por lo que no se contempla presentar una modelación con esta causa debido a su improbabilidad de que suceda un riesgo por esta situación.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

La fractura o daño al sistema, disminuye su frecuencia gracias a los programas que la empresa a desarrollado, así como la supervisión que se tendrá.

Por otra parte, todas las fallas anteriores que se ingresaron a la matriz, si ocurrieran como consecuencia se tendría una fractura de material la cual a su vez daría pie a una fuga de gas natural.

Por lo que, la fractura o este fallo se puede dar en la tubería o algún accesorio de la descompresora, y debido a **esto los escenarios que se construirán son modelar fugas de combustible por orificios generados en accesorios o en algún tramo de tubería.**

Con todo lo anterior, es decir, considerando los resultados de la metodología HAZOP y la Matriz de jerarquización, se puede concluir que; *posterior al punto de conexión con el tráiler (previo a regulación en estación de descompresión), el proceso tiene una mayor magnitud de riesgo debido a la infraestructura que lo conforma, así como a sus condiciones de operación. Así mismo, se determinó que la salida de la descompresora es donde se localiza el menor nivel de riesgo, ya que las condiciones operativas son menos drásticas, aunque los riesgos son más frecuentes de presentarse.*

Así, los escenarios de riesgo a simular se han propuesto realizar en los puntos clave a lo largo del sistema (cambios de presión), realizando énfasis en el área de mayor riesgo conforme con los resultados de la metodología HAZOP y la Matriz de jerarquización, y proponiendo fugas de gas natural por fracturas de material en tuberías o accesorios, quedando de la siguiente manera:

- **NODO 1:** FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A ¼” DE DIÁMETRO, EN UNA JUNTA, BRIDA O TUBERÍA EN MAL ESTADO A LA ENTRADA DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN PREVIO A REGULACIÓN (3,625 PSIG), UBICADA DENTRO DEL PREDIO PROPIEDAD DE CHAPETEADOS, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO PARA QUE LA VÁLVULA DE CORTE SE CIERRE Y QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS DONDE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE NEOMEXICANA Y CHAPETEADOS, CIERRE LAS DEMÁS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.
- **NODO 2:** FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A ¼” DE DIÁMETRO EN UNA JUNTA, BRIDA O TUBERÍA EN MAL ESTADO, ESTO AL TÉRMINO DE LA PRIMERA ETAPA DE REGULACIÓN (250 PSIG) DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN, UBICADA DENTRO DEL PREDIO PROPIEDAD DE CHAPETEADOS, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO PARA QUE LA VÁLVULA DE CORTE SE CIERRE Y QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS DONDE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE NEOMEXICANA Y CHAPETEADOS, CIERRE LAS DEMÁS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.
- **NODO 3:** FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A ½” DE DIÁMETRO, EN UNA JUNTA, BRIDA O TUBERÍA EN MAL ESTADO A LA SALIDA DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN (58.01 PSIG), UBICADA DENTRO DEL PREDIO PROPIEDAD DE CHAPETEADOS, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO PARA QUE LA VÁLVULA DE CORTE SE CIERRE Y QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS DONDE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE NEOMEXICANA Y CHAPETEADOS, CIERRE LAS DEMÁS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

Las memorias de cálculo de estos nodos se podrán verificar en los Anexos 4.12.1, 4.12.2 y 4.12.3.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

## V.2 Análisis Cuantitativo de Riesgo

### V.2.1. Análisis Detallado de Frecuencias

Debido a que no se presentaron riesgos en las regiones de “no tolerables” o “ALARP”, no se lleva a cabo un análisis detallado de frecuencias.

### V.2.2. Análisis Detallado de Consecuencias

A pesar de no contar con escenarios de riesgo que se hayan identificado con un nivel “no tolerable” o “ALARP”, es importante conocer en caso de fuga los radios de afectación y consecuencias de esta en cada uno de los escenarios propuestos anteriormente.

Las memorias de las simulaciones se podrán verificar en los anexos 4.12.1, 4.12.2 y 4.12.3 de este estudio de riesgo, donde se mencionan todos los datos, aspectos técnicos y factores considerados para cada escenario de riesgo. Como se mencionó anteriormente se ocupará gas natural como única sustancia en el proceso (en el Anexo 3.1 se puede consultar su Hoja de Seguridad y Datos).

Acorde a dichas memorias podemos obtener lo siguiente:

*Tabla 27. Tasa de Descarga*

Nodo	Escenario	Diámetro	Flujo (lb/min)	Presión (psig)	Temperatura (°C)	Duración de fuga (min)	Tasa de Descarga
1	Fuga previo a regulación	0.25”	136.06	3,625	25	10	136.06
2	Posterior a primera etapa de regulación	0.25”	9.09	250	25	10	9.09
3	Salida de regulación	0.5”	9.76	58.01	20	10	9.76

### Radios de Afectación

La emisión de contaminantes a la atmósfera y el importante manejo de sustancias peligrosas debido a las actividades industriales, son actualmente un aspecto de gran atención ambiental, salud y seguridad. Por lo que la siguiente etapa del análisis de riesgo ambiental es determinar cuáles serían las consecuencias de los posibles eventos no deseados, para ello se utilizó un programa electrónico de simulación a manera de poder cuantificar sus efectos.

El aspecto de manejo, transporte, compresión o descompresión de sustancias peligrosas es de importancia debido a los efectos que se pueden presentar en caso de accidente; de particular interés es el referente a la liberación en la atmósfera de un gas o vapor tóxicos provenientes de una fuga. Al respecto, el factor crítico a considerar es la posible exposición de la población a concentraciones que puedan afectar severamente su salud o incluso provocar su muerte.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Una situación parecida a la anterior es la relativa a la liberación masiva e instantánea de un gas tóxico el cual forma una nube o "puff" que es transportada por el viento. Aquí es importante poder prevenir la exposición de la población a niveles peligrosos o letales. En este proyecto, el manejo de gas natural implica riesgos de fuga y deflagración entre otros. En este caso, es importante estimar los radios de afectación y la magnitud de los daños potenciales por la ocurrencia de un evento explosivo, considerando el personal expuesto y las características de las instalaciones y procesos existentes.

La falla se puede detectar por medio de la diferencia entre presiones y cantidades el suministro y el consumo de gas natural, o por un tercero que notifique la fuga. Es importante señalar que las simulaciones que se presentan fueron realizadas observando las condiciones climatológicas y meteorológicas extremas del sistema ambiental Anexo 4.12, así como las propiedades específicas de la sustancia estudiada. La importancia de esta observación radica en el hecho de que, en caso de 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.

Juegan un papel importante entre los criterios a observar en la evaluación de riesgo ambiental, el establecimiento de parámetros de medición mediante los cuales se fijan valores tope que permitan salvaguardar la salud de quienes se encuentran en los alrededores de instalaciones de alto riesgo, así como proteger sus bienes.

En lo relativo a la afectación por riesgo de actividades en las cuales se utilizan sustancias con características explosivas, el caso del proyecto en comento para la determinación de la **zona de alto riesgo**, se establece como parámetro de afectación las ondas de sobrepresión de 0.070 Kg/cm<sup>2</sup> (1 PSIG), tomando como zona de afectación, el área de un círculo con un radio que considera la distancia desde el punto donde se puede formar la nube explosiva y cuyo extremo representa la distancia a la cual se tiene una onda con valor equivalente a dicha sobrepresión.

Para el establecimiento de la **zona de amortiguamiento**, se establece como parámetro de afectación 0.035 Kg/cm<sup>2</sup> (0.5 PSIG), tomando como zona de afectación, el área de un círculo con un radio que considera la distancia desde donde se encuentra el punto de formación de la nube explosiva y cuyo extremo representa la distancia a la cual se tiene la citada onda de sobrepresión.

Debido a que la hoja de datos de seguridad de Pemex del gas natural no reporta valores de TLV y de IDLH, no se corrió el modelo de evaluación del riesgo de dispersión de vapores tóxicos.

### Simulación de Eventos de Riesgo

Es relevante señalar el hecho de que los eventos modelados a continuación, se refieren a los posibles escenarios que mayores consecuencias pueden tener en la operación de la estación de descompresión.

La simulación o modelación de estos eventos se ha realizado con los modelos matemáticos del paquete ARCHIE (**Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation**), el cual está integrado por tres modelos:

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

- Evaluación del riesgo de chorros de flama o dardos de fuego.
- Evaluación del riesgo de fuego por nube o pluma de vapor.
- Evaluación del riesgo de explosión de nubes de vapor (no confinadas).

Los tres modelos de dispersión son del tipo Gaussiano y permiten obtener estimaciones de concentraciones en el aire, considerando condiciones de emisión y estabilidad atmosférica particulares. Este paquete de simulación debe considerarse primariamente como herramienta de evaluación preliminar para el análisis detallado de posibles situaciones de dispersión de un contaminante a través del cual se pueden simular o representar condiciones específicas de un emisor y su entorno.

### 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 el de una nube de explosiva de vapor sin confinar, mencionado 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.
- Es importante mencionar que, en la mayoría de los programas de simulación, es común expresar la energía liberada de la sustancia explosiva relacionada a una carga equivalente de TNT, así como también se emplean los datos disponibles de sobrepresión producidas en explosiones por TNT.

En los anexos 4.12.1, 4.12.2 y 4.12.3 se pueden verificar los correspondientes a las modelaciones realizadas para este proyecto en las memorias de cada Nodo, y en el punto posterior, se mostrarán los radios de afectación de igual forma de cada Nodo.

Para evaluar la magnitud de las consecuencias o daños que ocasionarían accidentes o eventos relacionados con la liberación o emisión de **gas natural**, se realizó utilizando el programa de simulación conocido como:

**Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation (ARCHIE, ver.1.00).**

Federal Emergency Management Agency, U.S.A.  
U.S. Department of Transportation  
U.S. Environmental Protection Agency  
Microsoft Corp. 1982-1986

Este programa fue desarrollado por el Gobierno Federal de los Estados Unidos a través de la Administración de Programas Especiales e Investigación de la Oficina de Transporte de Materiales Peligrosos de su Departamento de Transportación. Considerando los criterios del Instituto Americano de Ingenieros Químicos de U.S.A., AICHE y del Banco Mundial.

Este simulador de riesgo es aceptado por la Ocupacional Safety and Health Administration (OSHA) y la United States Environmental Protection Agency (USEPA).

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Mediante este paquete se asignan parámetros que caracterizan al evento y se efectúa la modelación de consecuencias considerando dispersión atmosférica, inflamabilidad y toxicidad en su descarga hacia la atmósfera.

El fundamento matemático y científico del citado simulador, así como las instrucciones para su utilización están contenidos en el Software correspondiente.

Adicionalmente se recurrió a la aplicación de ecuaciones utilizadas para estimación de los parámetros de riesgo, ecuaciones citadas en la publicación "Control de Riesgo de Accidentes Mayores" editado por la Organización Internacional del Trabajo OIT, basadas a su vez en datos del Banco Mundial, así mismo también citadas en diversos textos y artículos técnicos de análisis de riesgo.

Para las condiciones ambientales, se consideraron las peores condiciones posibles, es decir el caso de una fuga que no es detectada y atendida a tiempo, se consideró con dos **estabilidades atmosféricas tipo B y tipo F**, siendo F la más crítica, es decir, estable, de noche, con nubosidad poco densa y sin capa de inversión durante por lo menos 10 minutos.

### V.2.3. Representación en planos de los resultados de la Simulación de consecuencia (radios potenciales de afectación)

En el Anexo 4.13 se muestran los radios de afectación derivados de los escenarios propuestos en las memorias correspondientes, en dichas imágenes se muestran las zonas de alto riesgo y amortiguamiento.

NOTA:

1. Las interacciones se podrán consultar en el siguiente punto “Análisis de Vulnerabilidad”
2. Debido a las distancias y tamaño de la instalación es suficiente la impresión de hoja tamaño carta.
3. El nombre y firma del responsable de elaboración se mencionan de los radios.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

### V.3 Análisis de Riesgo

#### V.3.1. Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo

Debido a que no se presentaron riesgos en las regiones de “no tolerables” o “ALARP”, no se lleva a cabo un reposicionamiento de escenarios de riesgo, y se procede a un análisis de vulnerabilidad.

#### V.3.2. Análisis de Vulnerabilidad

Los accidentes en tuberías de conducción de hidrocarburos se distribuyen aproximadamente de la siguiente manera: 41% corrosión, falla de material 25%, golpes de maquinaria 13%, toma clandestina 4.5%, fisura en soldaduras 3%, otras causas 13.5%.

Si bien el riesgo existirá siempre, su cuantificación es una parte esencial para su mejor administración y prevención, por lo que se debe contar con herramientas adecuadas para evaluarlo de la mejor manera posible.

Los análisis de consecuencias y riesgos consisten en generar situaciones de riesgo o los denominados posibles escenarios de riesgo. En la simulación de los peores escenarios no se consideró intencionalmente ninguna de las medidas de seguridad con que se cuenta (sistemas de control y mecanismos o procedimientos de respuesta) (solo para la frecuencia fueron considerados) con el fin de visualizar el grado de afectación que tendría lugar en cada uno de los eventos máximos catastróficos considerados durante la modelación.

De acuerdo con la información levantada en sitio, la estación de descompresión no tendrá interacción con otras áreas, equipos o instalaciones, solo tendrá interacción con los aspectos ya identificados en la descripción del proyecto:

Tabla 28. Interacciones

NODO	DESCRIPCIÓN	INTERACCIÓN	MEDIDA PREVENTIVA
1	Estación de Descompresión:  *Área de Regulación y Medición	*Terrenos privados (rancherías),  *Caminos de acceso a poblado de San Julián  *Carretera San Miguel – San Julián	*Respetar programas de mantenimiento y supervisión de equipos, accesorios y líneas  *Contar con plan de atención a emergencias

\* Estas interacciones no se dan en algún lugar techado o confinado, por lo que el gas natural en caso de fuga no encontraría ambiente explosivo, y en consecuencia no presenta efecto domino.

\* Es importante mencionar que el gas natural debido a sus características tiende a elevarse y dispersarse, por lo que posterior a salir de la descompresora, no formaría alguna nube explosiva a nivel de equipos o sitio.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

A continuación, acorde a los radios de afectación obtenidos se muestran las interacciones que se tiene con el medio ambiente, social e infraestructura:

Tabla 29. Resultados por nodo.

		Nodos		
		1	2	3
<b>Dardos de fuego</b>	Distancias	Amortiguamiento: 41.72 m (radio) Riesgo: 21.03 m (radio)	Amortiguamiento: 12.19 m (radio) Riesgo: 6.09 m (radio)	Amortiguamiento: 12.80 m (radio) Riesgo: 6.40 m (radio)
	Efectos	Suelo (Modificación de las características del suelo) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Infraestructura (Patios internos baldíos de la empresa y misma esta de descompresión)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Infraestructura (misma esta de descompresión)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Infraestructura (Patios interno baldíos de la empresa y misma esta de descompresión)
<b>Nube de Gas inflamable</b>	Distancias	Distancia de Riesgo: 69.18 m (diámetro) Ancho máximo de Riesgo: 62.17 m (diámetro)	Distancia de Riesgo: 16.15 m (diámetro) Ancho máximo de Riesgo: 14.63 m (diámetro)	Distancia de Riesgo: 16.76 m (diámetro) Ancho máximo de Riesgo: 15.24 m (diámetro)
	Efectos	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Salud (Posible alcance a trabajadores de la empresa) Fauna (Alteración de hábitat de la fauna cercana)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Salud (Posible alcance a trabajadores de la estación)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Salud (Posible alcance a trabajadores de la estación)
<b>Nube de vapor</b>	Distancias	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 45.72 m (radio)	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 11.88 m (radio)	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 12.19 m (radio)
	Efectos	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Salud (Posible alcance a trabajadores de la empresa)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica)

Medidas Preventivas

Las medidas preventivas que se describen a continuación fueron propuestas con base a los riesgos que podrían tener una mayor probabilidad obtenidos del HazOp y la matriz de jerarquización, de igual forma se consideraron los posibles radios de afectación que fueron calculados con el programa ARCHIE. Estas medidas también se mencionaran más adelante.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Tabla 30. Medidas de prevención y mitigación

RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN / MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS DE ACUERDO CON IMPACTO GENERADO							
Riesgo Identificado	Causas o Fallos	Medidas de prevención y Recomendación Sugerida		Medidas de Mitigación			
		No.	Descripción	Descripción			
Fuga de Gas Natural	Fracturas en tubería.	FG.1	Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de corrosión o debilitamiento de tubería.	<p>En este apartado cuando se presenta un impacto, es al generarse una fuga de gas natural, la misma puede ocasionar:</p> <p>*Dardos de fuego *Nubes inflamables y nubes de vapor</p> <p><b>NOTA:</b> En el caso de nubes inflamables y nubes de vapor (cabe mencionar que debido a que la estación tendrá ventilación, no existirá riesgo de explosión o incendio por confinamiento)</p>	<u>Dardos de Fuego</u>		
		FG.2	Contar con válvulas de seccionamiento que aislen el sistema.		<u>Afectación</u>	<u>Medida</u>	
		FG.3	Contar con detectores de gas natural e índice de zona explosiva		Suelo y/o vegetación	Se propone la remediación del cual resulte impactado, dejando el sitio en condiciones originales.	
		FG.4	Al momento de presentarse una fuga, cerrar válvulas que se encuentren corriente arriba y debajo de la fuga, con el fin de aislar el tramo o instrumento dañado.		Personal o Población	Se brindarán los primeros auxilios y en caso de requerir una mayor atención, trasladar a la clínica más cercana al punto.	
		FG.5	Informar a los involucrados que puedan dar solución al evento.		Infraestructura	Se propone reparar el daño y las consecuencias que traiga el mismo.	
	Fracturas en accesorios o instrumentación.	FG.6	Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de unión de accesorios o instrumentos.		<u>Nubes Inflamables</u>		
		FG.7	Se siguen recomendaciones R.2, R.3 y R.5		<u>Afectación</u>	<u>Medida</u>	
	Operación inadecuada de la estación.	FG.8	Contar con un programa de pruebas de hermeticidad y recertificación de materiales acorde con recomendaciones de fabricante y normatividad.		Personal o Población	Se propone, contar con un procedimiento y adiestramiento adecuado de personal para controlar la situación, mantener la zona sin personas o alguien ajeno, y alejarse de lugares confinados cercanos, detectando la nube a partir de un detector portátil de gas natural.	
		FG.9	Capacitación adecuada del personal a operar la estación.			Se atenderán con primeros auxilios a las personas	

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN / MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS DE ACUERDO CON IMPACTO GENERADO							
Riesgo Identificado	Causas o Fallos	Medidas de prevención y Recomendación Sugerida		Medidas de Mitigación			
		No.	Descripción	Descripción			
		FG.10	Realizar bitácoras para reportar el mantenimiento, fallas y reparaciones a la estación.		involucradas, verificando que la persona no se encuentre en un estado anormal. Asimismo, ofrecer oxígeno a la gente que sienta dificultad para respirar.		
Fracturas de material	Operación inadecuada de la estación	FM.1	Capacitación adecuada del personal a operar la estación.	<p><b>NOTA:</b> En caso de presentarse fracturas de material, se generaría una fuga de gas natural, por lo que las medidas de mitigación serían las mencionadas en el punto anterior.</p> <p>En este apartado cuando se presenta un impacto, es al generarse una fuga de gas natural, la misma puede ocasionar:</p> <p>*Dardos de fuego *Nubes inflamables y nubes de vapor</p> <p><b>NOTA:</b> En el caso de nubes inflamables y nubes de vapor (cabe mencionar que debido a que la estación tendrá ventilación, no existirá riesgo de explosión o incendio por confinamiento)</p>	<u>Dardos de Fuego</u>		
	Falta de mantenimiento	FM.2	Contar con programas de operación y mantenimiento de la estación		<u>Afectación</u>	<u>Medida</u>	
		FM.13	En caso de presentarse alguna fractura, aislar el tramo dañado, y reemplazar bajo procedimiento autorizado. Se debe contar con un stock de tubería e instrumentos.		Suelo y/o vegetación	Se propone la remediación del cual resulte impactado, dejando el sitio en condiciones originales.	
		FM.14	Calibrar y certificar los materiales acordes con proveedor y normas.		Personal o Población	Se brindarán los primeros auxilios y en caso de requerir una mayor atención, trasladar a la clínica más cercana al punto.	
	Falta de supervisión	FM.15	Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de corrosión o debilitamiento de tubería.		Infraestructura	Se propone reparar el daño y las consecuencias que traiga el mismo.	
		FM.16	Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de unión de accesorios o instrumentos		<u>Nubes Inflamables</u>		
	Falta de procedimientos	FM.17	Contar con un programa de supervisión y procedimientos definidos que puedan consultar los operadores para evitar el riesgo		<u>Afectación</u>	<u>Medida</u>	
			FM.18		Verificar que se cuente con dictámenes de diseño y certificado de materiales y accesorios (e instrumentos).	Personal o Población	Se propone, contar con un procedimiento y adiestramiento adecuado de personal para controlar la situación, mantener la zona sin personas o alguien ajeno, y alejarse de lugares confinados cercanos, detectando la nube a partir de un detector portátil de gas natural.
			FM.19		Reportar en una bitácora el estado de los materiales.		Se atenderán con primeros auxilios a las personas

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN / MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS DE ACUERDO CON IMPACTO GENERADO					
Riesgo Identificado	Causas o Fallos	Medidas de prevención y Recomendación Sugerida		Medidas de Mitigación	
		No.	Descripción	Descripción	
		FM.20	Actualizar los procedimientos cada que haya cambio de condiciones de operación, de equipo, de filosofía operacional o en base a normatividad.		involucradas, verificando que la persona no se encuentre en un estado anormal. Asimismo, ofrecer oxígeno a la gente que sienta dificultad para respirar.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

#### V.4. Determinación de Medidas de reducción de Riesgo adicionales para Escenarios de Riesgo no tolerables y/o ALARP

En la identificación y jerarquización de riesgos, haciendo el uso de metodologías y considerando, para la frecuencia, las salvaguardas, procedimientos y programas que se tenían, los riesgos presentados para cada nodo están en la región de tolerables con revisión y tolerables sin revisión, por lo que este punto no se desarrolla

### VI. Sistemas de Seguridad y Medidas para administrar los escenarios de riesgo

Descripción de los equipos, medidas y dispositivos de seguridad

La reducción de riesgos comienza con el diseño de la estación de descompresión. Como mínimo, deberán observarse estrictamente todos los códigos, las reglamentaciones y las leyes mexicanas. Durante el proceso del diseño se toman en cuenta varios factores, entre los cuales se destacan los siguientes:

- Especificaciones para la tubería, tales como la de Resistencia a la Cedencia (SMYS), capacidad de conducción y la de Máxima Presión de Operación (MAOP), inclinación, espesor de las paredes, resistencia a la fractura, recubrimiento, soldabilidad, fatiga y vida útil
- Sobrepresión y control de la velocidad del gas
- Especificaciones de los reguladores
- Espaciamiento entre válvulas
- Procedimientos e inspecciones de calidad
- Especificaciones de sistemas de seguridad
- Medios de calentamiento

Como dispositivos de seguridad, se deben contar al menos con extintores PQS y de CO<sub>2</sub>, así como detectores de gas natural fijos, cono de viento, señalización (a la entrada y a un costado de la estación) y apartarrayos (sistema de tierras), la ubicación es propuesta como se ve en la siguiente imagen:

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”



Figura 22. Dispositivos de seguridad en la estación

Es importante mencionar los establecido por la normatividad nacional y la **NOM-010-ASEA-2016**, por lo que la estación deberá apejarse a lo siguiente:

### Componentes

- Las mangueras deben contar con un dispositivo de ruptura que se separa cuando la manguera es jalada accidentalmente con una fuerza que excede el valor especificado a efecto de suspender el flujo de gas natural y proteger contra daños a la estación.
- Para el seccionamiento o corte de flujo de gas natural en un sistema, se deben utilizar válvulas para gas natural de cierre rápido, que soporten la presión de diseño.
- Se deben usar válvulas para gas natural del tipo cierre rápido de un cuarto de vuelta donde se tenga una línea de desvío o puenteo que soporten la presión de diseño, de igual forma deben localizarse en lugares de fácil e inmediato acceso que permitan su operación en casos de emergencia.
- Cuando se instalen manómetros, éstos deben ir precedidos de una válvula de bloqueo.
- Las bridas y accesorios bridados que se instalen deben satisfacer los requisitos mínimos de temperatura y presión de diseño de la estación de descompresión.
- Contar con los componentes, dispositivos y accesorios necesarios para controlar la fuga de gas que pueda presentarse en caso de que la manguera se reviente por la presión o se rompa.
- Contar con un sistema de calentamiento con el fin de evitar el congelamiento de líneas y daño a instrumentos.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

- Mantener venteos y paros de emergencias ante cualquier emergencia de acuerdo con condiciones de operación o ruptura.

**Protección Contra Corrosión**

- Los tubos de acero negros, conexiones, accesorios y componentes de la instalación; se deben proteger contra la corrosión con recubrimientos adecuados al medio. Dicho recubrimiento debe cumplir mínimo con los siguientes requisitos:
  - a) Adherencia con las superficies metálicas y entre las capas intermedias;
  - b) Resistencia al agrietamiento;
  - c) Resistencia mecánica para soportar daños propios de su aplicación, y
  - d) Resistividad eléctrica alta.

**Recomendaciones Técnico-Operativas**

El manejo adecuado y seguro del gas natural es posible, siempre y cuando se conozcan sus peligros y las diferentes formas en que estos pueden presentarse; esto no quiere decir que no existe riesgo alguno; sí existen, por lo que siempre se tendrán al alcance de todas las personas involucradas en la operación de la unidad de descompresión, así como las medidas preventivas para su rápido control, por si llegase a ocurrir algún evento inesperado.

Las recomendaciones técnico-operativas que se detallan a continuación buscar minimizar o prevenir algún riesgo asociado con el manejo de la estación de descompresión de gas natural durante todas las etapas del proyecto.

La principal recomendación es mantener estandarizados todos los procedimientos que nos ayuden a mantener una calidad en todos los proyectos, iniciando en el diseño del proyecto, considerando todas las medidas de seguridad recomendadas por normas nacionales e internacionales y las establecidas por el promovente como parte de sus propios procedimientos, bases de diseño, y buenas prácticas.

Estas recomendaciones aplicarán para todos los nodos por lo ya comentado sobre que la estación de descompresión podría ser considerado como un solo nodo, y la única diferencia de nodo a nodo es el cambio de presión.

*Tabla 31. Recomendaciones Técnico-Operativas*

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
<b>Etapa de Construcción</b>				
1	Establecer un procedimiento de control de calidad de los equipos a instalar por el responsable de la obra, en él se deberá incluir el número de lote, composición química, propiedades mecánicas, espesores, etc.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
2	Diseñar y aplicar un procedimiento de soldadura y uno similar para la calificación de los soldadores, de acuerdo con las características de la tubería, accesorios y a los estándares nacionales e internacionales vigentes.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería
3	Aplicar pinturas o alguna protección mecánica para tuberías y equipos que lo requieran.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería
4	Supervisar el proceso de lasas e instalación de estación de descompresión se haga de la manera adecuada, contemplando los espacios necesarios para maniobras.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería
5	El personal debe ser dotado de equipo de protección personal tales como cascos, zapatos de seguridad, lentes de seguridad, arneses y guantes.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería
6	Mantener un botiquín en obra para accidentes menores y se asegurará la vacunación antitetánica del personal.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería
7	Supervisar por medio de una unidad verificadora y documentar las pruebas que se realicen a la estación de descompresión en campo en todas sus fases.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería
8	Se recomienda que la estación de descompresión y los equipos a ocupar para su instalación, sean utilizando materiales incombustibles, con el fin de evitar el riesgo de incendio.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería
9	Se integrará una cuadrilla de limpieza en el entorno del área del proyecto para mantenerlo limpio.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
10	Supervisar la correcta implementación del sistema de detección de fugas (equipos, procedimientos, etc), de tal manera que se minimice el tiempo de respuesta para evitar daño.		Durante la etapa de instalación y construcción, la fecha dependerá de las fechas de autorizaciones federales y locales.	Encargado de obra y Gerente de Ingeniería
<b>Etapa de Operación y Mantenimiento</b>				
11	Contar con un Plan de Atención a Emergencias que se implemente durante la ejecución de los trabajos.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
12	No exceder las condiciones de diseño, principalmente la presión en cada etapa de la estación de descompresión (3,625 psig a la entrada, 250 psig después de primera etapa de regulación y 58.01 psig después de la segunda etapa de regulación) establecida para evitar fracturas en las líneas que conduzcan a situaciones de peligro al ambiente o a las instalaciones.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
13	Elaborar un Manual de Operación y mantenimiento el cual debe estar en un lugar de acceso inmediato, donde se describa el funcionamiento de la estación de descompresión, así como sus componentes (números de serie, marca y modelo, hoja técnica) y se deberá actualizar en caso de algún cambio de equipo, de condiciones o de filosofía operacional. El manual debe contener la puesta en marcha, operación y paro. Los riesgos identificados se deberán de mencionar en algún apartado. De igual forma se debe garantizar su cumplimiento.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
14	Realizar una bitácora de accidentes y/o fugas, en caso de que se presenten en la estación, para aplicar posteriormente un programa específico que ataque o evite eventos y consecuencias no deseadas.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
15	Mantener un monitoreo continuo, inspección y limpieza de la unidad de descompresión y sus componentes. Realizar una supervisión a mayor detalle de los equipos críticos (reguladores y medidores), verificando su correcta operación y condiciones.			Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
16	Verificar la temperatura de los intercambiadores de calor y del medio de calentamiento con el fin de evitar congelamiento en las líneas.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
17	Realizar capacitaciones continuas al personal para la operación de la estación de acuerdo a procedimientos establecidos, asimismo que el operador pueda actuar ante una emergencia en la estación, con el		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
	fin de minimizar al mínimo los riesgos o impactos que se puedan presentar.			
18	Mantener en buen estado los señalamientos, fáciles de leer y visualizar, en caso de que resulte dañado alguno se deberá reemplazarse a la brevedad posible.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
19	Presentar un plan de contingencias ambientales que pueda implementarse durante la ejecución de los trabajos.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
20	No se permite fumar, tener flamas abiertas o cualquier otra fuente de ignición. Se deben usar linternas que sean a prueba de explosión;		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
21	En caso de requerirse corte, éste se debe hacer con equipo mecánico, se debe asegurar que no exista una mezcla explosiva en el área de trabajo utilizando el equipo de detección adecuado;		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
22	Las válvulas de seccionamiento o de alivio de presión deben estar verificadas asegurando un funcionamiento óptimo, observando que sus puntos de ajuste de apertura o cierre sean los establecidos por diseño, que no se tenga un impedimento en su accionar, que no sufran de debilitamiento, y que se encuentre su reporte de fallas o mantenimientos realizados en una bitácora.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
23	Se debe verificar que las conexiones con las unidades de suministro no se encuentran en condiciones de fuga (daño por corte, raspaduras, o anormales en su flexibilidad).		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
24	Antes de proceder a soldar o cortar la tubería se debe cerrar todas las válvulas de suministro, purgar la línea y ventilar el área de trabajo		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
25	En caso de que alguno de los equipos, o conexiones requiera ser reemplazada se deberá verificar especificación del elemento que reemplazará, la cual deberá cumplir con marca, modelo o similar establecido.		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería
26	Se deberá tener un manual de seguridad, donde se tengan las medidas que los fabricantes dan por cada equipo o infraestructura, las medidas de prevención determinadas a partir de los riesgos identificados; deberá estar ligado al plan de atención a emergencias y ser congruente con el PPA, y los tiempos adecuados para la capacitación y recalificación de la misma impartida a trabajadores, así como los calendarios		Al inicio de operación y acorde a las fechas programadas de mantenimiento.	Gerente de Operaciones y Gerente de Ingeniería

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
	para pláticas a población, trabajadores y simulacros realizados.			
<b>Seguridad</b>				
27	Actualización de los planos de la estación y sus componentes		Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene
28	Evidencias de la capacitación de los trabajadores para la operación y mantenimiento de la Estación de Descompresión de gas natural, así como para la atención a emergencias.		Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene
29	Programa de mantenimiento preventivo al sistema, con base a recomendaciones de fabricante, filosofía operacional y normatividad.		Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene
30	Procedimientos para la detección oportuna de fugas apoyándose en los detectores y módulo de control.		Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene
<b>Comunicación y Social</b>				
31	Será necesario establecer cursos intensivos de capacitación, entrenamiento de personal y elaboración de simulacros.		Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones
32	Generar las alianzas necesarias con las autoridades locales de atención a emergencias, con las empresas vecinas y localidades cercanas.		Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones
33	Cumplir cabalmente con un <b>Programa de Prevención de Accidentes (PPA)</b> , en el que se considere Educación Pública, Capacitación Interna y Externa, Simulacros, comunicación con autoridades, etc. Los riesgos en general pueden reducirse aún más mejorando continuamente el mantenimiento, inspección y <b>auditorías de seguridad y ambiental tanto internas y externas</b> , lo que es recomendable incluir en los procedimientos normales de la empresa.		Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones
34	Los riesgos de fugas por algún agente externo, se podrían reducir y hasta eliminar si se concientiza a la gente que transite cerca de las instalaciones, sobre los peligros que implica la realización de trabajos en forma irresponsable. Para ello es necesario informar a estas personas mediante pláticas, señalamientos y boletines, sobre qué hacer en caso de que se presente un accidente y cómo actuar con prontitud de acuerdo al Plan de Emergencia.		Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	
35	Informar a la comunidad, a las autoridades municipales, estatales y federales sobre los horarios de operación y los riesgos del sistema, así como la coordinación de acciones de emergencia ante un siniestro.		Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

No.	Recomendación	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Fecha para su Implementación	Responsable
36	Implantar rigurosamente los planes y programas de capacitación, seguridad, inspección, controles de operación, vigilancia, etc., de tal forma que se garantice un involucramiento total de los recursos humanos, al esquema de seguridad.		Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones
37	Contar con un número de atención a emergencias, en un tarjetón protegido por la humedad, el cual deberá colocarse en lugares estratégicos y que se difunda perfectamente bien entre las autoridades locales y estatales.		Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones
38	Realizar un Programa para la Prevención de Accidentes, de acuerdo con las guías de la ASEA, SEMARNAT y la CRE.		Durante la etapa de vida de la estación de descompresión	Gerente de Seguridad e Higiene y/o Gerencia de Relaciones

El Regulado debe obtener de forma anual, un Dictamen de Operación y Mantenimiento por una Unidad de Verificación, en el que conste el cumplimiento de los requisitos establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana para esta etapa.

El Dictamen al que se refiere el párrafo anterior, debe ser entregado a la Agencia, en los primeros tres meses de cada año, una vez cumplido el primer año de operaciones

## VII. Conclusiones y Recomendaciones

- En la ejecución del proyecto se utilizarán equipos modernos y se contará con las medidas necesarias para aminorar los riesgos que implica su operación.
- Se observa que el diseño actual considera la aplicación de la normatividad y prácticas recomendadas apropiadas como corresponde a este tipo de instalaciones industriales y sus riesgos asociados.
- Para el caso del diseño de detalle y la construcción se ha previsto el cumplimiento de la normatividad y especificaciones más estrictas, mismas que son las requeridas por la industria de hidrocarburos a nivel internacional y que se le ha dado relevancia a la seguridad y a las previsiones ambientales enfocadas al cuidado de la salud y seguridad de los trabajadores y de la comunidad, así como el cuidado del ambiente.
- De acuerdo con la información técnica del proyecto, se puede observar que se han cubierto adecuadamente los aspectos de la seguridad a través de la integridad mecánica de los equipos y sistemas y que las instalaciones contarán con los medios adecuados para el cuidado del ambiente.
- Se advierten también las previsiones apropiadas para evitar y controlar las posibles alteraciones a las condiciones normales de operación que pudieran originar riesgos por fuga de Gas Natural.
- Se realizó una metodología de la siguiente forma:
  - Análisis preliminar de riesgos a través de metodologías cualitativas y estadísticas
  - Análisis de riesgo: identificación, jerarquización y evaluación

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

- Se determinaron las regiones de los riesgos y se procedió a determinar su viabilidad del proyecto y vulnerabilidad hacia los factores que lo rodean.
- Con el fin de verificar la frecuencia de los riesgos se tomaron las salvaguardas y programas que se tendrán en la estación de descompresión.
- Se realizaron recomendaciones para cada etapa del proyecto.
- Acorde con los resultados del estudio es factible mencionar que el área verificada con la revisión de las políticas, sistemas, características del diseño y compromisos de seguridad involucrados, el nivel de riesgo de la instalación es tolerable y sus consecuencias no afectarían a la población aledaña ni a sus bienes alrededor de la instalación.

Lo anterior se puede resumir en que **el proyecto tiene un nivel de riesgo tolerable y el control y atención de estos se verá centralizado dentro de los límites del área destinada a esta obra.**

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

## Contenido

<b>VIII. Resumen Ejecutivo .....</b>	<b>2</b>
VIII.1 Situación General que presenta el Proyecto .....	2
VIII.2 Conclusiones .....	9
VIII.3 Informe Técnico .....	10

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

## VIII. Resumen Ejecutivo

### VIII.1 Situación General que presenta el Proyecto

La situación general que presenta el proyecto “Estación de Descompresión de Gas Natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco” en materia de riesgo es tolerable, y del cual se obtuvo realizando un análisis de riesgo, siguiendo lo siguiente:

1. Se determinarán los nodos a evaluar de la estación de descompresión
2. Se identificarán los riesgos de cada nodo con la metodología HazOp, dentro de la hoja de trabajo, viene una sección para evaluar cada riesgo de forma cualitativa y cuantitativa (abarcando dos metodologías en una sola hoja), lo cual nos da un preliminar sobre la jerarquización del riesgo
3. Se jerarquizarán las causas que generán de forma constante un riesgo y cual sería la consecuencia de esta causa por nodo, la conclusión de esta metodología nos dará la cantidad de riesgos por nodos que son tolerables y en caso de existir “no tolerables” se dará seguimiento acorde a la guía de la ASEA.
4. Una vez que se tienen los riesgos y las causas más probables, se construyen los eventos, los cuales se evaluarán y modelarán en el software especializado.

#### Definición de Nodos de la Estación de Descompresión

**NOTA:** Es importante resaltar que la estación de descompresión podría ser como tal un solo nodo, sin embargo, ya que el presente estudio pertenece a un solo equipo se buscará realizar la clasificación de nodos de acuerdo a los cambios de flujos, condiciones de operación, entrada o salida de la descompresora, más no por instrumentos o equipos ya que muchos de ellos sólo realizan acciones como medir, filtrar o dar paso al combustible, sin alterarlo de alguna forma ni aunarlo o reducirle algún riesgo.

Como se ha mencionado, la EDGN podría ser un solo nodo parte de un proceso, sin embargo, debido a que el estudio esta orientado a este equipo en específico, los nodos se dividirán en donde se den cambios de presión y se marcarán principalmente por los reguladores como se muestra a continuación:

- Nodo 1: Desde la conexión del tráiler hasta la entrada al primer regulador.
- Nodo 2: De la salida del primer regulador a la entrada al segundo regulador
- Nodo 3: De la salida del segundo regulador a la salida al usuario (pasando por la medición)

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Cada nodo abarca las válvulas, tubería, mangueras y equipos que se encuentran en ese tramo. No se hacen nodos por equipos como filtro, medidor, válvulas, etc, ya que en estos descritos, el gas solo fluye y su función es cortar el suministro del mismo, medirlo o filtrar las impurezas, más no hay un cambio en las condiciones de operación de dicho combustible, por otro lados los reguladores es donde se hace un cambio en la presión y que es la variable principal en este tipo de sistemas.

Posterior a ejecutar las metodologías y considerando los resultados de las mismas, HAZOP y la Matriz de jerarquización, se puede concluir que; *posterior al punto de conexión con el tráiler (previo a regulación en estación de descompresión), el proceso tiene una mayor magnitud de riesgo debido a la infraestructura que lo conforma, así como a sus condiciones de operación. Así mismo, se determinó que la salida de la descompresora es donde se localiza el menor nivel de riesgo, ya que las condiciones operativas son menos drásticas, aunque los riesgos son más frecuentes de presentarse.*

Así, los escenarios de riesgo a simular se propusieron realizar en los puntos clave a lo largo del sistema (cambios de presión), realizando énfasis en el área de mayor riesgo conforme con los resultados de la metodología HAZOP y la Matriz de jerarquización, y proponiendo fugas de gas natural por fracturas de material en tuberías o accesorios, quedando de la siguiente manera:

- **NODO 1:** FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A ¼” DE DIÁMETRO, EN UNA JUNTA, BRIDA O TUBERÍA EN MAL ESTADO A LA ENTRADA DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN PREVIO A REGULACIÓN (3,625 PSIG), UBICADA DENTRO DEL PREDIO PROPIEDAD DE CHAPETEADOS, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO PARA QUE LA VÁLVULA DE CORTE SE CIERRE Y QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS DONDE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE NEOMEXICANA Y CHAPETEADOS, CIERRE LAS DEMÁS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.
- **NODO 2:** FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A ¼” DE DIÁMETRO EN UNA JUNTA, BRIDA O TUBERÍA EN MAL ESTADO, ESTO AL TÉRMINO DE LA PRIMERA ETAPA DE REGULACIÓN (250 PSIG) DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN, UBICADA DENTRO DEL PREDIO PROPIEDAD DE CHAPETEADOS, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO PARA QUE LA VÁLVULA DE CORTE SE CIERRE Y QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS DONDE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE NEOMEXICANA Y CHAPETEADOS, CIERRE LAS DEMÁS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.
- **NODO 3:** FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A ½” DE DIÁMETRO, EN UNA JUNTA, BRIDA O TUBERÍA EN MAL ESTADO A LA SALIDA DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN (58.01 PSIG), UBICADA DENTRO DEL PREDIO PROPIEDAD DE CHAPETEADOS, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO PARA QUE LA VÁLVULA DE CORTE SE CIERRE Y QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS DONDE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE NEOMEXICANA Y CHAPETEADOS, CIERRE LAS DEMÁS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

### Simulación de Eventos de Riesgo

Es relevante señalar el hecho de que los eventos modelados a continuación, se refieren a los posibles escenarios que mayores consecuencias pueden tener en la operación de la estación de descompresión.

La simulación o modelación de estos eventos se ha realizado con los modelos matemáticos del paquete ARCHIE (**Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation**), el cual está integrado por tres modelos:

- Evaluación del riesgo de chorros de flama o dardos de fuego.
- Evaluación del riesgo de fuego por nube o pluma de vapor.
- Evaluación del riesgo de explosión de nubes de vapor (no confinadas).

Los tres modelos de dispersión son del tipo Gaussiano y permiten obtener estimaciones de concentraciones en el aire, considerando condiciones de emisión y estabilidad atmosférica particulares. Este paquete de simulación debe considerarse primariamente como herramienta de evaluación preliminar para el análisis detallado de posibles situaciones de dispersión de un contaminante a través del cual se pueden simular o representar condiciones específicas de un emisor y su entorno.

A continuación, acorde a los radios de afectación obtenidos se muestran las interacciones que se tiene con el medio ambiente, social e infraestructura:

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Tabla 1. Resultados por nodo.

		Nodos		
		1	2	3
<b>Dardos de fuego</b>	Distancias	Amortiguamiento: 41.72 m Riesgo: 21.03 m	Amortiguamiento: 12.19 m Riesgo: 6.09 m	Amortiguamiento: 12.80 m Riesgo: 6.40 m
	Efectos	Suelo (Modificación de las características del suelo) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Infraestructura (Patios interno baldíos de la empresa y misma esta de descompresión)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Infraestructura (misma esta de descompresión)	Suelo (Modificación de las características del suelo) Infraestructura (Patios interno baldíos de la empresa y misma esta de descompresión)
<b>Nube de Gas inflamable</b>	Distancias	Distancia de Riesgo: 69.18 m Ancho máximo de Riesgo: 62.17 m	Distancia de Riesgo: 16.15 m Ancho máximo de Riesgo: 14.63 m	Distancia de Riesgo: 16.76 m Ancho máximo de Riesgo: 15.24 m
	Efectos	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Salud (Posible alcance a trabajadores de la empresa) Fauna (Alteración de hábitat de la fauna cercana)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Salud (Posible alcance a trabajadores de la estación)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Salud (Posible alcance a trabajadores de la estación)
<b>Nube de vapor</b>	Distancias	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 45.72 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 11.88 m	Distancia de Alcance en caso de Explosión: 12.19 m
	Efectos	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica) Salud (Posible alcance a trabajadores de la empresa)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica)	Calidad del Aire (Emisión de contaminante atmosféricos) Paisaje (Alteración en la calidad escénica)

Medidas Preventivas y de Mitigación

Las medidas preventivas que se describen a continuación fueron propuestas con base a los riesgos que podrían tener una mayor probabilidad obtenidos del HazOp y la matriz de jerarquización, de igual forma se consideraron los posibles radios de afectación que fueron calculados con el programa ARCHIE. Estas medidas también se mencionaran más adelante.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

Tabla 2. Medidas de prevención y mitigación

RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN / MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS DE ACUERDO CON IMPACTO GENERADO													
Riesgo Identificado	Causas o Fallos	Medidas de prevención y Recomendación Sugerida		Medidas de Mitigación									
		No.	Descripción	Descripción									
Fuga de Gas Natural	Fracturas en tubería.	FG.1	Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de corrosión o debilitamiento de tubería.	<p>En este apartado cuando se presenta un impacto, es al generarse una fuga de gas natural, la misma puede ocasionar:</p> <p>*Dardos de fuego *Nubes inflamables y nubes de vapor</p> <p><b>NOTA:</b> En el caso de nubes inflamables y nubes de vapor (cabe mencionar que debido a que la estación tendrá ventilación, no existirá riesgo de explosión o incendio por confinamiento)</p>									
		FG.2	Contar con válvulas de seccionamiento que aíslen el sistema.		<p><u>Dardos de Fuego</u></p> <table border="1"> <tr> <th>Afectación</th> <th>Medida</th> </tr> <tr> <td>Suelo y/o vegetación</td> <td>Se propone la remediación del cual resulte impactado, dejando el sitio en condiciones originales.</td> </tr> <tr> <td>Personal o Población</td> <td>Se brindarán los primeros auxilios y en caso de requerir una mayor atención, trasladar a la clínica más cercana al punto.</td> </tr> <tr> <td>Infraestructura</td> <td>Se propone reparar el daño y las consecuencias que traiga el mismo.</td> </tr> </table>	Afectación	Medida	Suelo y/o vegetación	Se propone la remediación del cual resulte impactado, dejando el sitio en condiciones originales.	Personal o Población	Se brindarán los primeros auxilios y en caso de requerir una mayor atención, trasladar a la clínica más cercana al punto.	Infraestructura	Se propone reparar el daño y las consecuencias que traiga el mismo.
		Afectación	Medida										
		Suelo y/o vegetación	Se propone la remediación del cual resulte impactado, dejando el sitio en condiciones originales.										
		Personal o Población	Se brindarán los primeros auxilios y en caso de requerir una mayor atención, trasladar a la clínica más cercana al punto.										
	Infraestructura	Se propone reparar el daño y las consecuencias que traiga el mismo.											
	FG.3	Contar con detectores de gas natural e índice de zona explosiva	<p><u>Nubes Inflamables</u></p> <table border="1"> <tr> <th>Afectación</th> <th>Medida</th> </tr> <tr> <td>Personal o Población</td> <td>Se propone, contar con un procedimiento y adiestramiento adecuado de personal para controlar la situación, mantener la zona sin personas o alguien ajeno, y alejarse de lugares confinados cercanos, detectando la nube a partir de un detector portátil de gas natural.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Se atenderán con primeros auxilios a las personas involucradas, verificando que la persona no se encuentre en un estado anormal. Asimismo, ofrecer oxígeno a la gente que sienta dificultad para respirar.</td> </tr> </table>		Afectación	Medida	Personal o Población	Se propone, contar con un procedimiento y adiestramiento adecuado de personal para controlar la situación, mantener la zona sin personas o alguien ajeno, y alejarse de lugares confinados cercanos, detectando la nube a partir de un detector portátil de gas natural.		Se atenderán con primeros auxilios a las personas involucradas, verificando que la persona no se encuentre en un estado anormal. Asimismo, ofrecer oxígeno a la gente que sienta dificultad para respirar.			
	Afectación	Medida											
	Personal o Población	Se propone, contar con un procedimiento y adiestramiento adecuado de personal para controlar la situación, mantener la zona sin personas o alguien ajeno, y alejarse de lugares confinados cercanos, detectando la nube a partir de un detector portátil de gas natural.											
		Se atenderán con primeros auxilios a las personas involucradas, verificando que la persona no se encuentre en un estado anormal. Asimismo, ofrecer oxígeno a la gente que sienta dificultad para respirar.											
FG.4	Al momento de presentarse una fuga, cerrar válvulas que se encuentren corriente arriba y debajo de la fuga, con el fin de aislar el tramo o instrumento dañado.												
FG.5	Informar a los involucrados que puedan dar solución al evento.												
Fracturas en accesorios o instrumentación.	FG.6	Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de unión de accesorios o instrumentos.											
	FG.7	Se siguen recomendaciones R.2, R.3 y R.5											
Operación inadecuada de la estación.	FG.8	Contar con un programa de pruebas de hermeticidad y recertificación de materiales acorde con recomendaciones de fabricante y normatividad.											
	FG.9	Capacitación adecuada del personal a operar la estación.											
	FG.10	Realizar bitácoras para reportar el mantenimiento, fallas y reparaciones a la estación.											
Fracturas de material		FM.1		<p><u>Dardos de Fuego</u></p>									

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN / MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS DE ACUERDO CON IMPACTO GENERADO						
Riesgo Identificado	Causas o Fallos	Medidas de prevención y Recomendación Sugerida		Medidas de Mitigación		
		No.	Descripción	Descripción		
	Operación inadecuada de la estación		Capacitación adecuada del personal a operar la estación.	<p><b>NOTA:</b> En caso de presentarse fracturas de material, se generaría una fuga de gas natural, por lo que las medidas de mitigación serían las mencionadas en el punto anterior.</p> <p>En este apartado cuando se presenta un impacto, es al generarse una fuga de gas natural, la misma puede ocasionar:</p> <p>*Dardos de fuego *Nubes inflamables y nubes de vapor</p> <p><b>NOTA:</b> En el caso de nubes inflamables y nubes de vapor (cabe mencionar que debido a que la estación tendrá ventilación, no existirá riesgo de explosión o incendio por confinamiento)</p>	<i>Afectación</i>	<i>Medida</i>
	Falta de mantenimiento	FM.2	Contar con programas de operación y mantenimiento de la estación		Suelo y/o vegetación	Se propone la remediación del cual resulte impactado, dejando el sitio en condiciones originales.
		FM.13	En caso de presentarse alguna fractura, aislar el tramo dañado, y reemplazar bajo procedimiento autorizado. Se debe contar con un stock de tubería e instrumentos.		Personal o Población	Se brindarán los primeros auxilios y en caso de requerir una mayor atención, trasladar a la clínica más cercana al punto.
		FM.14	Calibrar y certificar los materiales acordes con proveedor y normas.		Infraestructura	Se propone reparar el daño y las consecuencias que traiga el mismo.
	Falta de supervisión	FM.15	Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de corrosión o debilitamiento de tubería.		<i>Nubes Inflamables</i>	
		FM.16	Revisión continua por parte de operador para verificar puntos de unión de accesorios o instrumentos		<i>Afectación</i>	<i>Medida</i>
	Falta de procedimientos	FM.17	Contar con un programa de supervisión y procedimientos definidos que puedan consultar los operadores para evitar el riesgo		Personal o Población	Se propone, contar con un procedimiento y adiestramiento adecuado de personal para controlar la situación, mantener la zona sin personas o alguien ajeno, y alejarse de lugares confinados cercanos, detectando la nube a partir de un detector portátil de gas natural.
		FM.18	Verificar que se cuente con dictámenes de diseño y certificado de materiales y accesorios (e instrumentos).			Se atenderán con primeros auxilios a las personas involucradas, verificando que la persona no se encuentre en un estado anormal. Asimismo, ofrecer oxígeno a la gente que sienta dificultad para respirar.
		FM.19	Reportar en una bitácora el estado de los materiales.			
		FM.20	Actualizar los procedimientos cada que haya cambio de condiciones de operación, de equipo, de filosofía operacional o en base a normatividad.			

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

### Recomendaciones

Una vez conociendo los tipos y grados de riesgos posibles que implica la ejecución de las diferentes etapas del proyecto, se pueden emitir una serie de recomendaciones técnicas, administrativas y de operación y mantenimiento, con la finalidad de salvaguardar la integridad de las personas involucradas y aledañas, las instalaciones, el medio ambiente y el proceso en general, las cuales se pueden resumir de la siguiente forma.

#### Técnicas:

- Equipos contra incendio
- Detectores de gas natural fijos y portátiles
- Detectores de ambiente explosivo
- Mantener en condiciones adecuadas las válvulas de seccionamiento y equipo en general

#### Administrativas:

- Control y archivo adecuado de los programas de inspección técnica y de seguridad
- Implementación de un programa de integridad mecánica
- Capacitación teórico-práctica sobre casos de emergencia a personal operativo
- Mantener los procedimientos de emergencias generales y específicas en las áreas operativas y de mantenimiento
- Documentar la estructura, organización y responsabilidades de los involucrados en la atención de emergencias
- Revisión continua de cumplimiento normativo
- Contar con un Plan de Respuesta a Emergencias para escenarios de riesgo mayor
- Documentar por escrito y tener los procedimientos de operación, mantenimiento y seguridad en las instalaciones
- Reuniones periódicas para convenir los pasos a seguir para el mantenimiento de la seguridad en el sistema

#### Operación y mantenimiento:

- Programa de mantenimiento predictivo, preventivo y de refacciones para el mantenimiento correctivo
- Ajustarse a las guías correspondientes para el cumplimiento documental necesario
- Mantener un programa de capacitación y desarrollo a todo el personal de las diferentes instalaciones

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

## VIII.2 Conclusiones

- En la ejecución del proyecto se utilizarán equipos modernos y se contará con las medidas necesarias para aminorar los riesgos que implica su operación.
- Se observa que el diseño actual considera la aplicación de la normatividad y prácticas recomendadas apropiadas como corresponde a este tipo de instalaciones industriales y sus riesgos asociados.
- Para el caso del diseño de detalle y la construcción se ha previsto el cumplimiento de la normatividad y especificaciones más estrictas, mismas que son las requeridas por la industria de hidrocarburos a nivel internacional y que se le ha dado relevancia a la seguridad y a las previsiones ambientales enfocadas al cuidado de la salud y seguridad de los trabajadores y de la comunidad, así como el cuidado del ambiente.
- De acuerdo con la información técnica del proyecto, se puede observar que se han cubierto adecuadamente los aspectos de la seguridad a través de la integridad mecánica de los equipos y sistemas y que las instalaciones contarán con los medios adecuados para el cuidado del ambiente.
- Se advierten también las previsiones apropiadas para evitar y controlar las posibles alteraciones a las condiciones normales de operación que pudieran originar riesgos por fuga de Gas Natural.
- Se realizó una metodología de la siguiente forma:
  - Análisis preliminar de riesgos a través de metodologías cualitativas y estadísticas
  - Análisis de riesgo: identificación, jerarquización y evaluación
  - Se determinaron las regiones de los riesgos y se procedió a determinar su viabilidad del proyecto y vulnerabilidad hacia los factores que lo rodean.
- Con el fin de verificar la frecuencia de los riesgos se tomaron las salvaguardas y programas que se tendrán en la estación de descompresión.
- Se realizaron recomendaciones para cada etapa del proyecto.
- Acorde con los resultados del estudio es factible mencionar que el área verificada con la revisión de las políticas, sistemas, características del diseño y compromisos de seguridad involucrados, el nivel de riesgo de la instalación es tolerable y sus consecuencias no afectarían a la población aledaña ni a sus bienes alrededor de la instalación.

Lo anterior se puede resumir en que **el proyecto tiene un nivel de riesgo tolerable y el control y atención de estos se verá centralizado dentro de los límites del área destinada a esta obra.**

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

### VIII.3 Informe Técnico

#### Datos Generales del Regulado

**Fecha de Ingreso:** Octubre 2018

#### Datos de la Empresa Contratada por el Regulado para Elaborar el Análisis de Riesgo

**Nombre de la Empresa:** Colibrí Soluciones Ambientales. S.A. de C.V.

*NOMBRE DE LA PERSONA FÍSICA, ART. 116 PRIMER PÁRRAFO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.*

**Cargo:** Dirección de Operaciones

#### Datos Generales del Regulado

**CURR:**

**RFC:**

**Nombre, Razón o Denominación Social:** Neomexicana de GNC, S.A.P.I. de C.V.

**Nombre del Proyecto:** Estación de Descompresión de Gas Natural para la empresa Forrajes Los Chapeteados, S.A. de C.V.

**Objeto de la Instalación o Proyecto:** Suministrar Gas Natural a los equipos de proceso del Usuario Final

#### Ubicación de las instalaciones

**Calle**  
**Munic**  
**Códig**

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

**Colonia:**  
**Estado:** Jalisco

#### Domicilio para Oír y Recibir Notificaciones

**Calle y Número:**

**Colonia:**

**Municipio:**

**Estado:**

**Código Postal:**

**Teléfonos:**

**Fax:**

**Correo Electrónico:**

**Nombre del Representante Legal:**

**Cargo:**

**Actividad del Sector Hidrocarburos (artículo 3º fracción XI de la Ley de la ASEA):** Procesamiento, compresión, licuefacción, descompresión y regasificación, así como transporte, almacenamiento y distribución de gas natural.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

**Uso de Suelo donde se encuentra la Empresa**

Agrícola       Rural       Habitacional       Industrial  
 Comercial       Mixto

**El proyecto y/o instalación se encuentra ubicada en zona con las siguientes características**

Zona Industrial       Zona habitacional       Zona suburbana  
 Parque Industrial       Zona urbana       Zona rural

**Localización Geográfica**

*COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.*

**Superficie**

Requerida: 180 m<sup>2</sup>  
 Total: 180 m<sup>2</sup>

**Tabla 3. Sustancias Manejadas (Solo se ocupa gas natural a lo largo de la estación de descompresión)**

Nombre Químico la Sustancia (IUPAC)	Número CAS	Riesgo Químico					Capacidad Total		Capacidad de la Mayor Unidad de Almacenamiento (Ton)
		C	R	E	T	I	Almacenamiento (unidad)	Producción (Ton/día)	
Gas Natural	74-82-8					XX	N/A	877 m <sup>3</sup> /hr	21,048 m <sup>3</sup> /día

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

**Tabla 4. Identificación y Clasificación de Riesgos**

Número de Falla	Falla	Accidente Hipotético			Ubicación			Metodología empleada para la identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos	
		Fuga	Incendio	Explosión	Etapa de Operación				
					Transporte	Regulación	Servicios		
Nodo 1	Ruptura Unión o Tubo	XX	XX	XX	XX			Entrada Estación Descompresión Previo Regulación	Check List, Hazop, Mond, Matriz de Jerarquización
Nodo 2	Ruptura Unión o Tubo	XX	XX	XX		XX		Tubería posterior a primera etapa de regulación	Check List, Hazop, Mond, Matriz de Jerarquización
Nodo 3	Ruptura Unión o Tubo	XX	XX	XX	XX			Salida Estación de Descompresión posterior a regulación	Check List, Hazop, Mond, Matriz de Jerarquización

**Tabla 5. Criterios para la Estimación de Consecuencias**

Número de Falla	Tipo de Liberación		Cantidad Hipotética Liberada		Estado Físico	Programa de Simulación Empleada	Zona de Alto Riesgo		Zona de Amortiguamiento	
	Masiva	Continua	Cantidad	Unidad			Distancia (m)	Tiempo (seg)	Distancia (m)	Tiempo (seg)
Nodo 1		XX	136.06	lbs/min	Gas	ARCHIE	21.03	600	41.72	600
Nodo 2		XX	9.09	lbs/min	Gas	ARCHIE	6.09	600	12.19	600
Nodo 3		XX	9.76	lbs/min	Gas	ARCHIE	6.40	600	12.80	600

**Tabla 6. Resultados de la Estimación de Consecuencias**

Número de Falla	Toxicidad				Explosividad (Sobrepresión)		Radiación Térmica		Otros Criterios
	IDHL	TLV <sub>8</sub>	Velocidad del Viento (m/seg)	Estabilidad Atmosférica	0.035 Kg/cm <sup>2</sup>	0.070 Kg/cm <sup>2</sup>	1.4 KW/m <sup>2</sup>	5.0 KW/m <sup>2</sup>	
Nodo 1			1.5 a 2.01	B	XX	XX	XX	XX	Emisión de 10 minutos
Nodo 1			1.5 a 2.01	F	XX	XX	XX	XX	Emisión de 10 minutos
Nodo 2			1.5 a 2.01	B	XX	XX	XX	XX	Emisión de 10 minutos
Nodo 2			1.5 a 2.01	F	XX	XX	XX	XX	Emisión de 10 minutos
Nodo 3			1.5 a 2.01	B	XX	XX	XX	XX	Emisión de 10 minutos
Nodo 3			1.5 a 2.01	F	XX	XX	XX	XX	Emisión de 10 minutos

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

### Receptores de Riesgo

Como se puede observar en la Tabla 5 “Estimación de Consecuencias” se encuentran las distancias tanto de amortiguamiento, así como de alto riesgo, para distintos escenarios, y con el apoyo de la Tabla 1 “resultados por nodo” donde se mencionan las interacciones de cada escenario de acuerdo a dichas distancias, se menciona a continuación la clasificación de cada uno de ellos (Catastrófico, Grave, Significativo, Reparable o Ninguno) (**Con el mismo fin, en el Anexo 4.14 se puede consultar la matriz de clasificación de todos los impactos de cada CASO**):

**NODO 1:** FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A ¼” DE DIÁMETRO, EN UNA JUNTA, BRIDA O TUBERÍA EN MAL ESTADO A LA ENTRADA DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN PREVIO A REGULACIÓN (3,625 PSIG), UBICADA DENTRO DEL PREDIO PROPIEDAD DE CHAPETEADOS, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO PARA QUE LA VÁLVULA DE CORTE SE CIERRE Y QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DONDE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE NEOMEXICANA Y CHAPETEADOS, CIERRE LAS DEMÁS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

- Se puede concluir que se tendrá un efecto REPARABLE, ya que las distancias de alcance son medianas, y dentro del radio de alcance de dichas distancias, se localizan impactos e interacciones con los terrenos de la empresa, sin embargo, no hay vegetación, fauna o cuestión social que se vea afectada. Los radios de afectación se pueden consultar en el **Anexo 4.13** de este estudio.

**NODO 2:** FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A ¼” DE DIÁMETRO EN UNA JUNTA, BRIDA O TUBERÍA EN MAL ESTADO, ESTO AL TÉRMINO DE LA PRIMERA ETAPA DE REGULACIÓN (250 PSIG) DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN, UBICADA DENTRO DEL PREDIO PROPIEDAD DE CHAPETEADOS, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO PARA QUE LA VÁLVULA DE CORTE SE CIERRE Y QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DONDE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE NEOMEXICANA Y CHAPETEADOS, CIERRE LAS DEMÁS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

- Se puede concluir que se tendrá un efecto REPARABLE O CASI NULO, ya que las distancias de alcance son muy cortas, y dentro del radio de alcance de dichas distancias, no se localizan características ambientales ni sociales considerables que se puedan afectar, ni estructuras que resulten afectadas. Los radios de afectación se pueden consultar en el **Anexo 4.13** de este estudio.

**NODO 3:** FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A ½” DE DIÁMETRO, EN UNA JUNTA, BRIDA O TUBERÍA EN MAL ESTADO A LA SALIDA DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN (58.01 PSIG), UBICADA DENTRO DEL PREDIO PROPIEDAD DE CHAPETEADOS, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO PARA QUE LA VÁLVULA DE CORTE SE CIERRE Y QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DONDE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE NEOMEXICANA Y CHAPETEADOS, CIERRE LAS DEMÁS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

- Se puede concluir que se tendrá un efecto PRACTICAMENTE NULO, ya que las distancias de alcance demasiado cortas, las cuales solo afectan al interior de la estación de descompresión. Los radios de afectación se pueden consultar en el **Anexo 4.13** de este estudio.

“Estación de descompresión de gas natural en el municipio de San Miguel el Alto, estado de Jalisco”

## IX. Identificación de los Instrumentos Metodológicos y Elementos Técnicos que Sustentan la Información presentada en el Análisis de Riesgos (Anexos)

### Anexo 1.

- 1.1 Diagrama de Tubería e Instrumentación de la Estación de Descompresión
- 1.2 Diagrama de Flujo Chapeteados
- 1.3 Plano General y de Localización Chapeteados
- 1.4 Plano Obra Civil
- 1.5 Plano Obra Eléctrica

### Anexo 2.

#### 2.1 Fotografías.

Debido a la naturaleza de su instalación, maduración y etapa en la que se encuentra el proyecto no se cuenta con un anexo fotográfico ya que la instalación de descompresión aún se encuentra en armado con fabricante

### Anexo 3.

- 3.1 Hoja de Datos y Seguridad del Gas Natural

### Anexo 4.

- 4.1 Carta referencia al contrato de comodato
- 4.2 Cartografía consultada
- 4.3 Programa de Obra
- 4.4 Programa de Operación
- 4.5 Programa de abandono
- 4.6 Memoria Descriptiva
- 4.7 Ficha Técnica PRS
- 4.8 Descripción de las Metodologías Utilizadas
- 4.9 Análisis de posibles Riesgos de contaminación hacia el suelo y los recursos hídricos
- 4.10 Análisis Preliminar de Riesgo
  - 4.10.1 Lista de Verificación
  - 4.10.2 Índice de Mond
- 4.11 Análisis de Riesgo de Procesos y jerarquización de riesgos (la matriz de jerarquización se muestran sus resultados en punto V.1.2 y desarrollo en el anexo 4.8):
  - 4.11.1 Análisis HazOp
- 4.12 Catálogo de Escenarios de Riesgos (incluye memorias de cálculo, información ingresada a simulador y reporte del mismo, así como resultados)
  - 4.12.1 Memoria Nodo 1
  - 4.12.2 Memoria Nodo 2
  - 4.12.3 Memoria Nodo 3
- 4.13 Radios de Afectación
- 4.14 Matriz de la Clasificación de Impactos de los Radios de Afectación (Social, Ambiental e Infraestructura).