



# ASEA

AGENCIA DE SEGURIDAD,  
ENERGÍA Y AMBIENTE

## ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

**”EDS de GNV – HERMOSILLO”  
PARA EL PROYECTO:**

**Presentado por:**

**GNC HIDROCARBUROS, SA DE CV**

Elaborado por:

**Desarrollo Industrial Quetzal, S.A. de C.V.**

Septiembre de 2019

# ÍNDICE

I	ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO.....	1
I.1	Descripción del Proceso .....	1
I.1.1	Bases de diseño.....	1
I.1.2	Diseño Civil.....	6
I.2	Uso actual de la zona en estudio.....	15
I.2.1	Diseño Mecánico.....	1
I.2.2	DESCRIPCIÓN DE OBRA ELÉCTRICA .....	1
I.2.3	DESCRIPCIÓN DE OBRA CIVIL.....	2
I.2.4	CRITERIOS DE DISEÑO Y MEMORIA DE CÁLCULO .....	2
I.3	DESCRIPCION DETALLADA DEL PROCESO.....	5
I.3.1	Hojas de seguridad. ....	14
I.3.2	Almacenamiento.....	16
I.3.3	Equipos de Proceso y Auxiliares .....	18
I.4	CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	23
I.4.1	Operación. ....	24
I.4.2	SISTEMAS DE AISLAMIENTO.....	29
I.5	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS. ....	34
I.5.1	Antecedentes de accidentes e incidentes. ....	34
I.5.2	Metodologías de identificación y jerarquización. ....	36
I.5.3	Hazop. ....	38
II	DESCRIPCION DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.....	49
II.1	RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN. ....	49
II.2	EFFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL. ....	63
III	SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL.....	65
III.1	RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS.....	65
III.2	SISTEMAS DE SEGURIDAD. ....	68
III.3	MEDIDAS PREVENTIVAS. ....	74
IV	RESUMEN.....	81
IV.1	SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.....	81
V	RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL. ....	82
V.1	PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO.....	83
VI	IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.....	84
VI.1	FORMATOS DE PRESENTACIÓN.....	84
VI.1.1	Planos de localización.....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de áreas .....	2
<b>Tabla 2. Normas de Comisión Reguladora de Energía.....</b>	<b>3</b>
Tabla 3. Normas de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME/ANSI).....	3
Tabla 4. Normas de la Sociedad Americana de Materiales y Pruebas .....	3
Tabla 5. Especificaciones Generales de Petróleos Mexicanos (PEMEX) .....	4
Tabla 6. National Fire Protection Association.....	4
Tabla 7. Estándares y especificaciones para los materiales utilizados en la construcción del ducto .....	4
Tabla 8. Promedio mensual de heladas en 37 años de observación, fuente CNA .....	9
Tabla 9. Promedio mensual de granizadas en 30 años de observación, fuente CNA .....	9
Tabla 10. Especificaciones técnicas de los cilindros de almacenamiento de gas natural .....	16
Tabla 11. Condiciones de operación .....	23
Tabla 12. Palabras guía para realizar el Hazop .....	39
Tabla 13. Número de Probabilidad de Riesgo en matriz de riesgo 4 X 4 Consecuencia .....	41
Tabla 14. Número de Probabilidad de Riesgo en matriz de riesgo 4 X 4 Frecuencia.....	42
Tabla 15. Rango de Probabilidad de Riesgo en matriz de riesgo 4 X 4 .....	42
Tabla 16. Matriz de Jerarquización.....	42
Tabla 17. Resumen de resultados por desviación de la matriz de riesgos .....	43
Tabla 18. Resumen del Rango de Probabilidad de Riesgo en matriz de riesgo 4 X 4 .....	43
Tabla 19. Definiciones de las Categorías con base en la Probabilidad de un Evento .....	44
Tabla 20. Tipos de estabilidad .....	50
Tabla 21. Condiciones meteorológicas que definen la Clase .....	50
Tabla 22. Diámetros equivalentes de la fuga (DEF) .....	51
Tabla 23. Criterios de zonas de seguridad y riesgo .....	52
Tabla 24. Efectos de radiación térmica según la intensidad de radiación emitida .....	53
Tabla 25. Valores de sobrepresión y daño producido en detonaciones.....	53
Tabla 26. Interacciones de riesgo.....	62
Tabla 27. Síntesis del inventario ambiental del Sistema Ambiental .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la operación de una Estación de Servicio de Gas Natural Vehicular (GNCV).....	2
Figura 2. Vientos dominantes del SA .....	8
Figura 3. Sismicidad del Municipio de Hermosillo .....	14
Figura 4. Mapa de uso de suelo de acuerdo al PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DEL CENTRO DE POBLACIÓN DE HERMOSILLO, SONORA.....	16
Figura 5. Vocación del suelo.....	17
Figura 6. Panel de prioridades.....	10
Figura 7. Buffer de almacenamiento de gas natural .....	10
Figura 8. Dispensarios de gas natural .....	11
Figura 9. DIAGRAMA DE FLUJO .....	13
Figura 10. Cilindros de Almacenamiento con capacidad de 250 lts .....	17
Figura 11. Detectores de gas de equipos IMW. ....	29
Figura 12. Parada de emergencia de tablero eléctrico y control. ....	30
Figura 13. Grafica de los resultados por desviación de la matriz de riesgos .....	43
Figura 14. Diagrama de árbol de fallos.....	45
Figura 15. Plano radios de afectación Evento 1 Explosión.....	55
Figura 16. Plano radios de afectación Evento 1 Incendio.....	56
Figura 17. Plano radios de afectación Evento 2 Explosión.....	58
Figura 18. Plano radios de afectación Evento 2 Incendio.....	59
Figura 19. Plano radios de afectación Evento 3 Explosión.....	61

## **I ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO.**

### **I.1 Descripción del Proceso**

#### **I.1.1 Bases de diseño.**

El proyecto se pretende realizar en dos (2) etapas que abastecerá unidades al público en general con un horario de servicio proporcionado propiamente por el cliente;

Teniendo en su primera etapa los siguientes equipos que operarán inicialmente:

- Un (1) Dispensarios de Flujo Estándar, con un flujo de operación de 900 Sm<sup>3</sup>/Hr
- Un (1) Dispensarios de Alto Flujo, con un flujo de operación de 1,200 Sm<sup>3</sup>/Hr
- Dos (2) Cascadas de Almacenamiento de GNC con Capacidad de 2,000 Lts de agua = 4,000 Lts Totales

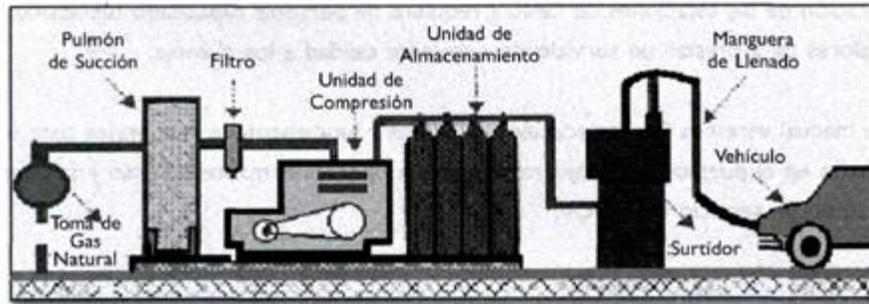
Y a futuro, para su segunda etapa se agregará:

- Un (1) Dispensarios de Flujo Estándar, con un flujo de operación de 900 Sm<sup>3</sup>/Hr
- Un (1) Dispensarios de Alto Flujo, con un flujo de operación de 1,200 Sm<sup>3</sup>/Hr.

Las Estaciones de Gas Natural Vehicular (GNV), son instalaciones equipadas técnicamente para suministrar GNV a los vehículos, cumpliendo con todas las normas de seguridad establecidas por los entes gubernamentales a nivel nacional. En la operación de los equipos de estaciones se debe manejar sistemas y componentes que trabajan a presiones y voltajes elevados.

El flujo que sigue el gas antes de llegar al vehículo es el siguiente (ver siguiente figura): el gas natural es tomado de la red principal de gas domiciliaria, a una presión de 17 bares aproximadamente, esta presión es elevada por un compresor para posteriormente ser almacenada en unos tanques de alta presión y posteriormente se suministra al vehículo, a través de la válvula de llenado, donde es acoplada la boquilla de llenado del surtidor de la estación a una presión de 250 bares aproximadamente, logrando acumular de esta manera una mayor cantidad de GNV en los tanques de alta presión del auto y obtener una mayor autonomía del vehículo.

**Figura 1. Esquema de la operación de una Estación de Servicio de Gas Natural Vehicular (GNCV)**



El proyecto estará comprendido por las siguientes Áreas:

**Tabla 1. Distribución de áreas**

ÁREAS	m <sup>2</sup>
Bypass Panel y Almacenamiento GNC	85.5 m2
Área de Dispensarios de GNV	306.68 m2
Área de Circulación EDS	1,477.05 m2
Servicios de la EDS	113.81 m2
Subestación Eléctrica de la EDS	16.49 m2
Área Total EDS	1,999.537 m2

Sistemas:

- Sistema de Tuberías de Gas Natural en Alta Presión.
- Sistema de Almacenamiento o Buffer.
- Sistema de Dispensarios.
- Sistemas de Seguridad

Cabe señalar que los criterios de diseño empleados en la ingeniería de detalle incluyen normas, estándares y especificaciones nacionales e internacionales, los cuales se presentan a continuación:

**Tabla 2. Normas de Comisión Reguladora de Energía**

Estándar	Especificación
NOM-001-SECRE-2010	Especificaciones del gas natural.
NOM-002-SECRE-2010	Instalaciones de aprovechamiento para gas natural.
NOM-003-SECRE-2002	Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos.
NOM-006-SECRE-1999	Odorización de gas natural.
NOM-007-SECRE-2010	Transporte de gas natural
NOM-008-SECRE-1999	Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/ó sumergidas.
NOM-009-SECRE-2002	Monitoreo, detección y clasificación de fugas de gas natural y gas L.P. en ductos.

**Tabla 3. Normas de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME/ANSI)**

Estándar	Especificación
ASME/ANSI B31.8	Sistema de tubería para el transporte de gas.
ANSI B 31.65	Aletas de la tubería de acero, válvulas con aletas y conectores.
ANSI-B-16.5;	"Pipe Flanges and Flanged Fittings".
ASME Sección IX	Welding and Brazing Qualifications.

**Tabla 4. Normas de la Sociedad Americana de Materiales y Pruebas**

Estándar	Especificación
ASTM-D-2513	Standard Specifications for Thermoplastic Gas Pressure Pipe, Tubing and Fittings.
ASTM-D-3261	Standard Specifications for Butt Heat Fusion Polyethylene (PE) Plastic fitting for polyethylene plastic pipe and tubing.
ASTM-D-2683	Standard specification for socket-type polyethylene fitting for outside diameter controlled polyethylene pipe and tubing.
ASTM D – 1826	Método de prueba para determinar el poder calorífico bruto del gas natural en base seca.
ASTM D – 4468	Método de prueba para determinar el Azufre total (S).
ASTM D – 1142	Método de prueba para determinar el contenido de vapor de agua por la medición del punto de rocío.
ASTM D – 1945	Análisis del gas natural por cromatografía.
GPA 3166-86	Obtención de muestras del gas natural para su análisis por cromatografía.
ASTM A-234 Gr. WPB ASA B 16.9 cédula 80.	Conexiones soldables primer y segundo paso.
ASTM A-105/ ANSI B 16.5.	Bridas primer y segundo paso. Tipo cuello soldable de 4" ø 600# ANSI con cara para empaque RTJ/RF

**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
"EDS de GNV – HERMOSILLO"

Estándar	Especificación
ASTM A-216	Válvulas de bloqueo seccional. Tipo compuerta de paso completo y continuado de 4" ø cuerpo de acero fundido especificación Gr. WCB, conexiones bridadas cara R.F.
ASTM A-216	Válvulas de control. Válvula tipo esfera de paso completo y continuado de 4" ø cuerpo de acero fundido WCB conexiones bridadas 300# ANSI cara R.F.
ASTM A 193	Espárragos de acero especificación en 3/4" de ø.
ASTM A-194 Gr. 2H	Tuerca de acero especificación en 3/4" ø
ASME 3FA-5.1	Soldadura. Electrodo revestido de 1/8" y 5/32" de ø tipo E-6010 especificaciones AWS A:5.1-91.
DIN 30 670	Recubrimiento de polietileno extruido (TRICAPA) de 1.80 m de espesor de película con especificación
API-1104	Código de soldadura al 100%

**Tabla 5. Especificaciones Generales de Petróleos Mexicanos (PEMEX)**

Estándar	Especificación
NRF-004-PEMEX-2003	Protección con recubrimientos anticorrosivos a instalaciones superficiales de ductos.
NRF-026-PEMEX-2001	Protección con recubrimientos anticorrosivos para tuberías enterradas y/o sumergidas.
NRF-030-PEMEX-2003.	Diseño, construcción, inspección y mantenimiento de ductos terrestres para transporte y recolección de hidrocarburos.
CID-NOR-N-SI-0001	Requisitos mínimos de seguridad para el diseño, construcción, operación, mantenimiento e inspección de ductos de transporte
NO. 07.3.13	Requisitos mínimos de seguridad para el diseño, construcción, operación, mantenimiento e inspección de tuberías de transporte.
3.374.08	Normas para construcción de obras públicas en sistemas de tuberías de transporte y distribución de gas.
NO.03.0.02	Derechos de vía de los sistemas de transporte de fluidos.
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.

**Tabla 6. National Fire Protection Association**

Estándar	Especificación
NFPA 69	Explosion Prevention Systems.
NFPA 328	Manholes, Sewers and Similar Underground Structures.
NFPA 5113	Cutting and Welding Processes.

**Tabla 7. Estándares y especificaciones para los materiales utilizados en la construcción del ducto**

Estándar	Especificación
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
API-5L	Tubo de línea
ASME-B-16.5	Bridas para tubo de acero y accesorios bridados

**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
"EDS de GNV – HERMOSILLO"

---

<b>Estándar</b>	<b>Especificación</b>
ASME-B-16.9	Accesorios de fábrica de acero forjado para soldar a tope
ASME-B-16.11	Accesorios de acero forjado de embatir, soldar y roscados
ASME-B-16.20	Ranuras y empaquetaduras de anillo para bridas de acero
API-6D	Válvulas de acero, bridadas o soldables
ASME-B-18.2.2	Tuercas cuadradas y hexagonales
ASME/ANSI-B.16.9	Accesorios para soldadura a tope fabricado de acero forjado
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

**Otros códigos, normas y reglamentos usados:**

- ACI: American Concrete Institute.
- AWS: Asociación Americana de Soldadura.
- CFR: Códigos de Reglamentos Federales.
- EPA: Environmental Protection Agency.
- NEMA: National Electric Manufactures Association.
- NEC: National Electric Code.
- NTIE: Normas Técnicas para instalaciones eléctricas.
- NAPCA: National Association of Pipe Clating Applicates.
- AIEE: American Institute Electrical Equipament.
- UL: Underwriters Laboratories inc. USA.
- ULC: Underwriters Laboratories of Canada.
- "Code of Federal Regulations for the Transportation of Natural and other Gas by Pipeline, U.S. Departament of Transportation", Octubre 1992.

En relación a las Leyes, Reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas, se observarán los siguientes:

**Leyes, Reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas.**

- Ley de la Comisión Reguladora de Energía
- Ley de la Comisión Nacional de Hidrocarburos
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN).
- Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR)
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).
- Ley Federal de Derechos en Materia de Agua.
- Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.
- Ley Federal del Trabajo.
- Ley General de Salud.
- Ley de Protección Civil.

- Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de Materia de Ordenamiento Ecológico.
- Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de Materia de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos
- Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de Materia de Residuos Peligrosos.
- Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de Materia de Protección y Control de la Contaminación de la Atmósfera.
- Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.
- Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de Materia contra la Contaminación Originada por la Emisión de Ruido
- Leyes y reglamentos del municipio o del estado, aplicables a los temas no cubiertos en estas Especificaciones.
- Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente del Trabajo de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

#### **Otras Normas aplicables**

- NOM-010-ASEA-2016 Gas natural comprimido para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad para estaciones de servicio.
- NOM-011-SECRE-2000, Gas Natural para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad en instalaciones vehiculares.
- NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.
- NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
- NOM-020-STPS-2011, Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas – Funcionamiento – Condiciones de seguridad.
- NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas (Utilización)
- NOM-022-STPS-2008, Electricidad estática en los centros de trabajo-condiciones de seguridad.
- NOM-008-SCFI-1993, Sistema general de unidades y medidas.

#### **I.1.2 Diseño Civil.**

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

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

- Sismo

- Vientos
- Temperatura ambiente
- Presión barométrica
- Precipitación pluvial
- Tipo de suelo
- Orografía

### **Tipo de clima.**

A partir del Plano de clima de Hermosillo, Sonora se pueden observar que hay seis diferentes tipos de clima los cuales se describen a continuación .

- Muy seco de régimen de lluvias en verano. Porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 semicálido con invierno fresco con una temperatura mayor a 18° C. Este tipo de clima tiene un área de 383.13 km<sup>2</sup> que equivale al 2.45% del área total.
- Muy seco. Régimen de lluvias en verano. Porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2. Cálido. Temperatura mayor a 22 ° C. 363.59 km<sup>2</sup> y el 2.33% del área total.
- Muy seco. Régimen de lluvias de verano. % de lluvia invernal mayor de 10.2. Cálido. Temperaturas, mayores a 22°C; abarca un área de 7,077.97 km<sup>2</sup> y el 45.30% del área total.
- Muy seco. Régimen de lluvias de verano. Porcentaje de lluvia invernal mayor a 10.2. Semicálido con invierno fresco. Temperaturas mayores a 18°C. Este clima abarca un área de 7,313.09 km<sup>2</sup> con el 46.81% del área total.
- Seco. Régimen de lluvias de verano. % de lluvia invernal mayor a 10.2. Cálido. Temperaturas mayores a 22° C. Abarca un área de 269.42 km<sup>2</sup> con el 1.72% del área total.
- Seco. Régimen de lluvias de verano. Porcentaje de lluvia invernal mayor a 10.2. Semicálido con invierno fresco. Temperaturas mayores a 18°C. Con un área de 215.94 km<sup>2</sup> y abarcando un 1.38% del área total.

El clima del Sistema Ambiental está caracterizado como Muy seco, cálido, temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C, BW(h')(x') (SIGEIA)

### **Dirección de los vientos**

Por lo que toca a los vientos dominantes estos presentan por la mañana un sentido suroeste-noreste y en sentido contrario por la tarde. Los vientos más fuertes se presentan en las temporadas de julio, agosto y septiembre, con variaciones de 60 a 80 Km/h, que eventualmente pueden presentar vientos huracanados con ráfagas de hasta 120 Km/h, principalmente al presentarse huracanes o tormentas tropicales en las costas del golfo de California. Esta característica de los vientos es importante toda vez que con los vientos se desplazan polvos y arenas que afectan a la población que habita en áreas urbanas sobre todo en la periferia presentado afectaciones a la salud principalmente en vías respiratorias y enfermedades de los ojos. Las comunidades rurales aisladas también son impactadas por estos fenómenos ya que falta de pavimento y su relativo aislamiento provoca mayor impacto

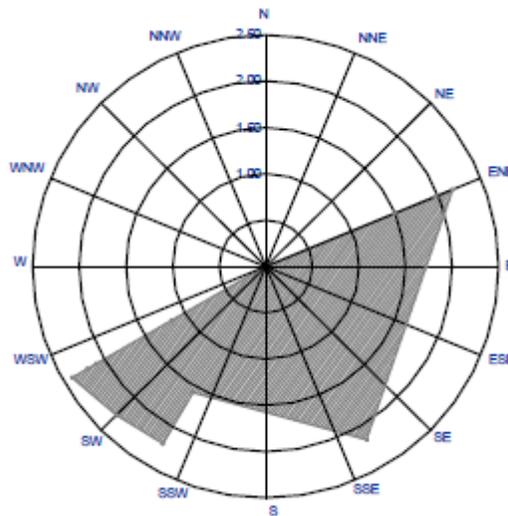
en la población que habita en ellas tal es el caso de las comunidades del valle en Miguel Alemán y las localidades pequeñas localizadas al oriente de la ciudad de Hermosillo.

La dirección de los vientos varia en el año en los meses de febrero, marzo, abril, junio, diciembre corren de sur oeste (SO) a noreste (NE). En enero y noviembre predominan los vientos con dirección Noreste de Suroeste, y en los meses en mayo y octubre los vientos corren con predominancia sur norte.

Los meses de marzo a junio presentan las probabilidades de vientos igual o por arriba de los 20km/hr. El resto de los meses presentan probabilidades bajas de viento por arriba de esta velocidad sin excluir la posibilidad de presencia de rachas eventuales.

Por lo que toca en la velocidad media del viento los meses de enero febrero, octubre, noviembre y diciembre se registraron vientos con velocidad escala 5 (28-38 km/hr), en los meses de marzo julio agosto y septiembre la escala de vientos se registró en 6 (39-49 km/hr) y en el período abril-junio la escala es de 7 (50-61 km/hr).

**Figura 2. Vientos dominantes del SA**



### **Ondas cálidas y gélidas**

Hermosillo presentó temperaturas máximas y mínimas extremas, en período de 1992 a 2013, observándose un importante descenso de temperatura con valor mínimo de - 2°C que se alcanzó en el mes de febrero y un aumento de 48.5 °C para el mes de julio.

### **Heladas**

Las heladas son masas de aire polar con poco contenido de humedad y ocurren cuando la temperatura mínima en una cuenca hidrológica alcanza temperaturas menores o iguales a los

0 °C. El municipio de Hermosillo presenta un período corto de heladas que va de diciembre a febrero, con una incidencia de 0 a 20 días por año.

**Tabla 8. Promedio mensual de heladas en 37 años de observación, fuente CNA**

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Heladas	0.86	0.22	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0.7	1.9
Años con Datos	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37

**Fuente:** Elaboración propia con base en Atlas Municipal de Riesgo, 2014 IMPLAN, H Ayuntamiento de Hermosillo

### Tormentas de granizo

La presencia de granizadas en el municipio de Hermosillo es escasa y errática, de acuerdo a la información de la estación meteorológica de la CNA. Se tiene registrada la ocurrencia de 0 a 2 días con granizadas por año, por lo que no se considera un agente perturbador que tenga un impacto significativo para la población.

**Tabla 9. Promedio mensual de granizadas en 30 años de observación, fuente CNA**

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Granizo	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.3	0.3	0.2	0	0.2	1.6
Años con Datos	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

**Fuente:** Elaboración propia con base en Atlas Municipal de Riesgo, 2014 IMPLAN, H Ayuntamiento de Hermosillo

### Tormentas de nieve

Otro fenómeno meteorológico invernal, son las nevadas, definidas como la precipitación de cristales de hielo, esto ocurre cuando las condiciones de temperatura y presión referidas a la altura de un lugar y al cambio de humedad del ambiente, se conjugan para propiciar la precipitación de agua en estado sólido conocido como nieve.

En una nevada los cristales de hielo caen en grupos ramificados, llamados copas de nieve. La nieve es un fenómeno que consiste en la precipitación de pequeños cristales de hielo. Las nevadas varían dependiendo del temporal y la localización, incluyendo latitud geográfica, la elevación y otros factores que afectan al clima en general.

En el municipio de Hermosillo, la probabilidad de que se presenten condiciones climatológicas las cuales pudieran generar la

precipitación de nieve, es muy baja, lo anterior es debido a los niveles topográficos que posee la mayor parte del Territorio Hermosillense se encuentra menor a los 400 metros sobre el nivel del mar. Aunque existen elevaciones por encima del valor antes mencionado, como son la Sierra Agualurca con una elevación de 635 msnm, ubicada al sureste-noroeste de la ciudad de Hermosillo y la Sierra El Bachoco con 650 msnm al norte de la misma.

Los Frentes Fríos más intensos que se han registrado en Sonora y que han logrado provocar la caída de nieve a niveles a

partir de los 700 metros. Hermosillo al estar a una altura mucho más baja, esta precipitación llega en estado líquido al suelo o en forma de aguanieve como se cree alguna vez se registró en la Sierra El Bachoco. Desafortunadamente lo anterior, no se ha podido comprobar, ya que

de acuerdo a la CONAGUA en los 40 años de observación climatológica de la estación Hermosillo, no se han registrados fenómenos climatológicos de este tipo.

### **Ciclones tropicales**

Los ciclones tropicales, representan el más severo de los fenómenos Hidrometeorológicos en nuestro país. La temporada de ciclones y tormentas tropicales inicia la segunda quincena de mayo y termina la primera quincena de octubre, Estos son sistemas de baja presión con actividad lluviosa y eléctrica con vientos que rotan en dirección contraria de las manecillas del reloj en el hemisferio norte. Un ciclón tropical con vientos menores o iguales a 62 km/hr es llamado depresión tropical, cuando alcanza velocidades de 63 a 118 km/hr se define como tormenta tropical y al exceder los 118 km/hr se convierte en huracán. La escala Saffir-Simpson define y clasifica la categoría de un huracán en función de la velocidad de los vientos del mismo. En un período de 1949 hasta el 2013, se tiene el registro de cuatro ciclones tropicales han cruzado el territorio Hermosillense, los cuales han ocurrido a partir de la segunda quincena del mes de agosto, como se muestra en el plano siguiente sobre las trayectorias históricas de Tormenta Tropicales.

Como se observa en el Plano de trayectorias históricas, de los cuatro fenómenos meteorológicos de este tipo, tres fueron

como Depresión Tropical y uno como Tormenta Tropical es decir hasta el momento no existe un registro, de que se indique que el municipio de Hermosillo haya tocado o cruzado con el grado de Huracán de acuerdo a la escala Saffir- Simpson.

De las últimas tormentas tropicales, que han tenido consecuencias adversas en el municipio de Hermosillo fue el Huracán

“Henriette” que tocó tierra sonorenses como Tormenta Tropical el 5 de septiembre del 2007, dicho fenómeno provocó inundaciones y encharcamientos en varias localidades del municipio afectando principalmente el patrimonio de las familias asentadas en las partes bajas y muchas de ellas de escasos recursos lo que provocó movilizaciones y reacción del gobierno federal, estatal municipal para una pronta atención.

Se tienen registros de aproximadamente 27 tormentas tropicales que han tocado las costas de Sonora, en los últimos 52 años de observación, las cuales ocurren en la mayoría de las ocasiones a partir de la mitad de septiembre. El Plano de Trayectorias Históricas de Ciclones muestra los recorridos de estos eventos en Sonora, mientras que en los siguientes cuadros se muestra la fecha, nombre y categoría de dichas tormentas y el tipo de declaratoria por evento catastrófico en el Municipio de Hermosillo.

### **Tornados**

Los tornados son sistemas de aire que giran rápidamente alrededor de un centro de presión baja y que dan origen a un gran túnel vertical de viento, en forma de remolino, que destruye todo a su paso por la magnitud de sus vientos y la fuerza del gradiente horizontal de presión tan intensa.

Los tornados tienen una forma de embudo, que se originan en la base de las nubes convectivas, extendiéndose hacia abajo hasta la superficie terrestre, con su extremo más angosto en la superficie de la tierra y su extremo más ancho en la parte inferior de las nubes.

El balance de fuerzas que controla el tornado, crea un relativo vacío en el “ojo” o centro del fenómeno, el cual da lugar a una fuerza de gradiente de presión enorme; los tornados son

sistemas de vientos relativamente pequeños, pero de gran intensidad y capacidad de destrucción.

En el municipio de Hermosillo sólo se tiene conocimiento de formación de remolinos terrestres, los cuales levantan a su paso

polvo y basura, ocasionando problemas de salud y contaminación del aire. A diferencia de los tornados con potencial destructivo, los remolinos terrestres nunca llegan a la base de nubes bajas, y su desplazamiento raras veces alcanza el kilómetro.

Sin embargo, se han presentado trombas que son sistemas similares a los tomados que se originan sobre grandes cuerpos

de agua, como los océanos o lagos. Las características termodinámicas no son tan extremas, como en los tornados sobre tierra, pues en este caso no se presenta el forzamiento orográfico en el levantamiento de las masas de aire, en la región central de las trombas la presión atmosférica "succiona" la superficie del agua, haciendo que el nivel del mar aumente tanto como la presión interior lo permita.

Las trombas se hacen visibles gracias al vapor de agua condensado en las espirales de aire ascendente, similarmente a los

tornados, sin embargo, en el caso de las trombas, éstas pueden absorber grandes cantidades de agua salada de mar y mezclarse con el vapor atmosférico.

A diferencia de los tornados las trombas se mueven más lentamente y son de menor duración, la gran mayoría sólo dura unos cuantos minutos. Las trombas, como los tornados, son formadas en condiciones inestables de la atmósfera, cuando capas de aire frío se superponen sobre masas de aire relativamente cálido y húmedo en la superficie oceánica.

Las velocidades de los vientos asociados a las trombas son del orden de 100 a 150 km/hr; es decir, son mucho más débiles que los tornados, por lo que cuando las trombas se mueven sobre tierra, tienden a disiparse en muy poco tiempo, precipitando enormes cantidades de lluvia e inundando por completo pequeñas zonas dentro de los poblados.

**Tormentas de polvo**

Las tormentas de polvo o polvareda es un fenómeno meteorológico que se presenta especialmente durante el verano. Estas tormentas de polvo severas pueden reducir la visibilidad a cero, imposibilitando la realización de viajes y llevarse volando la capa superior del suelo, depositándola en otros lugares.

### **Tormentas eléctricas**

Las tormentas eléctricas son descargas bruscas de electricidad atmosférica que se manifiestan por un resplandor breve (rayo) y por un ruido seco o estruendo (trueno). Las tormentas se asocian a nubes convectivas (cumulonimbus) y pueden estar acompañadas de precipitación en forma de chubascos, nieve, nieve granulada, hielo granulado, granizo o sin ninguna precipitación. Son de carácter local y se reducen casi siempre a sólo unas decenas de kilómetros cuadrados.

Estudios realizados en diferentes países acerca de la actividad eléctrica en la, permiten inferir que el nivel cera único es

mayor en latitudes tropicales que en latitudes templadas.

En este apartado se analizarán los datos obtenidos por el sistema "Lighting Imaging Sensor" (LIS) que posee la NASA, aplicados al caso particular del municipio de Hermosillo, con el objeto de extraer las características más relevantes de la actividad de rayos entre los años 1998 y 2012, en función de esto se pretende identificar las zonas geográficas que poseen mayor actividad.

Las descargas atmosféricas producen pulsos ópticos que son especialmente visibles desde el espacio y el equipo óptico los detecta a pesar de los niveles de iluminación de fondo producidos por el brillo de las nubes a la luz solar.

El sistema se basa en la medición obtenida mediante un satélite que posee sensores ópticos, junto con otro equipamiento especializado, para obtención de otros parámetros de interés.

Las Tormentas Eléctricas se presentan varias veces al año, según nos indican los reportes de la Comisión Nacional del Agua, así como la NASA, en su proyecto TRMM, estos fenómenos se presentan sobre todo en los meses de julio y agosto. En la Figura 5.11 se presenta la densidad de descargas a tierra por km<sup>2</sup> en el año 2012.

En el municipio de Hermosillo, Sonora, la presencia de este tipo de fenómeno según los datos registrados por la estación meteorológica es baja, con recurrencia durante todo el año, excepto febrero y con mayor presencia julio y agosto.

El marco regional del estado de Sonora, ubica gran parte de su territorio con una actividad sísmica media en la región central, en la franja costera se clasifica como alta y al norte baja o nula; excepto la porción noreste identificada como media-alta. Asimismo, el municipio de Hermosillo presenta actividad media en su mayoría, intensificándose hacia la línea de costa.

En Sonora podemos mencionar dos tipos principales de sismos; cuya zona de influencia es la región noroeste y costera del Estado, además de los ubicados en las fallas activas que la atraviesan, sobre todo la parte noreste del territorio sonorenses.

Históricamente, el fenómeno de mayor relevancia en el Estado fue el ocurrido el 3 de mayo de 1887, el cual estremeció la parte noreste de la Entidad; se sintió hasta Sinaloa y Chihuahua, incluso en el vecino país hasta San Francisco, California.

La magnitud de este evento sísmico fue estimada en 7.2<sup>o</sup> Richter, ubicándose el epicentro en el límite del Valle San Bernardino, al frente Oeste de la Sierra Madre Occidental, aproximadamente 50 km al noroeste de la localidad de Bavispe. Las localidades más afectadas fueron Bavispe, Bacadéhuachi, Bacerac, Arizpe, Moctezuma, Villa Hidalgo, Huachineras, Fronteras, Cumpas y Tepache, se han presentado también otros fenómenos de menor magnitud, que se observa en el Plano Focos Sísmicos Históricos, donde se muestra que en el municipio de Hermosillo se han presentado ocho focos sísmicos de diferentes magnitudes, sin embargo la ciudad de Hermosillo no ha presentado ninguno aunque esto no significa que dentro del casco urbano no se haya sentido algún movimiento telúrico.

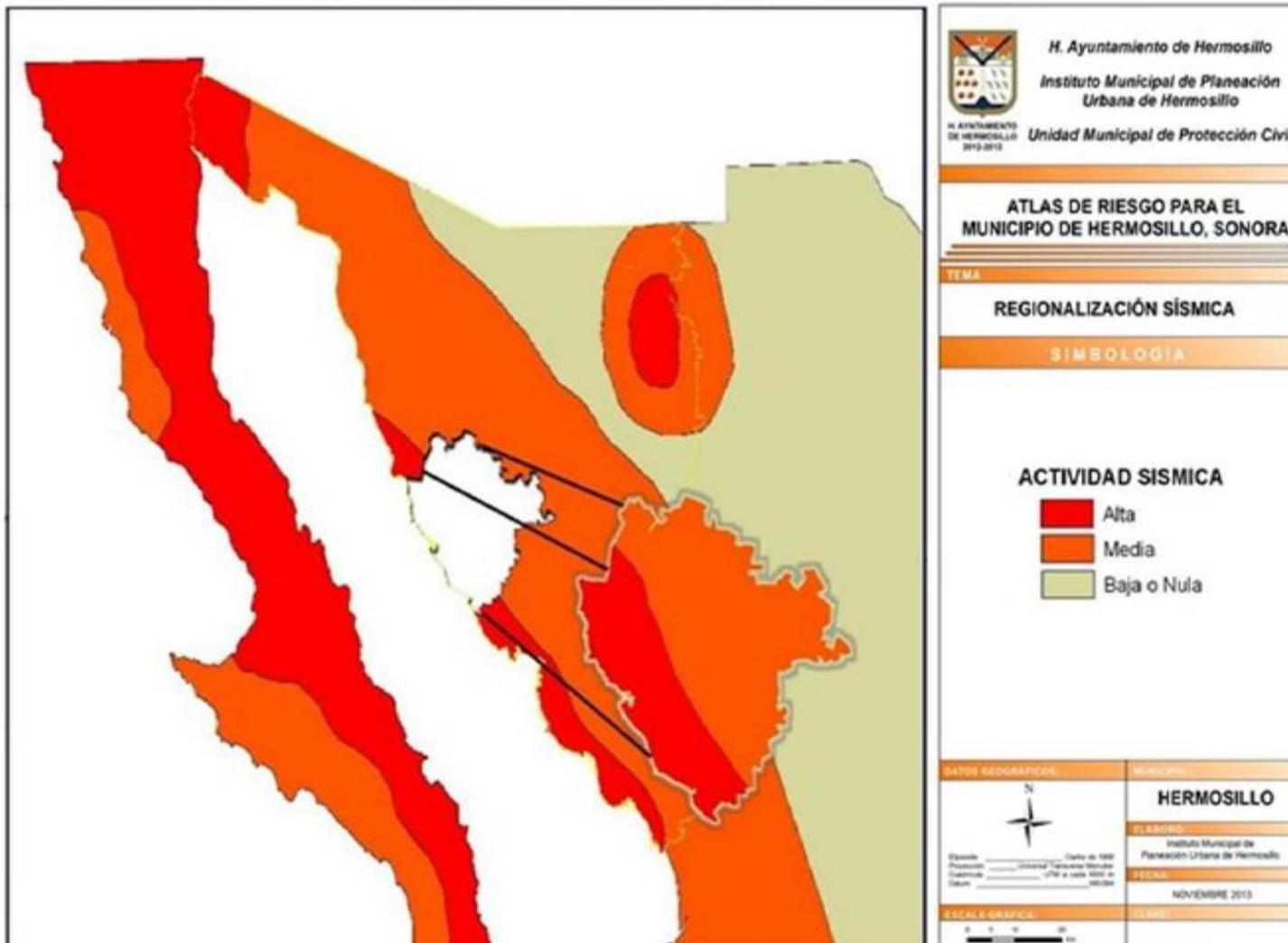
Las aceleraciones máximas del terreno por período de retorno (TR), indican el tiempo medio, medido en años, que tarda en repetirse un sismo con el que se exceda una aceleración dada. La siguiente Tabla muestra los rangos para diferentes períodos de retorno en el municipio de Hermosillo.

<b>TR (años)</b>	<b>Rango de aceleraciones máximas (Gals)</b>
10	34-11
100	27-81-135
500	45-135-225

El período promedio de repetición de una aceleración mínima puede producir daños importantes a las construcciones. Los daños son considerables en los tipos constructivos que predominan en el país a partir de un nivel de excitación del terreno igual o mayor al 15% de g (aceleración de la gravedad terrestre); por tal razón, la Comisión Federal de Electricidad generó Períodos de Retorno para Aceleraciones de 0.15 de g o mayores.

Por ejemplo, para una localidad donde el período de retorno es de 25 años, significa que podrá ser afectada por una aceleración igual o mayor al 15% de g, cuatro veces en un siglo u ocho veces en 200 años, a consecuencia de sismos con epicentro en un cierto entorno de dicha localidad.

**Figura 3. Sismicidad del Municipio de Hermosillo**



### **I.1.2.1 Posible actividad volcánica.**

Para la determinación de peligros volcánicos, se utilizó como base la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. De acuerdo con dicho documento, la República Mexicana está compuesta por dos zonas volcánicas principales, una localizada en el centro del país, donde se encuentran los principales volcanes activos; y otra a lo largo de la Península de Baja California, donde se encuentran volcanes inactivos en su mayoría, sin dejar de lado al volcán Tres Vírgenes, cuya historia eruptiva se remonta al Holoceno.

Por su cercanía con el municipio de Hermosillo, se prestará especial atención a los trece volcanes ubicados en la Península de Baja California.

De acuerdo con CENAPRED (2004), Isla San Luis, Jaraguay, Guadalupe, San Borja, Agüajito y La Reforma representan peligro indefinido debido a intervalos de recurrencia indeterminados; la probabilidad de que un volcán de este tipo se reactive de manera abrupta es virtualmente nula, sin embargo es necesario un reevaluación para determinar con exactitud el tipo de peligro. Cerro Prieto, San Quintín, Cerro León, Coronado, Isla Tortuga y Comundú son volcanes que no cuentan con los elementos mínimos para realizar una evaluación; al igual que en la categoría anterior, la probabilidad de que un volcán de éste tipo se reactive de manera abrupta es virtualmente nula.

De los trece volcanes, el único que se considera peligroso es el Complejo Volcánico Tres Vírgenes (CVTV), pues el Complejo Volcánico del Pinacate se encuentra a más de 385 km del Municipio de Hermosillo y su grado de peligrosidad es bajo. Por esta razón se llevó a cabo un análisis detallado para determinar si el CVTV podría afectar al Municipio de Hermosillo.

La evaluación de peligros volcánicos del complejo Tres Vírgenes se llevó a cabo mediante la reconstrucción del pasado eruptivo del volcán, pues representa una clave fundamental para predecir futuras áreas de afectación. Para una interpretación adecuada de comportamientos pasados se utilizó información acerca de erupciones históricas, geología, estratigrafía, geoquímica, petrología y geocronología.

El Municipio de Hermosillo se encuentra libre de peligros volcánicos de tipo flujo piroclástico, lahares, ondas de presión, derrumbes, flujo de lava, sismos volcánicos, gases volcánicos y tsunamis producidos por el volcán La Virgen, pues el área de influencia no supera los 25 kilómetros alrededor del volcán, mientras que el área de estudio se encuentra a 225 kilómetros al este del complejo volcánico.

Es importante recalcar que a pesar de que el área de influencia con respecto a caída de ceniza es de 25km, y que el promedio de distribución alcanzado por los volcanes plineanos es de 30km, existen casos extremos, como se muestra en la Figura 5.8, en los que una mega erupción podría distribuir ceniza hasta 700km más allá del punto de erupción, como es el caso del Monte Vesubio en Italia

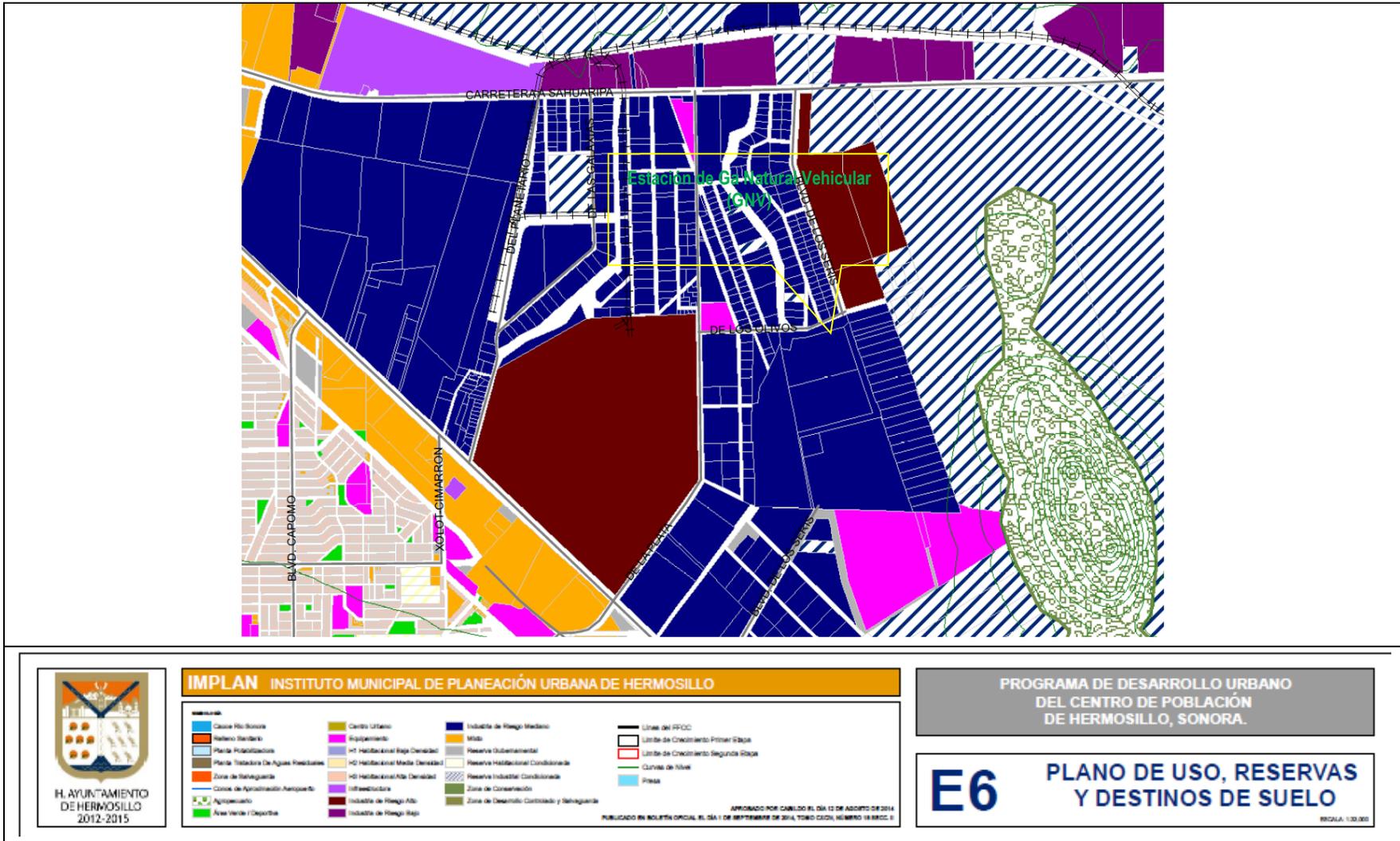
## **I.2 Uso actual de la zona en estudio.**

De acuerdo al PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DEL CENTRO DE POBLACIÓN DE HERMOSILLO, SONORA., el uso de suelo donde se pretende instalar la EGNV, se clasifica de la siguiente manera:

IRM. Industria Riesgo Medio



**Figura 5. Vocación del suelo**



### **I.2.1 Diseño Mecánico.**

Las obras mecánicas se iniciarán en la descarga de los compresores

En el inicio de la instalación de descarga de gas natural a la EDS, se tomará el gas, de la línea principal de descarga de cada compresor y se dirigirá hacia el Bypass Panel, que por medio de un arreglo de válvulas automáticas se encarga de direccionar el Flujo del GNC a través de tuberías de acero Inoxidable sin costura también conocida como "seamless", que es un tubo de acero inoxidable extruido que no tiene cordón de soldadura en su interior y fabricado en acero tipo 316, bajo en carbón. El trayecto del cabezal del panel hacia el almacenamiento es de acero Inoxidable 316, especificación ASTM A-269 de 1" OD x 0.120 de espesor, del panel a los dispensarios de 1" OD x

1.120 de espesor, para acometer a cada dispensario es de 1/2" O.D x 0.065 de espesor y del panel hacia consumo interno es de 1" O.D x 0.120 de espesor

La tubería que va del panel al dispensario se llevará por la trinchera de instalaciones, arreglo detallado en los planos constructivos.

Como medida de seguridad el venteo de los dispensarios se llevará 0.90 m por encima del nivel más alto de la estación para la liberación del gas en forma segura y de conformidad con la normatividad.

### **Inspección y pruebas.**

La construcción, instalación de equipos, operación y mantenimiento de la estación de GNVC cumplirá con lo establecido en las Normas NOM-002-SECRE-2010, Instalaciones de aprovechamiento de gas natural y NOM-010-SECRE-2002, Gas natural comprimido para uso automotor. En lo concerniente a las inspecciones y pruebas se registrará por lo establecido en el numeral 13 de la NOM-002, Operación, mantenimiento y seguridad de las instalaciones de aprovechamiento y en el Apéndice Procedimiento para la evaluación de la conformidad, numeral 4. Para lo cual se contará con los servicios de una Unidad Verificadora (UV), debidamente avalada por la Secretaría de Energía.

### **I.2.2 DESCRIPCIÓN DE OBRA ELÉCTRICA**

La EDS requerirá a CFE una acometida la cual será del tipo aérea-subterránea hasta la subestación eléctrica, la cual alimentará en 220 VCA. a un tablero general de distribución el cual derivará dos circuitos eléctricos para alimentar a un CCM

Así también se instalará un Master PLC el cual se encargará de coordinar los equipos de compresión, el panel de prioridades y los dispensarios, además de ser el encargado de activar las alarmas de la EDS así como los paros de emergencia. Estos equipos se ubicarán en el cuarto eléctrico fuera de áreas clasificadas.

Algunos equipos del sistema de compresión generan atmósferas explosivas que se representan acorde a la sección cinco de la NOM-001-SEDE-2012 y de acuerdo con el apéndice normativo I de la NOM-010-ASEA-2016 en el plano de clasificación de áreas. Las instalaciones eléctricas están diseñadas para cumplir los requerimientos de seguridad, para su instalación en áreas clasificadas de acuerdo con lo indicado en las Normas.

El patín de las Cascadas, CCM's y los equipos eléctricos deben estar conectados a tierra

### **I.2.3 DESCRIPCIÓN DE OBRA CIVIL**

La EDS requerirá a CFE una acometida la cual será del tipo aérea-subterránea hasta la subestación eléctrica, la cual alimentará en 220 VCA. a un tablero general de distribución el cual derivará dos circuitos eléctricos para alimentar a un CCM

Así también se instalará un Master PLC el cual se encargará de coordinar los equipos de compresión, el panel de prioridades y los dispensarios, además de ser el encargado de activar las alarmas de la EDS así como los paros de emergencia. Estos equipos se ubicarán en el cuarto eléctrico fuera de áreas clasificadas.

Algunos equipos del sistema de compresión generan atmósferas explosivas que se representan acorde a la sección cinco de la NOM-001-SEDE-2012 y de acuerdo con el apéndice normativo I de la NOM-010-ASEA-2016 en el plano de clasificación de áreas. Las instalaciones eléctricas están diseñadas para cumplir los requerimientos de seguridad, para su instalación en áreas clasificadas de acuerdo con lo indicado en las Normas.

El patín de las Cascadas, CCM's y los equipos eléctricos deben estar conectados a tierra

### **I.2.4 CRITERIOS DE DISEÑO Y MEMORIA DE CÁLCULO**

**Presión de diseño:** Se considera como presión de diseño, la máxima presión de operación a la que podrá llegar a trabajar la estación la cual se tomará en cuenta para todo tipo de cálculos de resistencia de materiales y pruebas no destructivas a realizar en la misma para salvaguardar su integridad, así como para delimitar responsabilidades en función de la garantía por defectos de fabricación en la misma.

**Presión de Prueba:** Se considerará una presión de 1.5 veces la máxima presión de operación como valor predeterminado para la realización de la prueba hidrostática de la estación de medición y 1.1 la presión neumática de conformidad con las normas recomendadas por Comisión Reguladora de Energía.

Los criterios de diseño están definidos de acuerdo a lo siguiente:

- Ubicación, temperatura y área de la Estación de Servicio de GNV
- Presión de succión del Gasoducto
- Características de la Estación de Regulación y Medición
- Número de Compresores, Almacenamiento y Dispensarios
- Ubicación y distancias entre Área de Compresión y Dispensarios
- Presión de succión y descarga del Compresor
- Presión de Trabajo del Panel de Prioridades.

Para calcular el espesor de la tubería, se consideran las siguientes características de los equipos de compresión:

- Presión de operación descarga de Compresor 250 bar (3,626 psi)
- Presión de llenado de GNV: 248 bar (3,600 psi)
- Flujo máximo de Compresor: 1,853 Sm<sup>3</sup>/h (cada uno)
- Velocidad máxima del gas en tuberías: 25 m/s.

Condiciones Base: Presión = 1.0 kg/cm<sup>2</sup> Temperatura = 20 °C

NOTA: Debido a la operación de este tipo de estaciones de GNV, donde las unidades de llenado se encuentran a una presión muy inferior, el sistema de tuberías no requiere garantizar un flujo y una presión constante. Por lo cual no se requiere el cálculo de caída de presión

#### **I.2.4.1 Construcción de la Estación de Servicio De Gas Natural Comprimido, GNCV**

##### **Preparación del Sitio**

La preparación del sitio consistirá en,

**TRAZO DE LAS ÁREAS DEL PROYECTO.**

**EXCAVACIÓN.** Para los cimientos del proyecto en donde se requieren y de la superficie que ocupará la cisterna.

**NIVELACIÓN Y COMPACTACION DEL TERRENO.**

Las áreas destinadas para la circulación interior de los vehículos serán conformadas por concreto hidráulico MR48 de 23 cm de espesor, con 20 cm de material tipo subbase y 40 cm de tepetate compactado al 98% pp.

Las áreas de banquetas y guarniciones se conforman de losas de concreto de 250 f(c)/cm<sup>2</sup> con 10 cm de espesor, con 20 cm de material tipo subbase y 40 cm de tepetate compactado al 98% pp.

El área de patio de transvase se compone de una losa de concreto de 20 cm de espesor, 20 cm de material tipo subbase y 30 cm de tepetate compactado al 99% pp.

### **Construcción del proyecto.**

Las obras civiles para la Estación de Servicio constarán de las siguientes actividades:

Se construirán bases para el almacenamiento y compresor(es) de GN. Éstos se encontrarán en un área destinada, delimitada por una reja de acero de 2.0 m de altura, con accesos diametralmente opuestos para salida de emergencia.

Para la instalación de la tubería mecánica y eléctrica, se construirá una trinchera que comenzará en el área de compresores hasta llegar al área de dispensarios. Se deben considerar los drenajes adecuados en las trincheras para evitar que las tuberías queden sumergidas.

### **Acometida eléctrica.**

Se refiere a la instalación por parte de CFE de la instalación en media tensión de la alimentación eléctrica de la estación. Esta instalación es independiente de la acometida existente y consiste en una derivación de las líneas de media tensión de la red urbana hacia el transformador al interior de la estación. Su instalación será subterránea.

### **Acometida de gas**

ERM. Esta actividad consiste en las labores a cargo del distribuidor local de gas natural (Maxigas) para suministrar el gas a la estación. Corresponden a la instalación de una tubería subterránea derivada de la red urbana hacia una estación de filtración, regulación y medición del gas que se ubica al interior de la estación de servicio, a partir de la cual se hace la red interna hacia el compresor.

### **Conexión y puesta en marcha de equipos.**

Corresponde al conjunto de actividades relacionadas con la comprobación de que las instalaciones hayan sido correctamente instaladas antes de proceder con las conexiones eléctricas y mecánicas de cada uno de los equipos. Durante esta etapa también se hacen las pruebas eléctricas, de flujos, presiones y calibraciones antes de proceder con las pruebas que determinen que se puede dar inicio seguro de las operaciones.

### **Limpieza Fina.**

Se realizará limpieza gruesa durante la obra, la limpieza fina general de la obra se hará para su recepción y ocupación, comprende todos los materiales necesarios, limpieza de pisos, paredes, recolección de basura y acarreo fuera de la obra a un botadero aprobado por la autoridad local, equipo, andamios, herramienta y mano de obra necesaria.

### **Instalación y limpieza de tuberías.**

Se instalarán tuberías de acero de diferentes diámetros y cédulas dependiendo de los rangos de presión y flujo. En su mayoría serán tuberías soldables, aunque también se usarán tuberías de acero inoxidable roscadas con sus correspondientes accesorios e instrumentos de seguridad. La tubería de acometida al compresor será enterrada y las tuberías hacia los dispensarios irán dentro de trincheras.

Las tuberías de gas que transportan el gas desde la estación de regulación y medición, pasando por el compresor, hasta los dispensarios se limpiarán mediante la inyección a presión de gas inerte (no combustible). Esta limpieza se hace posteriormente al ensayo hidrostático, el secado y a la instalación de todo el montaje de válvulas y accesorios.

### **Inspección y pruebas.**

La construcción, instalación de equipos, operación y mantenimiento de la estación de GNV cumplirá con lo establecido en las Normas NOM-002-SECRE-2010, Instalaciones de aprovechamiento de gas natural y NOM-010-SECRE-2002, Gas natural comprimido para uso automotor. En lo concerniente a las inspecciones y pruebas se regirá por lo establecido en el numeral 13 de la NOM-002, Operación, mantenimiento y seguridad de las instalaciones de aprovechamiento y en el Apéndice Procedimiento para la evaluación de la conformidad, numeral 4. Para lo cual se contará con los servicios de una Unidad Verificadora (UV), debidamente avalada por la Secretaría de Energía.

Obra Eléctrica. Incluye principalmente el cuarto de tableros, los cableados, tierras, pararrayos, alumbrado, sistemas de seguridad, sistema de tierra, cuarto de control, transformador de baja y pruebas a los equipos.

Inspección y pruebas. La construcción, instalación de equipos, operación y mantenimiento de la Estación de Servicio de Gas Natural Vehicular (GNCV), cumplirá con lo establecido en la Norma NOM-002-SECRE-2010, Instalaciones de aprovechamiento de gas natural. En lo concerniente a las inspecciones y pruebas se regirá por lo establecido en el numeral 13 de la misma norma, Operación, mantenimiento y seguridad de las instalaciones de aprovechamiento y en el Apéndice Procedimiento para la evaluación de la conformidad, numeral 4. Para lo cual se contará con los servicios de una Unidad Verificadora (UV), debidamente avalada por la Secretaría de Energía.

## **I.3 DESCRIPCION DETALLADA DEL PROCESO**

El proceso de compresión del Gas Natural inicia donde el gas suministrado por la compañía transportista, es acondicionado de acuerdo a las necesidades de los equipos de la estación, es decir, garantiza que la presión sea constante y el flujo sea suficiente a lo requerido por los equipos de la estación, así también cuantifica el volumen de gas suministrado, corrigiéndolo a condiciones base de presión y temperatura para su posterior facturación.

En esta parte del proceso, se cuenta con una serie de válvulas las cuales permiten de forma manual interrumpir totalmente el flujo de gas o aislar parte del proceso, sin

interrumpir el flujo de gas a la EDS (by-pass), para su mantenimiento, como puede ser la limpieza o cambio del elemento filtrante, mantenimiento de los reguladores de presión, elementos primarios de medición y el medidor de flujo de gas.

Así también se cuenta con válvulas particulares para aislar algunos elementos de seguridad o instrumentos de medición para su mantenimiento o cambio, como son válvulas de seguridad, indicadores de presión (manómetros), transductores de presión y temperatura.

Las válvulas reguladoras bloquean la posible sobrepresión aguas abajo para proteger a otros usuarios conectados a la red de Pemex. Contando adicionalmente con un sistema de monitoreo remoto que reporta las condiciones de operación de la ERM que alerta inmediatamente a la compañía suministradora del servicio cualquier situación anormal, el distribuidor será quien evalúe y restablezca el suministro a la EDS.

Para protección por sobre presión de los equipos y tuberías, la EDS cuenta con una serie de válvulas de seguridad o válvulas de relevo de presión, las cuales están calibradas para abrir cuando la presión alcance 1.2 veces la presión normal de operación del sistema, desfogando al ambiente el exceso de presión, cerrando automáticamente cuando la presión se normaliza.

Adicionalmente el sistema de monitoreo de la compañía suministradora recibe una alarma para su revisión y evaluación.

Para evitar la corrosión de las tuberías, se instala un sistema de protección catódica conectado a la tubería, la cual cuenta con un ánodo de sacrificio que se degrada más rápidamente, evitando la degradación y envejecimiento de los gasoductos. Además de contar con un aislamiento que cubre toda la tubería para evitar el contacto con la tierra.

Prácticamente el mantenimiento o calibración requerida de los elementos filtrantes, reguladores, medidores, indicadores, sensores, etc., la programación y frecuencia de los servicios está a cargo de la compañía suministradora, ya que estos equipos quedan a resguardo de ellos, así como el acceso a esta área, incluyendo el sistema de protección catódica.

De igual manera tanto tuberías, como equipos individualmente (compresor, almacenamiento y dispensarios.), cuentan con válvulas de seguridad, las cuales están calibradas para abrir cuando la presión alcance 1.2 veces su presión normal de operación, desfogando al ambiente el exceso de presión, cerrando automáticamente cuando la presión se normaliza.

Y el mantenimiento de estas válvulas de relevo de presión deberá realizarse anualmente de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y a lo que indica la Norma.

Se deberá revisar y realizar el mantenimiento de las tuberías con la frecuencia necesaria de acuerdo a las condiciones ambientales del lugar, consistente en aplicación de pintura esmalte a todo el recubrimiento de tuberías y válvulas, para evitar la corrosión, como lo que indica Apéndice II de la norma NOM-003-SECRE-2011, Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas, y la señalización según lo indicado en la norma NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías. Así también se deberá garantizar que las tuberías de acero al carbón como las de acero inoxidable no tengan contacto con tierra física para evitar degradación del espesor del material, es decir que los soportes tengan un buen material dieléctrico que aislé la tubería en toda su trayectoria de la tierra física.

Inspeccionar mensualmente cada indicador de presión (manómetro) instalado en las líneas de tubería, verificando que la aguja marque cero y que incremente cuando se presurice el elemento. Reemplazar si la aguja está dañada, o si presenta fuga de aceite de silicón, o si se detecta algún otro daño físico.

Para evitar múltiples problemas futuros, como la acumulación de líquidos condensados del gas dentro de los tanques de almacenamiento y contenedores del transporte de gas, y por ende el envejecimiento prematuro del interior de estos por corrosión, así como posibles daños en los compresores como pueden ser fractura de las válvulas de compresión, saturación y colapso de filtros, etc., se recomienda la instalación de filtros coalescentes y/o adsorbentes o secadores de gas.

Para el proceso de compresión, se tienen compresores del tipo pistón, arreglo en "W", sistema recíprocante, que significa que el gas se comprimirá en varias etapas dentro de diferentes cilindros que sirven de recipiente y que a través de un pistón que por desplazamiento reduce su volumen, este gas comprimido pasa a una siguiente etapa de compresión, en un cilindro de menor espacio para incrementar nuevamente su presión, sucediendo esto en 3 etapas de compresión con una presión de descarga de 3625 Psig.

Las variables del gas afectadas en este proceso son, presión, volumen y temperatura. Y cada vez que el espacio que ocupa el gas se reduce, y la separación entre las partículas del gas se estrechan ejerciendo mayor presión entre cada una de ellas, y por consecuencia una mayor fricción, la temperatura se eleva considerablemente. Por lo anterior es necesario que después de cada etapa de compresión el gas sea enfriado, para lo cual el gas es enviado a un intercambiador de calor, que es solamente un radiador con un sistema de ventilación forzada, el cual reduce la temperatura del gas antes de pasar a la siguiente etapa de compresión.

El control de apertura y cierre de válvulas, arranque y paro del compresor y ventiladores, monitoreo de todos los parámetros de compresión como son presión, temperatura, contaminación de gas, etc., lo realiza un PLC dedicado, el cual está programado para operar el equipo de manera segura y autónoma.

Para iniciar la compresión, es indispensable que el sistema tenga presencia de gas en la succión, así como presión adecuada del mismo. De igual manera todas las demás condiciones de operación son analizadas como presencia de alarmas, presiones y temperaturas en inter etapas, condiciones óptimas del motor eléctrico, etc. Teniendo todo lo anterior el equipo podrá ponerse en marcha ante la necesidad de compresión.

El equipo de compresión cuenta con un tanque de recuperación de gas, el cual permite que después de alcanzar la presión de descarga máxima, el gas contenido en la tubería y en cada etapa de compresión, sea enviado a un tanque recuperador, para evitar que el equipo se mantenga presurizado con altas presiones, y permita el siguiente arranque sin carga adicional,

Así también después de cada etapa de compresión tiene un expansor de gas, donde el gas se expande y provoca que los líquidos vaporizados aun existentes se precipiten y puedan ser drenados fuera del sistema de gas, lo anterior se realiza a través de las válvulas de drenado.

Como medida de seguridad, en la succión (tanque de recuperación de gas) y después de cada etapa de compresión, se cuenta con válvulas de relevo de presión las cuales están calibradas para liberar al ambiente el exceso de presión cuando rebasen 1.2 veces la presión normal de operación del equipo.

El PLC que controla la operación del compresor, monitorea y analiza constantemente todas las variables y ante la presencia de alguna anomalía determinada por puntos de referencia dadas en la programación del equipo, este puede tomar la decisión de dejar fuera de servicio el equipo, enviando una alarma visual y sonora al panel de control en el CCM, siendo condición necesaria el reconocer la alarma y corregir la anomalía para poder reiniciar y poner en servicio el equipo. Algunas de las alarmas por las que el equipo puede quedar fuera de servicio son: alta presión o temperatura en alguna de las etapas, contaminación de gas en el ambiente, pérdida de energía eléctrica, paro de emergencia activado, sobrecarga en motores de los ventiladores, baja o alta presión de succión de gas, etc.

**Secuencia de arranque y paro del compresor:**

1. El sistema de compresión es requerido cuando la presión de gas en los bancos de almacenamiento o dispensario cae por debajo del set point de arranque.
  
2. El paro del equipo se realizará cuando los dispensarios no estén surtiendo y el almacenamiento alcance su presión máxima de llenado.

3. Para permitir que el detector de gas muestree y monitoree presencia de gas en el ambiente, los ventiladores de enfriamiento paran cada 20 minutos con un intervalo de 30 segundos.
4. Cuando el compresor para por alcanzar su máxima presión, la unidad recirculará el gas entre 0-1800 seg. Para enfriar el equipo, tiempo ajustado por el usuario.
5. Una vez que el compresor para totalmente, el compresor toma un tiempo de 1 min. Para poder reiniciar nuevamente.

Secuencia del Panel de prioridades:

1. La línea de By-pass a dispensarios tiene la mayor prioridad después el banco de almacenamiento.
2. La diferencia entre la máxima y mínima presión de operación, se llama banda muerta y esta es normalmente de 300 psi.

Después de comprimir el gas, este es enviado por tuberías de acero inoxidable diseñadas para soportar la presión de operación de la estación, para su despacho o almacenamiento, dependiendo de donde se requiera, teniendo como primer prioridad los dispensarios y después el almacenamiento o buffer, y toda la operación de llenado es controlada por un PLC, el cual por medio de la presión del gas toma decisiones del destino de este a través del panel de prioridades, que es un tablero con arreglo de tuberías y válvulas automáticas con actuador neumático, que permite direccionar el flujo de gas a donde sea necesario.

**Figura 6. Panel de prioridades**



Los tanques de almacenamiento son fabricados con tubo de acero al carbono templado de una sola pieza y están interconectados para ofrecer una mayor capacidad de almacenamiento, cada tanque está diseñado para soportar la presión de operación de la estación y cuentan con válvulas de aislamiento individualmente y una válvula de relevo de presión por paquete, la cual está calibrada para liberar al ambiente el exceso de presión cuando rebasen 1.2 veces la presión normal de operación del equipo. El grupo de tanques está configurado para una capacidad de 2000 lts de agua, instalados dentro de un bastidor de acero, en forma vertical, unidos con tubería de acero inoxidable.

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

**Figura 7. Buffer de almacenamiento de gas natural**



Los dispensarios son el punto de transferencia y despacho del GNC, dentro de la EDS.

Para realizar la transferencia, el dispensario cuenta con un arreglo de tuberías y válvulas, mismas que permiten el llenado de manera segura sin necesidad de vigilancia, opcionalmente este sistema monitorea la presión de llenado, la temperatura ambiente y del gas, calcula la capacidad de la unidad a llenar para la suspensión del llenado,

administra el volumen de gas despachado parcial y acumulado, corrige por temperatura el volumen y presión despachado para evitar un sobrellenado.

El flujo de gas es controlado a través de válvulas automáticas operadas con solenoides eléctricos a prueba de explosión. Todo el sistema eléctrico y cableado es a prueba de explosión y parte de este se encuentra resguardado en un gabinete de estas características. Para evitar que el gas se retorne cuenta con válvulas check's en cada línea de llenado.

Como elementos de seguridad se cuenta con una válvula de relevo de presión instalada en la descarga del dispensario, la cual permite liberar el exceso de presión al ambiente. El dispensario se protege por un posible exceso de flujo (como puede ser alguna fuga por fractura de tuberías o rotura en las mangueras de llenado) realizando el cierre de las válvulas, bloqueando inmediatamente el flujo de gas.

Así también en el acoplamiento de la manguera flexible de llenado al dispensario, se tiene un elemento mecánico que permite desprender la manguera del dispensario, bloqueando inmediatamente el flujo gas ante un jalón excesivo de esta. Una de las características de la manguera es que es conductora de electricidad, la cual está permanentemente conectada a tierra para evitar descargas de la energía estática provocada por el flujo y la fricción del gas.

**Figura 8. Dispensarios de gas natural**



### **Procedimiento de Llenado de Vehículos**

Las instrucciones de llenado deberán ser colocadas en un lugar adyacente a las mangueras de expendio:

1. Procedimiento previo Asegúrese de que:

- a) Las etiquetas de identificación estén aprobadas y en posición.
- b) Esté prohibido fumar dentro de 6 m a la redonda.
- c) El freno de mano de los vehículos deberá ser puesto en funcionamiento, en caso de vehículos automáticos la posición de la caja deberá estar en "P" (Parqueo).
- d) Todo sistema de ignición del vehículo, sistema eléctrico y radio (incluyendo equipos de radio de onda corta) deberán estar apagados.
- e) El cilindro deberá estar dentro del período de vida probado y el sistema deberá cumplir con estas normas.
- f) No existirán fugas en el equipo de GNV del vehículo que pueden ser detectadas visualmente o de manera obvia.
- g) La conexión de combustible estará en buenas condiciones y se ajusta a la boquilla del dispensador.

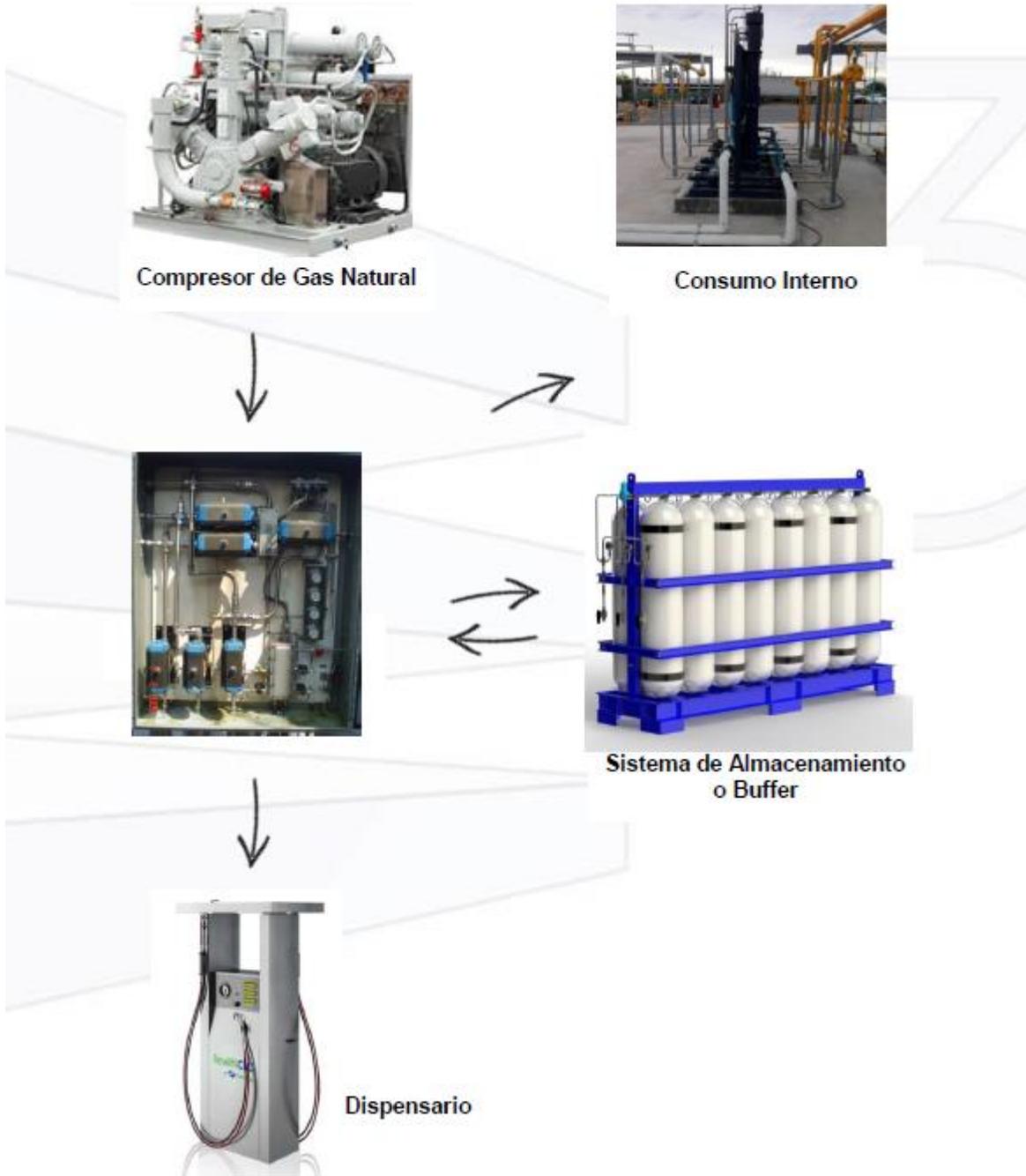
#### Procedimiento de llenado

- a) Remueva el protector de polvo de la conexión de rellenado del vehículo.
- b) Coloque la manguera de rellenado en el punto de llenado.
- c) El vehículo no será abandonado durante el proceso de llenado excepto en el caso de llenado por goteo.
- d) Abrir la válvula de llenado lentamente permitiendo la transferencia de GNV de los cilindros de almacenamiento hacia el cilindro del vehículo. El GNV debe ser introducido lentamente dentro del vehículo para impedir un choque de carga, además de un rápido incremento de la temperatura del gas.
- e) Cerrar la válvula de llenado una vez completada la operación de llenado.
- f) Desconectar cuidadosamente la manguera de llenado permitiendo un pequeño escape de gas de la conexión de llenado.
- g) Devolver la manguera a su posición correcta en el dispensador.

Antes de que un vehículo abandone el lugar de rellenado es imperativo que dicho vehículo este exento de fugas ya sea en:

- a) El vehículo ó,
- b) En el punto de expendio, donde las fugas pueden haber sido producidas por una falla durante el llenado o por causa de reemplazo o movimiento de las conexiones

**Figura 9. DIAGRAMA DE FLUJO**



### **I.3.1 Hojas de seguridad.**

En el Anexo 5 se incluye la hoja de seguridad del gas natural.

La evaluación de las actividades consideradas como riesgosas se realiza con base en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), Capítulo V, del Título IV, Artículo 147. Asimismo y, tomando como fundamento los listados 1 y 2 de las Secretaría de Gobernación, que determinan las cantidades de reporte, para clasificar a las empresas que realizan actividades altamente riesgosas es que la Organización estará considerada como de empresa de alto riesgo debido a que la cantidad que manejará de gas natural es mayor a la cantidad de reporte.

En las simulaciones, se utilizó los datos contenidos del gas metano ya que es el mayor componente de gas natural.

A continuación se presenta un resumen con las propiedades físicas y químicas del gas metano:

- Nombre: Gas natural- Gas metano
- Familia química: Hidrocarburo parafinico
- Peso molecular: 16.042
- Estado físico, color y olor :Gas incoloro, inodoro e insípido
- Punto de fusión (760 mm Hg): - 182.50 C
- Punto de ebullición (760 mm Hg): - 161.50 C
- Temperatura crítica: - 82.50 C
- Calor específico: 1.308 Kcal/kg
- Calor de fusión: 14 Kcal/kg
- Calor de vaporización: 122 Kcal/kg
- Presión crítica: 45.8 atm.
- Densidad crítica: 0.162
- Densidad del vapor (760 mm Hg): 0.554
- Densidad específica (aire= 1): 0.68
- Kg/lit (650 C) Lts vapor / lts líquido: 442
- Temperatura de autoignición: Entre 5370 C y 6510 C
- Volumen crítico: 0.098 m<sup>3</sup>/kg/mol
- Solubilidad en agua: 0.4 – 20 microgramos/100cm<sup>3</sup>
- Punto de inflamación: 5370 C
- Límite inferior de explosividad: 5.0 % gas en el aire
- Límite superior de explosividad: 15.0 % gas en el aire
- M<sup>3</sup> de aire para quemar 1 M<sup>3</sup> de gas: 9.53

Dentro de las características del gas natural tenemos que es: es incoloro, inodoro, insípido, sin forma particular y más ligero que el aire. Se presenta en su forma gaseosa por debajo de los -161° C. El proveedor le agrega mercaptano al gas por razones de seguridad con el propósito de seguridad en caso de una fuga sea posible detectarlo.

El gas natural distribuido es una mezcla de hidrocarburos ligeros compuesto principalmente de metano, etano, propano, butanos y pentanos. Otros componentes tales como el CO<sub>2</sub>, el helio, el sulfuro de hidrógeno y el nitrógeno se encuentran también en el gas natural.

La composición del gas natural nunca es constante, sin embargo, se puede decir que su componente principal es el metano (como mínimo 90%). Posee una estructura de hidrocarburo simple, compuesto por un átomo de carbono y cuatro átomos de hidrógeno (CH<sub>4</sub>).

El metano es altamente inflamable, se quema fácilmente y casi totalmente y emite muy poca contaminación. El gas natural no es ni corrosivo ni tóxico, su temperatura de combustión es elevada y posee un estrecho intervalo de inflamabilidad, lo que hace de él un combustible fósil seguro en comparación con otras fuentes de energía.

El gas natural es más ligero que el aire y a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas en el aire. Esta característica permite su preferencia y explica su uso cada vez más generalizado en instalaciones domésticas o residenciales e industriales y como carburante en motores de combustión interna.

Presenta además ventajas ecológicas ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles, en particular al que suplirá el combustóleo.

En el caso del gas natural, éste es calificado positivamente en dos de las características derivadas de un estudio CRETIB (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico-infeccioso), siendo explosivo e inflamable.

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

### I.3.2 Almacenamiento

La evaluación de las actividades consideradas como riesgosas se realiza con base en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), Capítulo V, del Título IV, Artículo 147. Asimismo y, tomando como fundamento los listados 1 y 2 de las Secretaría de Gobernación, que determinan las cantidades de reporte, para clasificar a las empresas que realizan actividades altamente riesgosas, la Estación de Gas Natural Vehicular (GNV) es una empresa de alto riesgo debido a que a que la cantidad que manejará de gas natural supera la cantidad de reporte, siendo para el metano igual a 500 kg.

En la estación *Estación de Servicio* "EDS de GNV – HERMOSILLO", el gas natural se almacenara en Dos (2) Cascadas de Almacenamiento de GNC con Capacidad de 2,000 Lts de agua = 4,000 Lts Totales Condiciones: 3,626 Psi, 30°C 743 kg de GNC aprox.

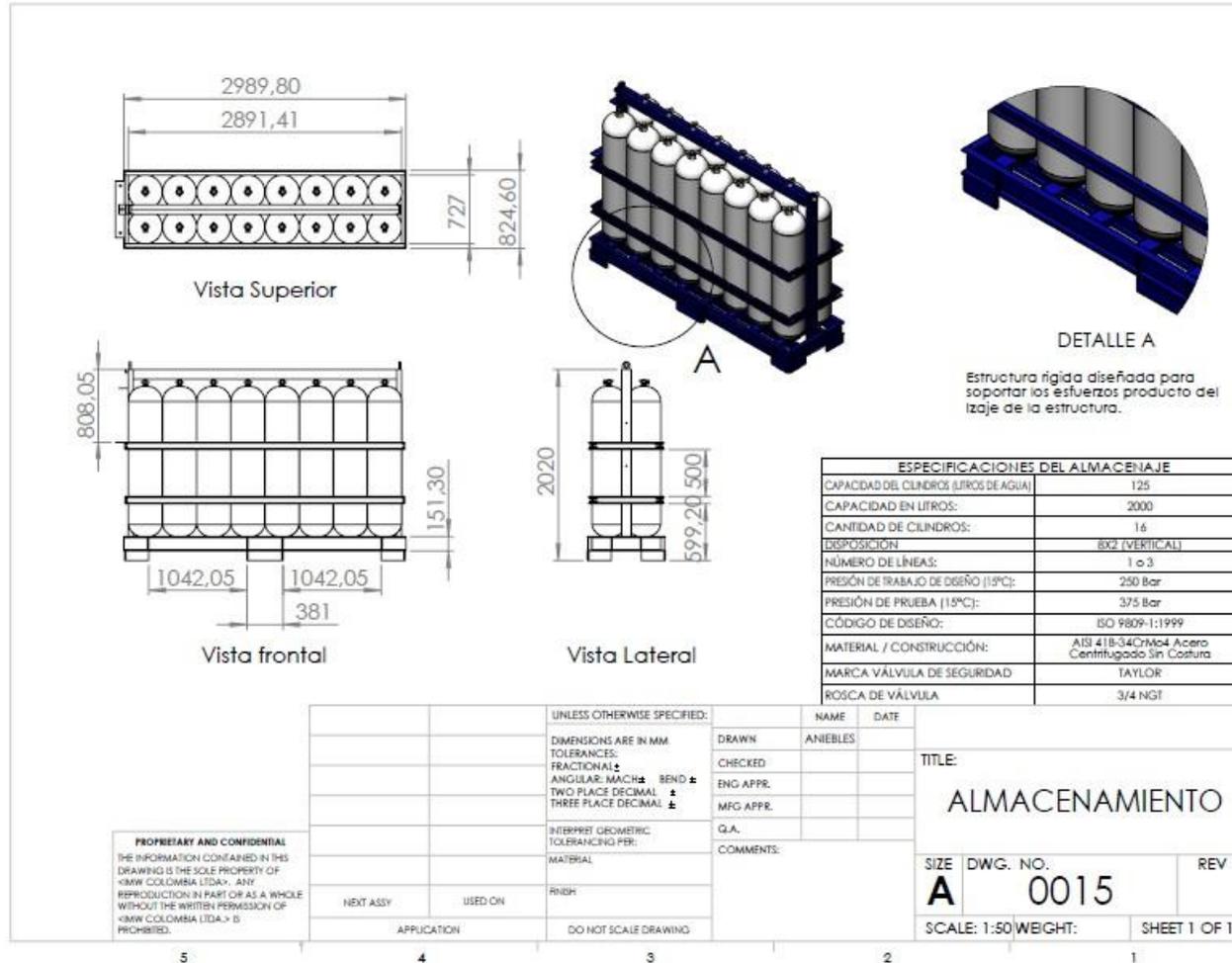
Nombre Comercial	Nombre químico	No. CAS	Estado físico	S	I	R	Riesgo especial	Cantidad de reporte	Cantidad almacenada
Gas Natural	Metano	74-82-8	Gaseoso	1	4	0	-	500 kg	743.6 kg de GNC*

El gas natural estará almacenado temporalmente en las siguientes unidades:

**Tabla 10. Especificaciones técnicas de los cilindros de almacenamiento de gas natural**

Capacidad del Cilindro (Litros de Agua)	125 Lts
Capacidad Total Almacenamiento en litros	2000
Cantidad de Cilindros	16
Presión de Trabajo de Diseño a 15°C	250 Bar
MAWP a 15°C	275 Bar
Presión de Prueba a 15°C	375 Bar
Código de Diseño	ISO 9809-1:1999
Material / Construcción del Cilindro	AISI 41B-34CrMo4 Acero Centrifugado sin costura
Marca Válvula de Seguridad	TAYLOR
Dimensiones:	2100 mm x 823 mm x 1944 mm

**Figura 10. Cilindros de Almacenamiento con capacidad de 250 lts**



### **I.3.3 Equipos de Proceso y Auxiliares**

#### **FICHA Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS**

##### **Ficha Técnica del Compresor GNC**

Aparato diseñado específicamente para aumentar la presión del gas natural, el cual cuenta con los aparatos, componentes, dispositivos y accesorios necesarios para su operación segura.

##### **Compresor de GNC**

Mod: IMW50-4000DA-300-4350-3AC

##### **Motor**

300HP

El diseño del equipo de compresión considera los siguientes requerimientos:

1. Estarán diseñados para el manejo de gas natural a las presiones y temperaturas a las cuales se someterán bajo condiciones de operación.
2. Contarán con válvulas de relevo de presión después de cada etapa de compresión, que se activarán al alcanzar una presión de 1.2 (uno punto dos) veces la presión de operación de cada etapa de compresión, mismas que desfogarán al sistema de venteo de la estación de servicio de gas natural comprimido para uso automotor.
3. Estarán equipados con controles de paro automático por alta presión de descarga y por alta o baja presión de succión.
4. Estarán equipados con controles de paro automático por alta temperatura de descarga en la última etapa de compresión.
5. Los compresores serán activados por motor de combustión eléctrica, el cuales cumplirán con las características de clasificación de áreas eléctricas, según la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización).
6. Los equipos de compresión contarán con un sistema automático de eliminación de condensados, para evitar el acarreo de líquidos a los recipientes.

##### **Características del compresor**

1. Configuración del compresor estilo "W"
2. Diseño balanceado recíprocante para menores vibraciones y bajo nivel de ruido.

3. Vida útil de servicio de un mínimo de 25 años para el cuerpo del compresor.
4. Cilindros, pistones y válvulas no-lubricados.
5. Anillos y empaquetaduras hechas de teflón®\* auto lubricado composite ciclo de vida de servicio de los anillos y empaques de 5000 ~ 8000 horas típicamente se transfieren menos de 6 ppm de aceite en el gas de descarga y/o anillos peek de los pistones conforme se requieran.
6. Intercambiadores de calor de alta eficiencia para las etapas intermedias de compresión y enfriamiento del gas descargado.
7. Diseño presurizado código ASME VIII División I.
8. Temperatura de salida del gas= 10 °C sobre la temperatura ambiental.
9. Fuerza motriz principal.
  - Motor de combustión interna (a prueba de explosión).
  - Encendido con arrancador suave (para un reducido consumo al encender).
  - Plataforma skid diseñada para fácil acceso en el servicio y mantenimiento.
10. Ensamble de la entrada del gas:
  - Conector flexible para fijar al ducto de suministro del gas.
  - Válvula de entrada activada, filtro de entrada, (25 micron), válvula check.
  - Válvula manual de aislamiento.
11. Tanques de sello ASME "U" para el gas recuperado y pulsación de entrada
12. Panel de instrumentos montado que muestra el estado del sistema, las presiones y las temperaturas
13. Control eléctrico (PLC) con indicadores del estado de la alarma
  - El PLC monitorea y controla todas las funciones del compresor incluyendo encendidos y apagados – tablero de PLC será remoto.
  - Los puntos de operación son ajustables en el campo filtro de descarga (1 micron) al 99.95% de eficiencia.

14. Amortiguador de pulsación de descarga
  - Amortiguadores de pulsación inter-etapas / tanques depuradores con drenajes de condensados.
15. Tubería inter-etapas protegida con válvulas de alivio con sello ASME "UV".
16. Todas las conexiones de las tuberías son de acero inoxidable de tipo compresión de doble férula.

### **Tablero de control eléctrico del Compresor (CCM)**

1. Panel eléctrico asegurable Nema XII que alberga a todas las conexiones eléctricas
2. Adecuado para montaje remoto en locaciones no peligrosas (interiores)
3. El medidor horario muestra las horas de operación del sistema de GNC
4. Contiene el switch de desconexión del motor principal con interbloqueo del panel de la puerta
5. Contiene los contactores de motor, los interruptores, los transformadores, los terminales de los cables
6. Paquete de protección de energía: para protección de sobre / falta de voltaje y monitor de voltaje / registro de datos en el PLC.
7. La operación del compresor es completamente automática y auto monitorizada con desconexiones de seguridad automáticas e indicadores de estado para las siguientes condiciones de alarma.
  - Presión de entrada alta / baja.
  - Temperatura de descarga alta en todas las etapas.
  - Alta presión al final de la descarga.
  - Baja presión de aceite.
  - Nivel bajo de aceite (opcional).
  - Sobrecarga del motor impulsor.
  - Sobrecarga del motor del ventilador.
  - Voltaje alto / bajo (opción de protección de energía).
  - Botón pulsador de parada de emergencia (ESD) activado.
  - Detección del límite inferior explosivo del gas (LEL).
  - Detección del límite de fuego o de calor.

### **Cabina de insonorización**

1. Cabina de insonorización del compresor autosustentable, autocontenida, a prueba de la intemperie.
2. Diseñada para permitir el acceso para el mantenimiento del equipo del compresor.
3. Los paneles de las puertas de acceso son removibles para un fácil acceso del equipo.
4. Construcción de acero de la estructura.
5. Puntos de izaje exteriores de uso pesado (para la grúa).
6. Puntos de izaje interiores de mantenimiento (para darle servicio).
7. Iluminación explosion-proof, (prueba de explosión).
8. Panel de control montado exteriormente en un gabinete sellado a prueba de la intemperie que contiene el controlador lógico programable (Nota: el área externa de la cabina de insonorización debe ser de Clase 1, División 2, ver NFPA-52).
9. La pantalla de interfase del operador (LCD) y el botón de apagado de emergencia (ESD) están montados en el panel de la puerta

### **Sistema de detección de gases / ventilación**

1. Detector de gases digital completo con cabezal sensor recambiable.
2. Ventilador del ventilador activada al 20% LEL (Lower Explosive Limit - Límite Inferior Explosivo)
3. Sistema de apagado y alarma activados al 40% LEL.
4. Paquete estándar de atenuación sonora (75 DBA @ 3 m bajo condiciones de campo abierto).
5. Material de atenuación sonora en el interior de la cabina.

6. Protección con metal perforado sobre el material de atenuación en las puertas.
7. Aislamiento del skid para reducir las vibraciones de baja frecuencia.
8. Silenciadores de entrada y descarga proporcionados para enfriar el aire intercambiado

### **Ficha Técnica del Sistema de Almacenamiento**

1. El módulo de almacenaje permite que el exceso de GNC sea capturado y almacenado cuando es comprimido por un compresor de GNC.
2. El almacenaje o buffer está diseñado para un tamaño óptimo.
3. El marco es de construcción soldada con una base de acero estructural.
4. El marco tiene incorporados puntos de izaje y las conexiones están diseñadas para asegurar a los cilindros y que no se muevan.
5. Cada cilindro está montado verticalmente para permitir un fácil acceso de cada cilindro individualmente en caso de su mantenimiento.
6. Toda la tubería interconectada deberá ser dimensionada e instalada para el alivio de los esfuerzos de contracción y expansión, entubado con tubería de acero inoxidable AISI316, ASTM A269
7. Una válvula con sello ASME "UV" en cada banco
8. Cada cilindro tiene una válvula manual de aislamiento y de exceso de flujo
9. Una válvula de acero inoxidable de aislamiento en cada banco de almacenamiento
10. Base estructural de acero con ganchos de izaje
11. Para la configuración de una sola línea todos los cilindros se entuban entre sí dentro de una sola línea. Solamente se requieren una válvula ESD y una válvula de alivio de presión de 300 bar.

#### I.4 CONDICIONES DE OPERACIÓN.

En las siguientes tablas de describen las condiciones de operación de la Estación de Servicio De Gas Natural, GNV

**Tabla 11.** Condiciones de operación

TAG NUMBER	DESCRIPCIÓN EQUIPOS	PRESIÓN MÁX DE OPERACIÓN
COMP-200/250	COMPRESOR DE GAS NATURAL EXISTENTE PRESIÓN MÁX DE DESCARGA= 255 KG/CM2 (3,626 PSI); 4 ETAPAS DE COMPRESIÓN. ARREGLO EN "W". RECIPROCANTE, FUERZA MOTRIZ PRINCIPAL DE COMBUSTIÓN INTERNA, 460 VCA, VENTILADORES SISTEMA DE ENFRIAMIENTO 2X7.5 HP, 460 VCA, FLUJO MÁXIMO= 1,853 SM3/HR	DESCARGA= 3,626 PSI // 250 BAR // 255 KG/CM2
BPP-1L-300	BY PASS PANEL DE 1 LÍNEA DE LLENADO, PRESIÓN MÁX. DE TRABAJO= 250 BAR (3,626 PSI), FLUJO MÁXIMO = 4,000 SM3/HR	3,626 PSI // 250 BAR // 255 KG/CM2
PP-3L-350	PANEL DE PRIORIDADES DE 3 LINEAS DE LLENADO, PRESIÓN DE TRABAJO= 250 BAR (3,626 PSI) FLUJO MÁXIMO = 4,0000 SM3/HR	3,626 PSI // 250 BAR // 255 KG/CM2
DIS-500/550	DISPENSARIO DE GAS NATURAL FLUJO ESTANDAR, 2 CARAS, PRESIÓN DE MÁXIMA DE TRABAJO = 248 BAR (3,600 PSI ); PRESIÓN DE LLENADO = 200 BAR (2,900 PSI) 3 LINEAS DE LLENADO, DOBLE CARA, 2 X MANGUERA DE CARGA DE 3M DE LONG.. CONEXIÓN NGV-1, VOLTAGE DE CONTROL 120 VCA/24 VCD, FLUJO = 900 SM3/HR	2,900 PSI // 200 ABR // 203.9 KG/CM2
DIS-600/650	DISPENSARIO DE GAS NATURAL ALTO FLUJO, 2 CARAS, PRESIÓN DE MÁXIMA DE TRABAJO= 248 BAR (3,600 PSI); PRESION DE LLENADO = 200 BAR (2,900 PSI); 1 LÍNEA DE LLENADO, DOBLE CARA, 2 X MANGUERA DE CARGA DE 3M DE LONG.. CONEXIÓN NGV-1, VOLTAJE DE CONTROL 120 VCA/24 VCD. FLUJO=1,200 SM3/HR	2,900 PSI // 200 BAR // 203.9 KG/CM2
AL-400/450	ALMACENAMIENTO DE GAS NATURAL CAP. 2,000 L DE AGUA, PRESIÓN DE TRABAJO = 250 BAR (3,626 PSI) 16 TANQUES DE ACERO DE 125 LTS DE CAPACIDAD DE AGUA, 3 LINEAS DE ALMACENAMIENTO.	3,626 PSI // 250 BAR // 255 KG/CM2
FR-700	MEDIDOR DE GAS NATURAL COMPRIMIDO CNG050, 1" DE CONEXIÓN, TEMPERATURA DE -40 A 125° C, FLUJO MÁX. 4,000 SM3/HR, PRESIÓN DEOPERACIÓN MÁXIMA 5,000 PSI	3,626 PSI // 250 BAR // 255 KG/CM2

#### CRITERIOS DE DISEÑO

La temperatura y la presión de diseño de un sistema afectan la seguridad, la confiabilidad y la economía de la planta. La fijación de la temperatura y la presión de diseño influencia o determina el material a utilizar, el espesor del componente, la flexibilidad de la tubería, la disposición de las unidades, los soportes, el aislamiento, la fabricación y las pruebas de los equipos y sistemas de tuberías a ser instalados.

La temperatura y la presión de diseño deben ser establecidas de forma tal que sean adecuadas para cubrir todas las condiciones de operación previsibles, incluyendo arranque, parada, perturbaciones del proceso, incrementos planificados en la severidad de operación, diferentes alimentaciones y productos, y ciclos de regeneración, cuando aplica.

En muchos diseños, es necesario agregar un incremento de temperatura y presión a las condiciones normales de operación, para cubrir las variaciones de operación.

En general, las condiciones de temperatura y presión de diseño para equipos de planta (compresores, almacenamiento, dispensarios, etc.), así como las condiciones generales de diseño para tubería son establecidas durante el desarrollo de la ingeniería básica, por ingeniería de procesos, mientras que la selección del tipo específico de tubería a utilizar se establece de acuerdo a las especificaciones de materiales de tubería que rigen el proyecto,

las cuales se basan en la clasificación de presión de las bridas según el tipo de material seleccionado para el manejo de un determinado fluido.

En lugar de definir condiciones de diseño separadas para cada uno de los equipos y sistemas de tuberías considerados en el proyecto, normalmente es recomendable definir sistemas que estén expuestos a las mismas condiciones y protegidos por el mismo arreglo de alivio de presión, lo cual permite una definición común de las condiciones de diseño, resultando en un diseño coherente y de fácil seguimiento durante las fases de ingeniería de detalles, fabricación, construcción y prueba.

La temperatura de diseño de equipos y sistemas de tuberías se define generalmente como la más severa condición de temperatura y presión coincidentes, a la que va a estar sujeto el sistema. De igual importancia en el diseño y las especificaciones mecánicas son la temperatura mínima y, en algunos casos, otras temperaturas extremas que puedan ocurrir a vacío o a bajas presiones de operación. Como todos estos niveles de temperatura de diseño, mínima y de operación extrema, tienen una influencia significativa en el diseño mecánico, en la selección del material, y en la economía de los sistemas considerados, es necesario para los diseñadores considerar cada uno de ellos cuando se especifican las condiciones de diseño.

#### **I.4.1 Operación.**

El proceso de compresión del Gas Natural inicia en la Estación de Filtración, Regulación y Medición (ERM), de la Estación de Servicio (EDS), donde el gas suministrado por la compañía transportista, es acondicionado de acuerdo a las necesidades de los equipos de la estación, es decir, garantiza que la presión sea constante y el flujo sea suficiente a lo requerido por los equipos de la estación, así también cuantifica el volumen de gas suministrado, corrigiéndolo a condiciones base de presión y temperatura para su posterior facturación.

En esta parte del proceso, la ERM cuenta con una serie de válvulas las cuales permiten de forma manual interrumpir totalmente el flujo de gas o aislar parte del proceso, sin interrumpir el flujo de gas a la EDS (by-pass), para su mantenimiento, como puede ser la limpieza o cambio del elemento filtrante, mantenimiento de los reguladores de presión, elementos primarios de medición y el medidor de flujo de gas.

Así también se cuenta con válvulas particulares para aislar algunos elementos de seguridad o instrumentos de medición para su mantenimiento o cambio, como son válvulas de seguridad, indicadores de presión (manómetros), transductores de presión y temperatura.

Las válvulas reguladoras bloquean la posible sobrepresión aguas abajo para proteger a otros usuarios conectados a la red de Pemex. Contando adicionalmente con un sistema de monitoreo remoto que reporta las condiciones de operación de la ERM que alerta inmediatamente a la compañía suministradora del servicio cualquier situación anormal, el distribuidor será quien evalúe y restablezca el suministro a la EDS.

Para protección por sobre presión de los equipos y tuberías, la EDS cuenta con una serie de válvulas de seguridad o válvulas de relevo de presión, las cuales están calibradas para abrir cuando la presión alcance 1.2 veces la presión normal de operación del sistema, desfogando al ambiente el exceso de presión, cerrando automáticamente cuando la presión se normaliza.

Adicionalmente el sistema de monitoreo de la compañía suministradora recibe una alarma para su revisión y evaluación.

Para evitar la corrosión de las tuberías, se instala un sistema de protección catódica conectado a la tubería, la cual cuenta con un ánodo de sacrificio que se degrada más rápidamente, evitando la degradación y envejecimiento de los gasoductos. Además de contar con un aislamiento que cubre toda la tubería para evitar el contacto con la tierra.

Prácticamente el mantenimiento o calibración requerida de los elementos filtrantes, reguladores, medidores, indicadores, sensores, etc., la programación y frecuencia de los servicios está a cargo de la compañía suministradora, ya que estos equipos quedan a resguardo de ellos, así como el acceso a esta área, incluyendo el sistema de protección catódica.

Después de la ERM, se cuenta con una válvula general, la cual interrumpe totalmente el suministro de gas a la EDS. En la tubería de gas natural de acometida del equipo de compresión también se tiene instalada una válvula de aislamiento manual, y enseguida se tiene una válvula de corte automática controlada por los paros de emergencia y accionada por medio de un sistema neumático, la cual es normalmente cerrada, con la cual se interrumpe totalmente el suministro de gas a la EDS. También el equipo de compresión cuenta con una válvula automática en la succión del GN y esta es accionada o abierta cuando el compresor inicia ciclo de compresión, y se cerrará por las siguientes causas: cuando el compresor termine su ciclo de compresión, por paro manual del equipo, por paro de emergencia activado, por cierre o pérdida de gas, por pérdida de energía eléctrica en el PLC del compresor o por daño del actuador.

Se tiene instalada una válvula de corte manual, en la tubería de gas natural de acometida a cada uno de los compresores, sistemas de almacenamiento y dispensarios, con la cual se puede interrumpir el flujo de gas y aislar cada uno de los equipos en particular.

Se deberá garantizar la operación y accionamiento de todas las válvulas manuales y automáticas mensualmente, verificando el cierre total de las válvulas, así como reparación de posibles fugas en el cuerpo y vástago.

De igual manera tanto tuberías, como equipos individualmente (compresor, almacenamiento y dispensarios.), cuentan con válvulas de seguridad, las cuales están calibradas para abrir cuando la presión alcance 1.2 veces su presión normal de operación, desfogando al ambiente el exceso de presión, cerrando automáticamente cuando la presión se normaliza.

Y el mantenimiento de estas válvulas de relevo de presión deberá realizarse anualmente de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y a lo que indica la Norma.

Se deberá revisar y realizar el mantenimiento de las tuberías con la frecuencia necesaria de acuerdo a las condiciones ambientales del lugar, consistente en aplicación de pintura esmalte a todo el recubrimiento de tuberías y válvulas, para evitar la corrosión, como lo que indica Apéndice II de la norma NOM-003-SECRE-2011, Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas, y la señalización según lo indicado en la norma NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías. Así también se deberá garantizar que las tuberías de acero al carbón como las de acero inoxidable no tengan contacto con tierra física para evitar degradación del espesor del material, es decir que los soportes tengan un buen material dieléctrico que aislé la tubería en toda su trayectoria de la tierra física.

Inspeccionar mensualmente cada indicador de presión (manómetro) instalado en las líneas de tubería, verificando que la aguja marque cero y que incremente cuando se presurice el elemento. Reemplazar si la aguja está dañada, o si presenta fuga de aceite de silicón, o si se detecta algún otro daño físico.

Para evitar múltiples problemas futuros, como la acumulación de líquidos condensados del gas dentro de los tanques de almacenamiento y contenedores del transporte de gas, y por ende el envejecimiento prematuro del interior de estos por corrosión, así como posibles daños en los compresores como pueden ser fractura de las válvulas de compresión, saturación y colapso de filtros, etc., se recomienda la instalación de filtros coalescentes y/o adsorbentes o secadores de gas.

Para el proceso de compresión, se tienen compresores del tipo pistón, arreglo en "W", sistema reciprocante, que significa que el gas se comprimirá en varias etapas dentro de diferentes cilindros que sirven de recipiente y que a través de un pistón que por desplazamiento reduce su volumen, este gas comprimido pasa a una siguiente etapa de compresión, en un cilindro de menor espacio para incrementar nuevamente su presión, sucediendo esto en 4 etapas de compresión, con una presión de succión de 60 a 100 Psig , y con una presión de descarga de 3625 Psig.

Las variables del gas afectadas en este proceso son, presión, volumen y temperatura. Y cada vez que el espacio que ocupa el gas se reduce, y la separación entre las partículas del gas se estrechan ejerciendo mayor presión entre cada una de ellas, y por consecuencia una mayor fricción, la temperatura se eleva considerablemente. Por lo anterior es necesario que después de cada etapa de compresión el gas sea enfriado, para lo cual el gas es enviado a un intercambiador de calor, que es solamente un radiador con un sistema de ventilación forzada, el cual reduce la temperatura del gas antes de pasar a la siguiente etapa de compresión.

El control de apertura y cierre de válvulas, arranque y paro del compresor y ventiladores, monitoreo de todos los parámetros de compresión como son presión, temperatura, contaminación de gas, etc., lo realiza un PLC dedicado, el cual está programado para operar el equipo de manera segura y autónoma.

Para iniciar la compresión, es indispensable que el sistema tenga presencia de gas en la succión, así como presión adecuada del mismo. De igual manera todas las demás condiciones de operación son analizadas como presencia de alarmas, presiones y temperaturas en inter etapas, condiciones óptimas del motor eléctrico, etc. Teniendo todo lo anterior el equipo podrá ponerse en marcha ante la necesidad de compresión.

El equipo de compresión cuenta con un tanque de recuperación de gas, el cual permite que después de alcanzar la presión de descarga máxima, el gas contenido en la tubería y en cada etapa de compresión, sea enviado a un tanque recuperador, para evitar que el equipo se mantenga presurizado con altas presiones, y permita el siguiente arranque sin carga adicional,

Así también después de cada etapa de compresión tiene un expansor de gas, donde el gas se expande y provoca que los líquidos vaporizados aun existentes se precipiten y puedan ser drenados fuera del sistema de gas, lo anterior se realiza a través de las válvulas de drenado.

Como medida de seguridad, en la succión (tanque de recuperación de gas) y después de cada etapa de compresión, se cuenta con válvulas de relevo de presión las cuales están calibradas para liberar al ambiente el exceso de presión cuando rebasen 1.2 veces la presión normal de operación del equipo.

El PLC que controla la operación del compresor, monitorea y analiza constantemente todas las variables y ante la presencia de alguna anomalía determinada por puntos de referencia dadas en la programación del equipo, este puede tomar la decisión de dejar fuera de servicio el equipo, enviando una alarma visual y sonora al panel de control en el CCM, siendo condición necesaria el reconocer la alarma y corregir la anomalía para poder reiniciar y poner en servicio el equipo. Algunas de las alarmas por las que el equipo puede quedar fuera de servicio son: alta presión o temperatura en alguna de las etapas, contaminación de gas en el ambiente, pérdida de energía eléctrica, paro de emergencia activado, sobrecarga en motores de los ventiladores, baja o alta presión de succión de gas, etc.

Después de comprimir el gas, este es enviado por tuberías de acero inoxidable diseñadas para soportar la presión de operación de la estación, para su despacho o almacenamiento, dependiendo de donde se requiera, teniendo como primer prioridad los dispensarios y después el almacenamiento o buffer, y toda la operación de llenado es controlada por un PLC, el cual por medio de la presión del gas toma decisiones del destino de este a través del panel de prioridades, que es un tablero con arreglo de tuberías y válvulas automáticas con actuador neumático, que permite direccionar el flujo de gas a donde sea necesario.

Los tanques de almacenamiento son fabricados con tubo de acero al carbono templado de una sola pieza y están interconectados para ofrecer una mayor capacidad de almacenamiento, cada tanque está diseñado para soportar la presión de operación de la estación y cuentan con válvulas de aislamiento individualmente y una válvula de relevo de presión por paquete, la cual está calibrada para liberar al ambiente el exceso de presión cuando rebasen 1.2 veces la presión normal de operación del equipo. El grupo de tanques está configurado para una capacidad de 2000 lts de agua, instalados dentro de un bastidor de acero, en forma vertical, unidos con tubería de acero inoxidable.

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

Los dispensarios son el punto de transferencia y despacho del GNC, dentro de la EDS.

Para realizar la transferencia, el dispensario cuenta con un arreglo de tuberías y válvulas, mismas que permiten el llenado de manera segura sin necesidad de vigilancia, opcionalmente este sistema monitorea la presión de llenado, la temperatura ambiente y del gas, calcula la capacidad de la unidad a llenar para la suspensión del llenado, administra el volumen de gas despachado parcial y acumulado, corrige por temperatura el volumen y presión despachado para evitar un sobrellenado.

El flujo de gas es controlado a través de válvulas automáticas operadas con solenoides eléctricas a prueba de explosión. Todo el sistema eléctrico y cableado es a prueba de explosión y parte de este se encuentra resguardado en un gabinete de estas características. Para evitar que el gas se retorne cuenta con válvulas check's en cada línea de llenado.

Como elementos de seguridad se cuenta con una válvula de relevo de presión instalada en la descarga del dispensario, la cual permite liberar el exceso de presión al ambiente. El

dispensario se protege por un posible exceso de flujo (como puede ser alguna fuga por fractura de tuberías o rotura en las mangueras de llenado) realizando el cierre de las válvulas, bloqueando inmediatamente el flujo de gas.

Así también en el acoplamiento de la manguera flexible de llenado al dispensario, se tiene un elemento mecánico que permite desprender la manguera del dispensario, bloqueando inmediatamente el flujo gas ante un jalón excesivo de esta. Una de las características de la manguera es que es conductora de electricidad, la cual está permanentemente conectada a tierra para evitar descargas de la energía estática provocada por el flujo y la fricción del gas.

### **Procedimiento de Llenado de Vehículos**

Las instrucciones de llenado deberán ser colocadas en un lugar adyacente a las mangueras de expendio:

- Procedimiento previo Asegúrese de que:
  - a. Las etiquetas de identificación estén aprobadas y en posición.
  - b. Esté prohibido fumar dentro de 6 m a la redonda.
  - c. El freno de mano de los vehículos deberá ser puesto en funcionamiento, en caso de vehículos automáticos la posición de la caja deberá estar en "P" (Parqueo).
  - d. Todo sistema de ignición del vehículo, sistema eléctrico y radio (incluyendo equipos de radio de onda corta) deberán estar apagados.
  - e. El cilindro deberá estar dentro del período de vida probado y el sistema deberá cumplir con estas normas.
  - f. No existirán fugas en el equipo de GNV del vehículo que pueden ser detectadas visualmente o de manera obvia.
  - g. La conexión de combustible estará en buenas condiciones y se ajusta a la boquilla del dispensador.

### **• Procedimiento de llenado**

- a. Remueva el protector de polvo de la conexión de rellenado del vehículo.
  - b. Coloque la manguera de rellenado en el punto de llenado.
  - c. El vehículo no será abandonado durante el proceso de llenado excepto en el caso de llenado por goteo.
  - d. Abrir la válvula de llenado lentamente permitiendo la transferencia de GNV de los cilindros de almacenamiento hacia el cilindro del vehículo. El GNV debe ser introducido lentamente dentro del vehículo para impedir un choque de carga, además de un rápido incremento de la temperatura del gas.
  - e. Cerrar la válvula de llenado una vez completada la operación de llenado.
  - f. Desconectar cuidadosamente la manguera de llenado permitiendo un pequeño escape de gas de la conexión de llenado.
  - g. Devolver la manguera a su posición correcta en el dispensador.
- Antes de que un vehículo abandone el lugar de rellenado es imperativo que dicho vehículo este exento de fugas ya sea en:
    - a. El vehículo ó,

b. En el punto de expendio, donde las fugas pueden haber sido producidas por una falla durante el llenado o por causa de reemplazo o movimiento de las conexiones..

#### **I.4.2 SISTEMAS DE AISLAMIENTO.**

##### **Sistema de detección de gas:**

Está compuesto por un sensor catalítico y electrónica instalada en una caja clasificada para uso adecuado en ambientes clase 1, división 1, grupo D, que permite la medición a través de una señal eléctrica generada en el rango de 4-20 mA. La medición es adquirida por un módulo analógico y se visualiza a través del panel de operador. Opción de instalación de varios detectores distribuidos en varias zonas y en dispensadores (tanto digital, como analógica).

**Figura 11. Detectores de gas de equipos IMW.**



**Pulsador tipo hongo con enclavamiento parada de emergencia:** Dentro del tablero eléctrico se coloca una parada de emergencia de acuerdo a la normatividad internacional, para permitir parada del equipo en situaciones anormales. En otras ubicaciones se tiene en cuenta la zona, y las paradas de emergencia instaladas, tienen las certificaciones para funcionamiento de acuerdo a su aplicación

**Figura 12. Parada de emergencia de tablero eléctrico y control.**



### **Pruebas de Verificación.**

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

- Verificación de cumplimiento de especificaciones.
- Verificación de las condiciones de instalación.
- Verificación de la correcta instalación.
- Historial de ductos.
- Información del fabricante.
- Especificaciones de diseño del ducto.
- Información de la orden de compra.
- Especificaciones del ducto.
- Información de mantenimiento.

La lista de insumos que utilizarán el ducto y caseta de regulación y medición para su operación o mantenimiento deberá considerar:

- Especificaciones de sistema de apoyo crítico.
- Características de los sistemas de control y monitoreo.
- Calibración.
- Mantenimiento preventivo.
- Listado de repuestos.
- Descripción del equipo auxiliar.
- Planos de instalación.
- Calibración de instrumentos.

- Desarrollo de la documentación involucrada.
- Descripción del equipo y su capacidad de trabajo.

Calificación operacional. Se refiere a la verificación que demuestra que los equipos funcionan en la forma esperada y son capaces de operar satisfactoriamente sobre todo el rango de los parámetros operacionales para los que han sido diseñados.

Calificación de desempeño. Se refiere a la efectividad y reproducibilidad del proceso, bajo dos tipos de condiciones: la primera, en relación a las condiciones normales de operación y la segunda, bajo los límites de operación.

**Pruebas de integridad mecánica.** Se refieren a todos los esfuerzos enfocados en asegurar que la integridad de los sistemas que contengan fluidos peligrosos sea mantenida durante la vida útil de las instalaciones, desde la fase de diseño, fabricación, instalación, construcción, operación y mantenimiento para garantizar la protección al personal, comunidad, medio ambiente e instalaciones. Los elementos que conforman o componen la integridad mecánica en las instalaciones de proceso son los siguientes:

- Aseguramiento de la calidad de equipos.
- Inspección y pruebas.
- Procedimientos de mantenimiento.
- Capacitación en mantenimiento.
- Control de Calidad de materiales de mantenimiento y partes de repuesto.
- Ingeniería de confiabilidad.
- Reparaciones y modificaciones.
- Auditorías.

A continuación se presenta la descripción de pruebas e inspecciones que se realizarán durante la fabricación, instalación y operación de ducto:

### **Pruebas No Destructivas (PND)**

Las pruebas no destructivas son técnicas de inspección que se utilizan para la detección y evaluación de las posibles discontinuidades que puedan existir, tanto en la superficie, como en el interior de los materiales metálicos (placa rolada, material forjado, piezas de fundición, soldadura, etc.) que serán empleados en la fabricación de la tubería, dado que al aplicarlas, los materiales no se destruyen ni se ven afectados en sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y/o características dimensionales.

Las principales aplicaciones de las pruebas no destructivas las encontramos en los siguientes aspectos:

- Detección de discontinuidades (internas y superficiales).
- Determinación de composición química.
- Detección de fugas.
- Medición de espesores y monitoreo de corrosión.
- Adherencia entre materiales.
- Inspección de uniones soldadas.

Las pruebas no destructivas son sumamente importantes en el continuo desarrollo industrial. Gracias a ellas, es posible, por ejemplo, determinar la presencia de defectos en los materiales o en las soldaduras de tuberías, en los cuales una falla catastrófica puede representar grandes pérdidas en dinero, vida humana y daño al medio ambiente.

Las etapas o situaciones en las que son aplicables las pruebas no destructivas se describen a continuación.

Recepción de materia prima.- Las pruebas no destructivas son aplicables por muestreo o al 100% para verificar que los materiales que se reciban en el almacén efectivamente cumplen con los requisitos de calidad indicados en los certificados y/o órdenes de compra.

Procesos de fabricación.- Las pruebas no destructivas se aplican en algunas etapas críticas de fabricación estratégicamente seleccionadas, con la finalidad de detectar oportunamente la posible presencia de discontinuidades y así poder tomar acciones correctivas para subsanar las causas que las originan.

Maquinado o Ensamble Final.-Las pruebas no destructivas son aplicadas para verificar si las superficies con acabado final no tienen imperfecciones que hayan aflorado a la superficie después del maquinado para dar las medidas finales y que afectan su utilidad interna o futura.

Procesos de soldadura.-Las pruebas no destructivas son aplicadas inmediatamente después de concluida y enfriada una unión con soldadura (algunos aceros requieren de 48 a 72 horas, después de concluida la soldadura), con la finalidad de evaluar la sanidad superficial e interna tanto de la soldadura así como de la zona afectada por el calor.

Procesos de reparación con soldadura.-Las pruebas no destructivas se aplican para ir monitoreando la remoción de los defectos inicialmente encontrados, para eliminarlos o reducirlos a un tamaño aceptable; después de la remoción de los defectos, las zonas exploradas se rellenan con soldadura y esta soldadura debe evaluarse para determinar la sanidad superficial e interna utilizando las pruebas no destructivas.

Mantenimiento preventivo.- Las pruebas no destructivas son una de las herramientas utilizadas para evaluar la integridad mecánica de los materiales en servicio que son susceptibles de sufrir: corrosión, picaduras, erosión y grietas por fatiga, grietas por corrosión bajo esfuerzo, daños por hidrógeno, etc.

Las principales pruebas no destructivas que se utilizaran en el proyecto se muestran a continuación:

#### **a) Radiografiado**

Para el procedimiento de radiografiado el contratista incluirá la película y los químicos para revelar la película que se utilicen, las pantallas, la intensidad de la fuente y los tiempos de exposición. El contratista se encargará de aplicar los procedimientos de manejo de materiales y residuos peligrosos generados, por lo que contará con los registros para la disposición final.

El personal que tenga a su cargo la inspección radiográfica estará debidamente acreditado, para realizar en óptimas condiciones el trabajo encomendado. La aptitud y conocimientos generales deberán ajustarse a los lineamientos generales que recomienda ASNT-TC 1a, de la Sociedad Americana de Pruebas No Destructivas. El personal debe cumplir con las indicaciones que señale la Comisión de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (C.N.S.N.S). La compañía de inspección radiográfica proporcionará a cada una de sus unidades el equipo necesario y el material suficiente para la ejecución de los trabajos. El procedimiento

radiográfico desarrollado por el contratista de inspección radiográfica producirá radiografías aceptables sobre cada diámetro y espesor de pared de tubería en el proyecto.

Las compañías de inspección radiográficas cumplirán los requisitos que señale la licencia para uso y posesión de material radioactivo emitida por la Comisión de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS), contarán con dosímetros y monitores detectores de radiación que permitan resolver cualquier situación de emergencia, los cuales deberán estar calibrados, anexando el certificado vigente de calibración. El trabajo se debe considerar con las precauciones necesarias para el personal que participe en el proyecto no reciban daño alguno por radiación y para los efectos se colocaran las señales reglamentarias y en lugares visibles, de tal manera que delimiten el área de trabajo considerando una circunferencia de 15 m, como mínimo de radio a partir del punto de aplicación.

#### **b) Protección mecánica**

La tubería será recubierta utilizando la especificación TGF-3 de la Asociación Nacional de Aplicadores de recubrimientos de tubería (National Associated of Pipe Coating Applicators) y dicho recubrimiento será realizado en la planta del fabricante. El recubrimiento es elaborado en base a brea de alquitrán de hulla, el cual es distinto al alquitrán de hulla (prohibido por la NOM-007-SECRE-2010).

Con el objeto de aumentar la seguridad durante la operación del ducto y de aumentar la vida útil del mismo, se debe evitar la corrosión externa de la tubería. Para evitar la corrosión interna se debe asegurar que el gas no contenga agua o elementos corrosivos.

La corrosión externa se debe principalmente al efecto corrosivo producido por el contacto de un metal con el suelo. Al producirse dicho contacto se establece espontáneamente una corriente eléctrica entre el metal y el suelo, la que provoca una migración de átomos del metal hacia el terreno circundante. Cuanto menor es la resistividad (o mayor la conductividad) del suelo, mayor es la corriente eléctrica inducida, y por lo tanto, mayor es la tasa de corrosión. Para evitar este efecto se recubrirá la tubería con un material aislante eléctrico y se instalará un sistema de protección catódica. El recubrimiento aislante interrumpe la corriente eléctrica inducida en la mayor parte de la superficie externa de la tubería evitando así la corrosión. Dado que por razones prácticas, es imposible evitar que, tanto durante la instalación como la operación del ducto, se produzcan daños puntuales en el recubrimiento, es necesario recurrir a otro sistema que proteja dichas zonas de la tubería contra la corrosión. Esto se realiza mediante la inyección de una corriente eléctrica opuesta a la provocada por el contacto entre el metal y el suelo, de magnitud igual o mayor a esta. El efecto resultante es la eliminación de la corriente eléctrica que provoca la corrosión.

La protección anticorrosiva se efectuará mediante aplicación en fábrica de un recubrimiento externo sobre la superficie limpia del ducto. El recubrimiento externo se aplicará de acuerdo con las normas aceptadas internacionalmente. Cualquier daño o imperfección en el recubrimiento será detectado y reparado en campo antes de la instalación, empleando material compatible con el sistema de recubrimiento original.

## **I.5 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.**

### **I.5.1 Antecedentes de accidentes e incidentes.**

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

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

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

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

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

Fuga de gas natural en Tlapango, Tlaxcala (Fuente: La Polilla Tlaxca/a <http://www.lapolilla.com.mx/2015/10/29/fuga-de-gas-natural-en-tlapanca/cotlaxca/a-desatofuerte-movilizacion/>).

Alrededor de las 17:00 horas del día 28 de octubre de 2015 se reportó la ruptura de un ducto de gas natural de 20 milímetros de diámetro de la empresa "Maxigas"; tras 2 horas de labores se logró la contención de la fuga. No se registró la pérdida de vidas humanas ni lesiones a terceros.

Fuga de gas natural en ducto en Azcapotzalco (Fuente: El Financiero en línea) El 13 de Mayo del 2015, una tubería de gas natural fue fracturada durante obras de construcción en calles de la colonia Santa Catarina de la Delegación Azcapotzalco. La ruptura generó una fuga de gas que duró 2 horas hasta ser controlado por los bomberos. Debido a esto, se realizó el desalojo de habitantes a 500 metros a la redonda, unas 5 manzanas, aproximadamente 600 personas, a fin de prevenir una mayor emergencia. La válvula fue cerrada y bomberos esperaron a que la presión del gas disminuyera, mientras que con mangueras y agua evitaban que el gas se esparciera. No se reportaron personas lesionadas

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

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

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

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

Testigos de los hechos refieren que se escuchó una fuerte explosión que cimbró las ventanas de los edificios aledaños e interrumpió el servicio eléctrico; posteriormente se escucharon otras explosiones menores. En este evento no hubo lesionados pero si hubo daños materiales, las cuales fueron 3 vehículos que se encontraban cerca y el carril lateral

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

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

El 13 de Septiembre del 2008 ocurrió una explosión de gas natural provocada accidentalmente por trabajadores de la empresa OHL, quienes golpearon un dueto al realizar trabajos de perforación para la construcción de un puente vehicular, resultando dos personas lesionadas y el desalojo de poco más de cinco mil habitantes. En el estallido, que levantó llamas de hasta 40 metros de altura, resultaron lesionados el operador de la perforadora, y otra persona que transitaba por el lugar. De acuerdo con informes de Protección Civil del Estado de México, la explosión, registrada a las 8:10 horas en el kilómetro 34.5 de la autopista México Querétaro, no fue de peligro, aun cuando hubo momentos en que se registraron llamas de hasta 40 metros, por la ruptura del dueto de gas de 10 pulgadas de diámetro de la empresa Gas Natural de México S.A. (Diganamex). Se desalojaron 150 alumnos de la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán, así como de dos escuelas primarias cercanas al lugar del accidente, y un poco más de 5 mil habitantes de colonias aledañas al lugar del accidente.

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

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

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

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

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

Como puede observarse en los casos reportados, la mayoría de ellos incide en accidentes derivadas de la ruptura accidental de la tubería de gas natural que suministra el combustible tanto a unidades de vivienda habitacional como a comercios, servicios e industrias, no encontrándose hasta la fecha de elaboración del presente Estudio de Riesgo casos de accidentes en Estaciones de Servicios de Gas Natural Comprimido o de Llenado Rápido.

### **Análisis de Riesgos**

El análisis de riesgo tiene la finalidad de evaluar de manera general una situación potencial que permita prever acciones de contingencia para mitigar los efectos de un accidente. Asimismo, establece una medida relativa de la posibilidad de ocurrencia y la severidad de un accidente. Por otro lado, permite concentrar los esfuerzos de un plan de atención a emergencias en donde se encuentran los riesgos potenciales más elevados.

Para realizar el análisis de riesgo se consideraron aspectos como la identificación de las sustancias peligrosas y las actividades altamente riesgosas, los resultados del análisis de

consecuencias, las condiciones del medio ambiente y las características de las instalaciones.

La evaluación de riesgos está directamente relacionada con la probabilidad de ocurrencia de un accidente y sus consecuencias y puede llevarse a cabo con base en la medida de riesgo de un peligro.

### **Identificación de Sustancias Peligrosas**

La evaluación de las actividades consideradas como riesgosas se realiza con base en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), Capítulo V, del Título IV, Artículo 147. Asimismo, tomando como fundamento los listados 1 y 2 de las Secretaría de Gobernación, quien determina las cantidades de reporte para clasificar a las empresas que realizan actividades altamente riesgosas.

El proyecto está considerado como de alto riesgo debido a que la cantidad de gas natural que manejará excede la cantidad de reporte.

El gas natural no forma nubes tóxicas en caso de una fuga. En cuanto a la posibilidad de un evento por explosión, el sistema no contará con sistema de almacenamiento, además de que su manejo se realizará con medidas de seguridad asociadas a su operación dentro de la planta.

### **I.5.2 Metodologías de identificación y jerarquización.**

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

Los objetivos principales son:

- Identificar y medir los riesgos que se presentan en una instalación industrial para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales.
- Reducir los posibles accidentes graves que pudieran producirse.
- Determinar las consecuencias en el espacio y el tiempo de los accidentes, aplicando determinados criterios de vulnerabilidad.
- Analizar las causas de dichos accidentes.
- Discernir sobre la calidad de las instalaciones y operaciones realizadas en el establecimiento industrial.
- Definir medidas y procedimientos de prevención y protección para evitar la ocurrencia y/o limitar las consecuencias de los accidentes.
- Cumplir los requisitos de la normativa nacional e internacional.

### **Aspectos a tratar en los análisis de riesgos**

Los aspectos de un análisis sistemático de los riesgos que implica un determinado establecimiento industrial, desde el punto de vista de la prevención de accidentes, están íntimamente relacionados con los siguientes aspectos:

- Identificación de eventos no deseados, que pueden conducir a la materialización de un peligro.

- Valoración de las consecuencias y de la frecuencia con que estos eventos pueden presentarse.
- Análisis de las causas por las que estos eventos tienen lugar.

El primer aspecto trata de contestar a la pregunta siguiente: ¿Qué puede ocurrir? Es propiamente la identificación de los riesgos mediante técnicas adecuadas.

La siguiente cuestión a resolver es: ¿Cuál es la frecuencia de que ocurra? Se trata de aplicar métodos que puedan determinar la frecuencia de ocurrencia mediante métodos semicualitativos o bien mediante análisis cuantitativos de riesgo (ACR) que implican aspectos cualitativos.

Por último, trata de contestar a la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las consecuencias? Se trata de aplicar programas de simulación matemática de análisis de consecuencias.

En la práctica, cuando se analiza desde el punto de vista de la seguridad una determinada instalación se combinan un conjunto de métodos, desde los análisis históricos, combinados con listas de comprobación para después realizar un análisis sistemático mediante HAZOP. En determinados casos también se realizan métodos de estimación de frecuencias.

### **Métodos de identificación de riesgos**

Básicamente existen dos tipos de métodos para la realización de análisis de riesgos, si atendemos a los aspectos de cuantificación como:

- Métodos cualitativos: se caracterizan por no recurrir a cálculos numéricos. Pueden ser métodos comparativos y métodos generalizados.
- Métodos semicualitativos: los hay que introducen una valoración cuantitativa respecto a las frecuencias de ocurrencia de un determinado suceso y se establecen métodos para la determinación de frecuencias, o bien se caracterizan por recurrir a una clasificación de las áreas de una instalación en base a una serie de índices que cuantifican daños como por ejemplo índices de riesgo.

### **Métodos comparativos**

Se basan en la utilización de técnicas obtenidas de la experiencia adquirida en equipos e instalaciones similares existentes, así como en el análisis de sucesos que hayan ocurrido en establecimientos parecidos al que se analiza. Principalmente son cuatro métodos los existentes:

- Manuales técnicos o códigos y normas de diseño
- Listas de comprobación o "Safety check lists"
- Análisis histórico de accidentes
- Análisis preliminar de riesgos

### **Métodos generalizados**

Los métodos generalizados de análisis de riesgos, se basan en estudios de las instalaciones y procesos mucho más estructurados desde el punto de vista lógico-deductivo que los métodos comparativos. Normalmente siguen un procedimiento lógico de deducción de fallos,

errores, desviaciones en equipos, instalaciones, procesos, operaciones, etc. que trae como consecuencia la obtención de determinadas soluciones para este tipo de eventos.

Existen varios métodos generalizados, los más importantes son los siguientes:

- Análisis "What If ...?"
- Análisis funcional de operabilidad, HAZOP
- Análisis de árbol de fallos, FTA
- Análisis de árbol de sucesos, ETA
- Análisis de modo y efecto de los fallos, FMEA.

### **1.5.3 Hazop.**

Para la identificación de riesgos, se empleó la técnica conocida como Hazop (Hazard and Operability Study). El HAZOP es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los riesgos, los accidentes o los problemas de operabilidad, se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada. Por tanto, ya se aplique en la etapa de diseño, como en la etapa de operación, la sistemática consiste en evaluar, en todas las líneas y en todos los sistemas las consecuencias de posibles desviaciones en todas las unidades de proceso, tanto si es continuo como discontinuo. La técnica consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas "palabras guía".

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

El HAZOP, permite un análisis sistemático de las desviaciones (por lo general involuntarias), que pueden producirse en el desarrollo de un proyecto, así como en la operación de un proceso ya establecido. La metodología de un estudio HAZOP, se puede resumir de la siguiente manera:

#### **Descripción del proceso**

Para desarrollar un estudio HAZOP, se requiere de una descripción completa del proceso, la cual permita definir la intención del diseño. Esto permitirá conocer las condiciones críticas de operación consistente en volúmenes, presiones, así como las medidas de seguridad y condicionante aplicadas en cada etapa.

#### **División en áreas o secciones a analizar**

Es conveniente dividir en secciones la instalación o proceso a evaluar, esto permitirá en primera instancia hacer más simple el trabajo, evaluar de forma puntual y más a detalle cada una de las partes del proyecto.

### Aplicar palabras guías en cada sección

Durante el proceso de planeación para la aplicación de la técnica HAZOP, es necesario analizar todas las posibles palabras guía o clave existentes, factibles de aplicar a la instalación a analizar, dependiendo del giro, proceso y variables operativas principales del proceso, por lo que a continuación se muestran algunas de las palabras guía que son viables de aplicar a cualquier tipo de instalación.

**Tabla 12. Palabras guía para realizar el Hazop**

Palabras clave	Significado	Comentarios	Desviación
NO, NADA	Total negación de la intención	Ninguna parte de la intención ocurre	No existe flujo donde debería. No existe energía
MÁS, MAYOR	Aumenta el grado de la intención	Se refiere a las cantidades y propiedades	Mayor flujo, más carga, tiempo de reacción, alta temperatura, presión viscosidad.
MENOS, MENOR	Disminuye el grado de intención.	Se refiere a las cantidades y propiedades	Menor flujo, menos carga, tiempo de reacción, baja temperatura, presión, viscosidad.
A PARTE DE, TAMBIÉN	Un aumento cualitativo	La intención ocurre junto con otra actividad.	Otras fases, impurezas, otros flujos, a parte existen corrosión
PARTE DE, SOLO PARTE DE	Una disminución cualitativa	Algunas intenciones ocurren, otras no	Composición diferente, alguna omisión en adiciones
CONTRARIO A	Ocurre lo opuesto a la lógica.	Ocurre lo contrario a lo que se esperaba	El flujo se regresa el producto envenena "D" vs, "L "
EN VEZ DE, ANTES DE, DESPUÉS DE, ADONDE MÁS	Sustitución completa	Ocurre algo totalmente distinto a lo esperado	En vez de cargar "B", en vez de enfriar calentar.

Por lo anterior, se determinó el uso de palabras guía. Las palabras guías aplicadas básicamente son:

NO, MAS, MENOS, adicionalmente se pueden considerar palabras específicas al tipo de proceso, o variable de operación como; NO FLUJO, FUGA, RUPTURA, ALTO O BAJO NIVEL, etc., estas palabras deben de definirse antes de iniciar la evaluación.

### Determinar las desviaciones significativas

Una vez que se tiene conocimiento del diseño y se han aplicado las palabras clave, se pueden evaluar los puntos donde se pudiera presentar alguna anomalía, tanto en el diseño como en la operación. Las desviaciones o consecuencias significativas son aquellas fallas que pudieran representar un riesgo tanto al proceso, como al personal que lo opera.

### **Proponer las medidas preventivas o correctivas según sea el caso**

Una vez que se han determinado los puntos críticos, así como las consecuencias, se pueden proponer las medidas correctivas en el diseño o las modificaciones en el proceso, para evitar o disminuir las desviaciones detectadas.

### **Aplicar estas medidas y evaluar el diseño u operación**

Todos los estudios HAZOP, tienen que ser evaluados en repetidas ocasiones, o hasta que se determine un punto de operación aceptable. Este tipo de estudios se puede aplicar considerando varios criterios, ya sean Seguridad, Diseño o Producción. A continuación se presentan ciertos parámetros y características para la realización del análisis HAZOP, a las instalaciones de la planta.

### **DEFINICIONES:**

**NODO:** Es un punto, sección o área de estudio del sistema, proceso o instalación, al cual se analizarán e identificarán todos los riesgos inherentes de un evento indeseable y en los cuales se pueden presentar las siguientes condiciones:

Una transferencia de materia o energía (Operaciones unitarias tales como: destilación, absorción, etc.), un incremento de energía potencial debido a medios mecánicos, tales como bombas o compresores, una separación de fases, etc.

Por lo anterior un nodo es una parte, sección, o área de estudio de un sistema integral. Cada línea, pieza, equipo puede ser seleccionado o examinado como un nodo, esto dependerá de que tan a detalle se requiera el estudio, sin embargo, en la práctica común se toma o establece un nodo como una sección del proceso, operación unitaria, etc.

Los Nodos han sido seleccionados para representar puntos críticos en el proceso e instalaciones donde pueden ocurrir cambios.

Los Nodos seleccionados no incluyen equipo idéntico o redundante (relevo), a menos que las funciones de apoyo sean secundarias para una de las partes.

#### ***Propósito o intención de diseño:***

Describe la forma en que se espera funcione el elemento analizado, pudiendo tomar varias formas tales como líneas, equipos (recipientes, bombas, compresores, etc.), sistemas u operaciones unitarias.

**Desviaciones:** Son los cambios o variaciones que se pueden presentar durante la operación del sistema, lográndose mediante la combinación de la palabra clave seleccionada, más la variable de operación del sistema analizado, como no-flujo, alta o baja presión, etc.

**Causas:** Son las razones, por las que se pueden presentar las desviaciones. Cuando se demuestra que una desviación tiene una causa real, se considera como una desviación significativa.

**Consecuencias:** Son los resultados o evento de riesgo, que se obtendrán en caso de que se presentaran algunas desviaciones.

**Salvaguardias:** Son las medidas de seguridad, dispositivos, instrumentación, programas, planes, etc., con que cuenta el sistema, para cada causa, con el propósito de prevenir o mitigar las consecuencias asociadas.

**Recomendaciones:** Para todas las causas identificadas y tomando como base las consecuencias de ocurrencia y salvaguardias existentes en el lugar, se proponen adicionalmente las recomendaciones necesarias, dirigidas a lograr una disminución o control del riesgo identificado.

**El sistema de gas natural se dividió en los siguientes nodos:**

Nodo 1: Compresores de gas natural de 4 etapas con presión de descarga de 250 bar.

Nodo 2: Sistema de almacenamiento de gas natural.

Nodo 3: Despachadores de gas natural.

**En el Anexo 6 se presentan los resultados de la aplicación del HAZOP y la jerarquización de riesgos**

**Jerarquización de Riesgos**

Durante la aplicación de la metodología de identificación de riesgos se elaboró de forma simultánea el proceso de jerarquización de los eventos identificados, con objeto de seleccionar los postulados finales sobre los que se fundamentará el análisis de consecuencias y de frecuencias, así como para definir aquellos que estando en una situación de riesgo intermedia, deben ser cuestionados sobre la justificación o no de la implantación de las recomendaciones aplicables. Para poder lograrlo se tiene establecido dentro del método HAZOP un cálculo denominado Número de la Probabilidad del Riesgo, que es en realidad la conjunción entre la probabilidad y las posibles consecuencias, el cual se obtiene mediante la multiplicación de dos factores llamados " F " para la Probabilidad o Frecuencia y " C " para los posibles Efectos o Consecuencias.

$$RPN = F \cdot C$$

Donde:

**RPN** = Número de Probabilidad de Riesgo (Rango de Riesgo)

**F** = Probabilidad o frecuencia de la presentación del accidente.

**C** = Posibles efectos o consecuencias.

**Tabla 13. Número de Probabilidad de Riesgo en matriz de riesgo 4 X 4 Consecuencia**

Rango	Consecuencia	Descripción
4	Catastrófica	Fatalidad, daños superiores a 1 MD\$
3	Severa	Heridas múltiples, daños de 0.1 a 1 MD\$
2	Moderada	Heridas ligeras, daños de 0.01 a 0.1 MD\$
1	Ligera	Sin heridas, daños menores a 0.01 MD\$

Fuente: Procedimiento para analizar análisis de riesgo en PEMEX Exploración y Producción PG-SS-TS-003-2007 y NRF-018-PEMEX-2007.

**Tabla 14. Número de Probabilidad de Riesgo en matriz de riesgo 4 X 4 Frecuencia**

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

Fuente: Procedimiento para analizar análisis de riesgo en PEMEX Exploración y Producción PG-SS-TS-003-2007 y NRF-018-PEMEX-2007.

**Tabla 15. Rango de Probabilidad de Riesgo en matriz de riesgo 4 X 4**

Rango	Riesgo	Descripción
1, 2 y 3	Aceptable	Riesgo generalmente aceptable
4 a 6	Aceptable con controles	Se deben revisar y en su caso modificar los procedimientos de control del proceso
8 y 9	Indeseable	Se deben revisar y en su caso modificar los procedimientos y controles tanto de ingeniería como administrativos, en un periodo de 3 a 12 meses
12 a 16	Inaceptable	Se deben revisar y en su caso modificar los procedimientos y controles tanto de ingeniería como administrativos, en un periodo de 3 a 6 meses

Fuente: Procedimiento para analizar análisis de riesgo en PEMEX Exploración y Producción PG-SS-TS-003-2007 y NRF-018-PEMEX-2007.

**Tabla 16. Matriz de Jerarquización**

Frecuencia		Consecuencia			
		Ligero	Moderado	Severo	Catastrófico
		1	2	3	4
<b>Frecuente</b>	4	4	8	12	16
<b>Poco frecuente</b>	3	3	6	9	12
<b>Raro</b>	2	2	4	6	8
<b>Extremadamente raro</b>	1	1	2	3	4

Fuente: Procedimiento para analizar análisis de riesgo en PEMEX Exploración y Producción PG-SS-TS-003-2007 y NRF-018-PEMEX-2007.

### Resultados de la Jerarquización

A continuación, se presenta la Jerarquización de los nodos del Hazop:

Resultados de la jerarquización de riesgo

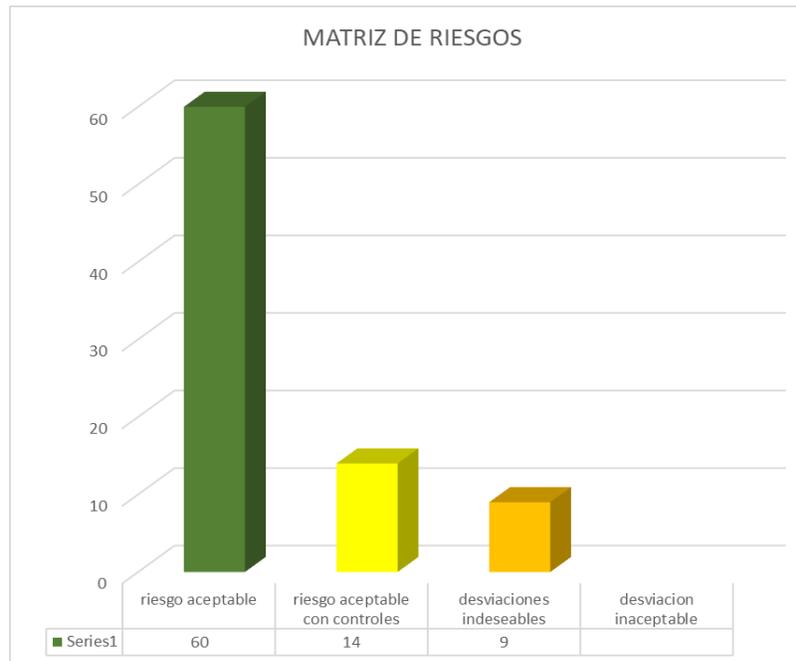
**Tabla 17. Resumen de resultados por desviación de la matriz de riesgos**

Frecuencia		Consecuencia			
		Ligero	Moderado	Severo	Catastrófico
		1	2	3	4
Frecuente	4				
Poco frecuente	3	1			
Raro	2	1	16	14	9
Extremadamente raro	1	29	3	10	

**Tabla 18. Resumen del Rango de Probabilidad de Riesgo en matriz de riesgo 4 X 4**

Rango	Riesgo	Descripción
1, 2 y 3	Aceptable	60
4 a 6	Aceptable con controles	14
8 y 9	Indeseable	9
12 a 16	Inaceptable	

**Figura 13. Grafica de los resultados por desviación de la matriz de riesgos**



Los escenarios identificados corresponden a la fuga de gas natural. En cada uno de los nodos, el evento máximo catastrófico se da por la ocurrencia de eventos extraordinarios y ajenos a la operación de carga de gas natural a unidades móviles de transporte, tales como el golpe a unidades o equipos por unidades externas, condiciones ambientales adversas (sismos), o daño intencional de la instalación. La compresión de gas natural representa la parte más crítica del proceso, y adicional a los escenarios por golpe externo, sismos o daño intencional, también se identificaron como causas potenciales de riesgo la falla del motor que opera el compresor, el sistema de refrigeración y la falta de aceite durante las operaciones. Un evento particular que se puede presentar es el desacople de la unidad móvil en carga, lo cual generaría una situación de emergencia en las instalaciones.

En un menor grado, considerados como eventos probables de ocurrencia, los instrumentos de medición, válvulas y vibraciones son posibles causas para la ocurrencia de accidentes que pudieran culminar en el deceso de personal y usuarios cercanos a las instalaciones. Asimismo, la falta de capacitación del personal puede resultar como una causa para la ocurrencia de accidentes en la "Estación de carga de Gas Natural".

A continuación, se presenta la información en las que se basa la evaluación del riesgo de acuerdo a la definición de las categorías de accidentes con base en la probabilidad de un evento:

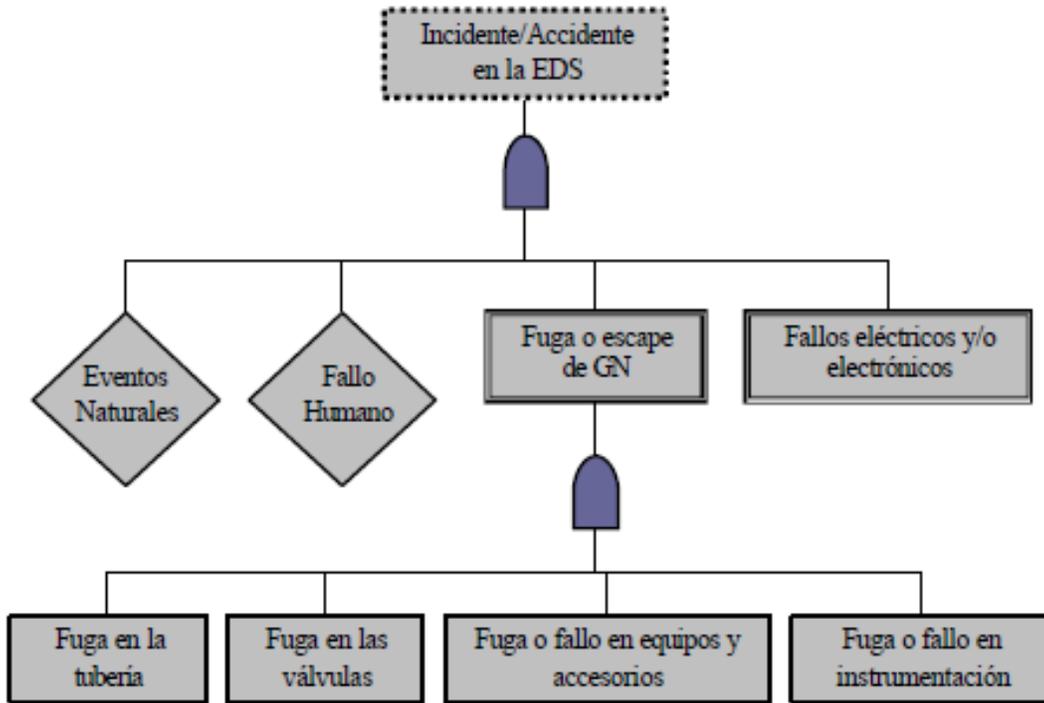
**Tabla 19. Definiciones de las Categorías con base en la Probabilidad de un Evento**

<b>Categoría</b>	<b>Evento</b>	<b>Tiempo en años entre fallas</b>	<b>Rango de probabilidad por año</b>	<b>Definición (con base en el tiempo de vida de operación de la planta)</b>
1	Raro	100 a 320	0.01 a 0.003	No esperado que ocurra
2	Eventual	32 a 100	0.03 a 0.01	Posibilidad remota de que ocurra
3	Posible	10 a 32	0.1 a 0.03	Esperado que ocurra una vez
4	Probable	3 a 10	0.3 a 0.1	Esperado que ocurra más de una vez
5	Frecuente	1 a 3	1 a 0.3	Esperado ocurra cuando menos anualmente

**Conclusiones:**

- En la Jerarquización de Riesgos se evaluaron 83 desviaciones donde el 72.28% son aceptables, el 16.86% son aceptables con controles 10.84 %. Es indeseable
- No se presentaron desviaciones inaceptables.
- La evaluación de consecuencias se realizó con las desviaciones 1.4.8., 2.2.5., 4.4.8 indicadas en el Hazop.
- Los eventos resultantes su probabilidad de ocurrencia es poco probable, debido a aplicación de los estrictos procedimientos de construcción, mantenimiento, pruebas de integridad mecánica; así como las estadísticas que se tienen de este tipo de instalaciones.

Figura 14. Diagrama de árbol de fallos



Con el fin de cuantificar la frecuencia de ocurrencia del evento tope se consultaron los reportes de accidentes incidentes que han tenido las empresas distribuidoras de GNCV en la operación de EDS.

Eventos Consultados	Cantidad de sucesos	frecuencia	
		Eventos por estación	porcentaje
Fallo en la tubería de suministro	1	1.11E-01	5
Sobrepresión en la EMR	3	3.33E-01	16
Fallo y/o fuga de la electro válvula EMR	3	3.33E-01	16
Fallo por sobrepresión en la entrada del compresor	1	1.11E-01	5
Fallo por sobrepresión en el compresor	11	1.22E+00	58
Fallo por temperatura en el compresor	1	1.11E-01	5
Fallo por lubricación en el compresor	7	7.78E-01	37
Fallo del ventilador del sistema de compresión	4	4.44E-01	21
Fallo en los conectores del compresor	1	1.11E-01	5
Fuga de gas en el compresor	2	2.22E-01	11
Fallo en la válvula de seguridad del pulmón de succión	1	1.11E-01	5
Fallo en los filtros del sistema de compresión	1	1.11E-01	5
Congelamiento de las tuberías y accesorios del compresor	7	7.78E-01	37
Fallo por calentamiento del motor	2	2.22E-01	11
Fuga de gas en las válvulas de alivio del compresor	8	8.89E-01	42
Fallo por sobrepresión en el almacenamiento	1	1.11E-01	5
Fallo por sobrepresión en el surtidor	1	1.11E-01	5
Fuga y/o fallo en las mangueras de los surtidores	31	3.44E+00	163
Congelamiento de la manguera	13	1.44E+00	68
Fallo en las válvulas del surtidor	1	1.11E-01	5
Fuga en el filtro del surtidor	2	2.22E-01	11
Fallo de la boquilla de carga	5	5.56E-01	26
Fugas en el surtidor (acoples)	1	1.11E-01	5
Fallo de la válvula solenoide del surtidor	3	3.33E-01	16
Fallo de la válvula Break Away	2	2.22E-01	11
Accidentes por factor humano	15	1.67E+00	79
Accidentes por vehículos	4	4.44E-01	21
Fallo en los extintores con incendio presencial	1	1.11E-01	5
Fallas eléctricas en la EDS	10	1.11E+00	53

Fallo del transformador de la subestación eléctrica	19	1.11E-01	0.5
Paradas de emergencia	19	2.11E+00	10.0
Fallos por el kit de conversión del vehículo	10	1.11E+00	53
Drenaje o purga de gas obligados	17	1.89E+00	89
Número de años	3		
Total de eventos consultados	190		
Número de EDS involucradas	3		

En la construcción del árbol de fallos. Se identificaron 4 eventos tope:

Accidentes o incidentes ocasionados por presencia de fugas o escapes de GN en algún componente bajo condiciones normales y extremas de trabajo.

Accidentes o incidentes ocasionados por presencia de cortos circuitos en algún componente eléctrico de la bajo condiciones normales y extremas de trabajo.

Accidentes o incidentes ocasionados por fallos humanos intencionados o no intencionados.

Accidentes o incidentes ocasionados por eventos naturales como sismos, descargas eléctricas, inundaciones etc. que conducen a fugas o escapes de GN y/o generación de fuentes de ignición.

Los 2 últimos eventos son riesgos que están fuera de control de la operación de la EDS, por tanto no fueron considerados como objeto de mayor análisis aunque serán tenidos en cuenta en el momento de fijar los reductores de riesgo. Del árbol de fallos obtenido se puede concluir que:

La "calidad del gas no óptima" es el riesgo básico que más se repite en el árbol de fallos.

Esto concuerda con el hecho que la calidad del gas afecta todos los componentes de la EDS.

El "fallo en el funcionamiento de las válvulas de alivio de presión" es el riesgo básico con dentro del árbol de fallos. Esto coincide con el hecho que la variable presión que más controlada durante la operación de la EDS-GNCV. Este riesgo básico es otro de los que aparece más frecuentemente dentro del árbol de fallos

Con el fin de cuantificar la frecuencia de ocurrencia del evento tope se consultaron los reportes de accidentes incidentes que han tenido las empresas distribuidoras de GNCV en la operación de EDS.

También se observó que los riesgos básicos que ocurren más frecuentemente son:

- o fallo humano en la zona de llenado
- o calidad del gas no óptima
- o Accidentes de vehículos en la zona de llenado

Posteriormente se evaluó la probabilidad de ocurrencia de los riesgos identificados y la severidad de las consecuencias. Finalmente se valoró cada uno de los riesgos básicos e intermedios como la ponderación de su frecuencia de ocurrencia y de su severidad. Se observó que los riesgos básicos clasificados como intolerables son:

- Fallo por factor humano
- Fallo por accidentes de vehículos en el área de surtidores
- Obstrucción en la línea por mantenimiento deficiente

De los fallos analizados se evaluarán las consecuencias de los siguientes eventos

**Evento 1:**

Fuga de gas natural con riesgo de incendio y explosión a través de uno de los compresores

**Evento 2:**

Fuga de gas natural con riesgo de incendio y explosión a través de cilindros de almacenamiento.

**Evento 3.**

Fuga de gas natural durante abastecimiento de unidades móviles

Los escenarios identificados corresponden a la fuga de gas natural. En cada uno de los nodos, el evento máximo catastrófico se da por la ocurrencia de eventos extraordinarios y ajenos a la operación de carga de gas natural a unidades móviles de transporte, tales como el golpe a unidades o equipos por unidades externas, condiciones ambientales adversas (sismos), o daño intencional de la instalación.

La compresión de gas natural representa la parte más crítica del proceso, y adicional a los escenarios por golpe externo, sismos o daño intencional, también se identificaron como causas potenciales de riesgo la falla del motor que opera el compresor, el sistema de refrigeración y la falta de aceite durante las operaciones.

Un evento particular que se puede presentar es el desacople de la unidad móvil en carga, lo cual generaría una situación de emergencia en las instalaciones.

En un menor grado, considerados como eventos probables de ocurrencia, los instrumentos de medición, válvulas y vibraciones son posibles causas para la ocurrencia de accidentes que pudieran culminar en el deceso de personal y usuarios cercanos a las instalaciones. Asimismo, la falta de capacitación del personal puede resultar como una causa para la ocurrencia de accidentes en la "Estación de carga de Gas Natural".

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

### **II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.**

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

- Selección de escenarios de mayor probabilidad de ocurrencia.
- Selección de escenarios de mayores consecuencias.
- Simulación de eventos con el simulador ALOHA 5.4.1, de los escenarios identificados en el Hazop.

#### **Descripción del software de simulación utilizado.**

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

El Software ALOHA es un programa informático diseñado especialmente para el uso de personas que responden a situaciones de emergencia tales como emisiones de sustancias químicas, explosiones y incendio, así como para la planificación de atención de emergencias y la formación del personal antes mencionado.

El programa ALOHA cuenta con modelos para simular los principales peligros como toxicidad, inflamabilidad, radiación térmica (calor) y sobrepresión (explosión) relacionados con emisiones de sustancias químicas que resultan en la liberación de gases tóxicos, incendios y/o explosiones. Los modelos implementados en ALOHA permiten considerar dispersiones originadas en fuentes continuas o instantáneas.

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

#### **Características principales del programa.**

Genera una gran variedad de producción en escenarios específicos, incluyendo la zona de amenaza, amenaza en lugares específicos y gráficos de la fuente.

Calcula la tasa de liberación de productos químicos de escape en los tanques, charcos (tanto en la tierra y el agua), las tuberías de gas y predice los cambios de velocidad de liberación a través del tiempo.

Modelos de escenarios diferentes: por ejemplo las nubes de gas tóxico, BLEVEs (vapor saturado), los incendios de chorro, las explosiones de nube de vapor y los incendios de charco.

Evalúa los diferentes tipos de riesgo (en función de la hipótesis de emisión): toxicidad, inflamabilidad, radiación térmica y sobrepresión.

#### **Consideraciones para el modelo**

La información necesaria para la evaluación del modelo de simulación es:

- Características físicas y químicas del fluido.

- Condiciones meteorológicas para el escenario del sitio y clase de la estabilidad atmosférica.
- Tiempo de fuga.
- Diámetro equivalente del orificio de la fuga.
- Condiciones de operación.

**Características físicas y químicas del fluido**

Los datos de las características físicas y químicas del gas natural fueron obtenidos de la hoja de seguridad.

**Condiciones meteorológicas para el escenario del sitio.**

Las condiciones meteorológicas del sitio fueron tomadas de la Manifestación de Impacto Ambiental y se presentan en las hojas de datos para suministrar al modelo (ver Anexo 7).

**Las clases atmosféricas de la estabilidad de Pasquill**

El método para categorizar la cantidad de la turbulencia presente en la atmósfera es el método desarrollado por Pasquill en 1961, el categorizó la turbulencia atmosférica en seis clases de la estabilidad denominadas A, B, C, D, E y F. La clase A que es la más inestable o la más turbulenta, y la clase F es la más estable o menos turbulenta. La tabla siguiente enumera las seis clases y la tabla subsecuente proporciona las condiciones meteorológicas que definen cada clase.

**Tabla 20. Tipos de estabilidad**

Tipo de estabilidad	Definición
A	Muy inestable
B	Inestable
C	Levemente inestable
D	Neutral
E	Levemente estable
F	Estable

Una condición estable se caracteriza por un flujo laminar de las capas del aire y se presenta ausencia de turbulencia, un gradiente vertical de temperatura, fluctuaciones mínimas de la dirección del viento y un bajo nivel de insolación (condiciones más adversas para la dispersión de contaminantes). La relación entre las clases de estabilidad y las condiciones meteorológicas (radiación solar y cobertura del cielo) se muestra en la siguiente 0

**Tabla 21. Condiciones meteorológicas que definen la Clase**

Velocidad del viento m/seg	Día e Insolación fuerte	Día e Insolación moderada	Día e Insolación débil	Noche y nubosidad Más de 50%	Noche y nubosidad Menos del 50 %
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

De acuerdo con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en la presentación de Estudios de Riesgos para modelaciones, deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, se deberá utilizarse Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s.

### Tiempo de fuga

Se estima que el tiempo de fuga que se ha utilizado en las modelaciones es el tiempo de respuesta para que el operador del cuarto de control de aviso y se tomen las medidas correctivas en la caseta de regulación y medición de gas natural dentro de las instalaciones del proyecto, el cual es de un periodo de cinco minutos aproximadamente.

### Diámetro de orificio de fuga

El área y forma del orificio es uno de los parámetros que tienen gran incertidumbre. Por lo general se supone un orificio circular y los simuladores cuentan con modelos de fuga para orificios circulares. En ocasiones se simulan eventos ya ocurridos con orificios de geometría distintas a la circular. Para el caso de orificios con geometrías distintas a la circular se debe considerar un área equivalente a un círculo a partir del área del orificio de fuga. Para seleccionar el valor del área del orificio ver la 0

**Tabla 22. Diámetros equivalentes de la fuga (DEF)**

	Área del sistema, donde se presenta	Diámetro Equivalente de la Fuga
<b>Para el caso alternativo</b>	Líneas de proceso $\frac{3}{4}" \leq DN \leq 2"$	DEF = 1.00 veces del diámetro nominal (DN) de la línea de proceso
	Líneas de proceso $2" < DN \leq 6"$	DEF = 0.30 veces del diámetro nominal (DN) de la línea de proceso
	Líneas de proceso ó ductos de transporte $6" \leq DN$	DEF = 0.20 veces del diámetro nominal (DN) de la línea de proceso
	Bridas	Según el diámetro de la línea de proceso, aplican los criterios anteriores.
	Sellos mecánicos en equipo rotatorio de proceso	Para todos los tamaños de flechas DEF = calcularlo con el 100% del área anular
	Sellos o empaquetaduras en válvulas de proceso	Para todos los tamaños de vástago DEF = calcularlo con el 100% del área anular
	<b>Para el caso más probable</b>	Líneas de proceso $\frac{3}{4}" \leq DN \leq 2"$
Líneas de proceso $2" < DN \leq 2"$		DEF = 0.6" (por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en soldadura)
Líneas de proceso ó ductos de transporte $6" \leq DN$		DEF = 0.75" para DN de 6" a 14" DEF = 1.25" para DN de 16" a 24" DEF = 2.0" para DN mayores de 30" (por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en soldadura)
Bridas		Aplican los mismos criterios de las líneas de proceso para los casos más probables.
Sellos mecánicos en equipo		DEF = Calcularlo con el 40% del área anular que

<b>Para el caso alterno</b>	<b>Área del sistema, donde se presenta</b>	<b>Diámetro Equivalente de la Fuga</b>
	rotatorio de proceso. Empaquetaduras en válvulas de proceso	resulte.

Fuente: Guía para realizar Análisis de Riesgos DG-SASIPA-SI-02741 de fecha noviembre de 2007 elaborado por PEMEX Refinación Subdirección de Auditoría en seguridad Industrial y Protección Ambiental y la Guía Técnica para realizar análisis de Riesgos de Proceso Clave 800-16400-DCO-GT-75 Rev. 0 emitido el día 3 de septiembre de 2010 y desarrollado por la Dirección Corporativa de Operaciones, Subdirección de Disciplina Operativa, Seguridad, Salud y Protección Ambiental de Petróleos Mexicanos.

**Simulación de los eventos y diagramas de pétalos (planos de radios de afectación).**

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

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

En el Anexo 7 se presentan las hojas de resultados del modelo ALOHA 5.4.1 y los planos con los radios de afectación.

**Criterios de zonas de alto riesgo y seguridad**

Tomando como base estos parámetros, así como las consideraciones indicadas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para la presentación de Estudios de Riesgos, indican que los radios potenciales de afectación para definir y justificar las zonas de seguridad deberán utilizar los siguientes valores:

**Tabla 23. Criterios de zonas de seguridad y riesgo**

<b>Zona</b>	<b>Inflamabilidad (Radiación térmica)</b>	<b>Explosividad (Sobrepresión)</b>
Riesgo	5 kW/m <sup>2</sup>	1.0 psig
Seguridad	1.4 kW/m <sup>2</sup>	0.5 psig

Para evaluar estos efectos en un incendio nos basaremos en la siguiente tabla:

**Tabla 24. Efectos de radiación térmica según la intensidad de radiación emitida**

Intensidad de radiación (Kw / m <sup>2</sup> )	Efecto observado
37.5	Suficiente para causar daños en materiales.
25	Energía mínima para ignición de madera en una exposición indefinida.
12.5	Energía mínima para ignición de madera, fusión de tubería plástica.
9.5	Umbral de dolor alcanzado después de 8 segundos; quemaduras de segundo grado después de 20 segundos.
4	Suficiente para causar dolor a personas si no puede ponerse a resguardo en 20 segundos; quemaduras de segundo grado probables.
1.6	No causará incomodidad con exposiciones prolongadas.

**FUENTE:** Chemical Process Quantitative Risk Analysis, CCPS, 1989.

De acuerdo a la simulación de la dispersión de la nube, los efectos de incendio y explosión, se pueden definir las áreas de seguridad estimadas en las tablas que describen las consecuencias en cada evento, pueden ser consideradas como las distancias mínimas que deberán de ser restringidas al tránsito en un evento similar.

Los efectos producidos por una explosión se generan a través de una serie de ondas expansivas, de tal forma que las ondas de mayor presión están situadas formando una circunferencia cercana al centro de la nube y las de menor presión se sitúan en circunferencias de diámetros mayores. La tabla siguiente muestra la relación entre la sobrepresión y el tipo de daño asociado.

**Tabla 25. Valores de sobrepresión y daño producido en detonaciones**

Ejemplos de resultados de los modelos de explosión	
sobre presión pico (psia)	Daño esperado
0,03	Rompimiento ocasional de ventanas largas bajo estrés
0,3	Poco daño a los techos de las casa, 10% de rompimiento de ventanas
1-0.5	Ventanas son usualmente destrozadas, algunos marcos dañados
1	Demolición parcial de casa, se vuelven inhabitables
8.00-1.00	leves/serias lesiones causadas por objetos voladores
2	colapso parcial de techos y muros
3.00-2.00	Concreto sin refuerzo/ muros de ceniza son destruidos
12.2-2.40	90-1% de daño en la población expuesta
2,5	50% de destrucción de los ladrillos usados en la construcción de casas
4.0-3.0	Paneles de edificios de acero sin marco arruinados
5	Postes de madera rotos
7.00-5.00	Destrucción parcial-completa de casas
10	Probable destrucción total del edificio
29.0-14.5	99-1% de muertes entre la población expuesta debido a los efectos de la explosión directa

A continuación se presenta los resultados de la evaluación de consecuencias:

**Evento 1:**

Fuga en Compresores de gas natural de 4 etapas con presión de descarga de 250 bar.

**Para el cálculo de la cantidad fugada de gas se tomaron las siguientes consideraciones:**

Se consideraron los siguientes datos atmosféricos:

Velocidad de viento: 28-38 km/hr

Dirección del viento: SO

Temperatura ambiente 22°C

Estabilidad Clase B

Humedad del 25%

**Datos proporcionados al simulador**

Área del orificio para el caso más probable.

Diámetro de tubería: 4" (se considera el diámetro mayor)

Diámetro equivalente de fuga (DEF)\* = 0.2"  $\text{Área de fuga} = \pi * r^2 = \pi * (0.1)^2 = 0.5 \text{ pulg}^2$

\*CCPS

PRESION 250 BAR

**Resultados de la evaluación de consecuencias explosión (sobrepresión)**

Escenarios	Criterios	Radio de afectación (m.)
Evento 1. Fuga en Compresores de gas natural de 4 etapas con presión de descarga de 250 bar	Zona de alto riesgo 1 psi	21
	Zona de amortiguamiento 0.5 psi	29

**Resultados de la evaluación de consecuencias inflamabilidad  
(Radiación Térmica)**

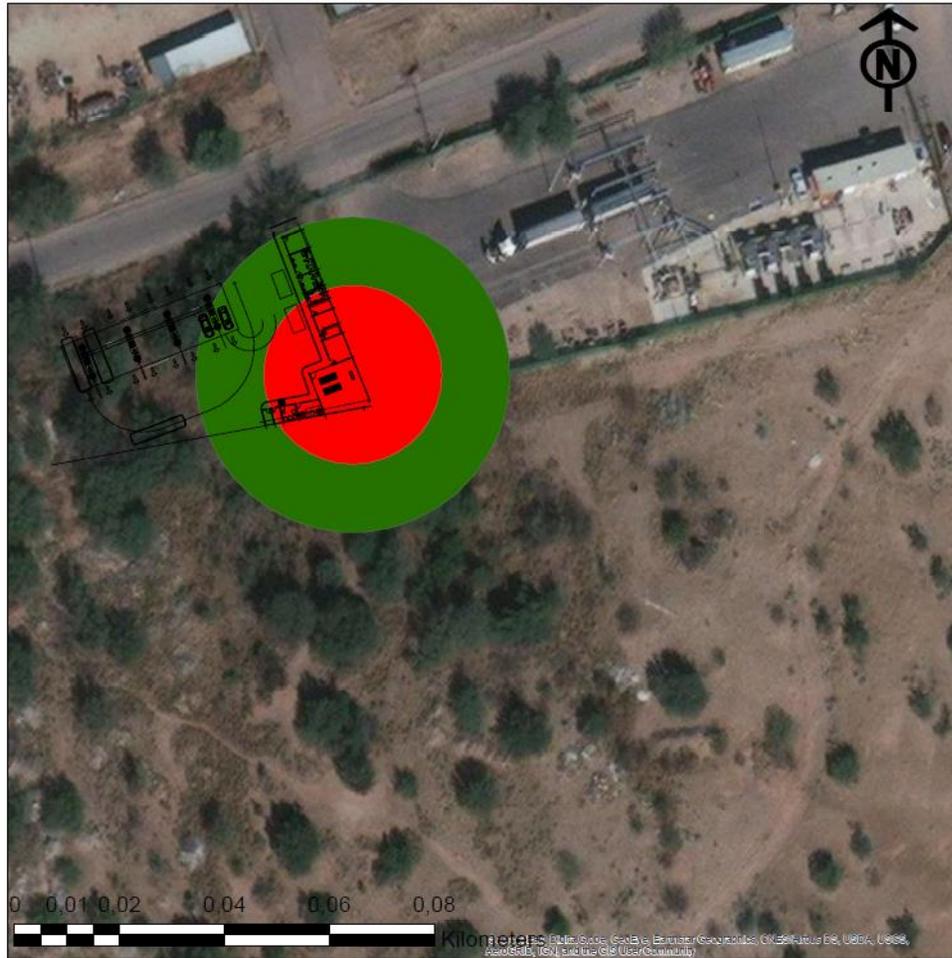
Eventos	Criterios	Radio de afectación (m.)
Evento 1. Fuga en Compresores de gas natural de 4 etapas con presión de descarga de 250 bar	Zona de alto riesgo 5 kW/m <sup>2</sup>	17
	Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m <sup>2</sup>	30

**Figura 15. Plano radios de afectación Evento 1 Explosión**



 <b>GNC HIDROCARBUROS</b> <b>S.A. DE C.V.</b>						
<b>CROQUIS DE LOCALIZACIÓN</b> 						
<b>UBICACION</b> Calle de los Olivos, Parque Industrial Hermosillo, Sonora C.P. 83297						
<b>PROYECTO</b> "EDS de GNV – HERMOSILLO"						
<b>PROPIETARIO</b> GNC HIDROCARBUROS, S.A. DE C.V.						
Plano radio de afectacion Explosión						
<b>EVENTO 1:</b> Fuga en Compresores de gas natural de 4 etapas con presión de descarga de 250 bar						
<table border="1"> <thead> <tr> <th align="center">Criterios</th> <th align="center">Distancia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">                     Zona de alto riesgo 1 psi   </td> <td align="center">21 m</td> </tr> <tr> <td align="center">                     Zona de amortiguamiento                      0.5 psi   </td> <td align="center">29 m</td> </tr> </tbody> </table>	Criterios	Distancia	Zona de alto riesgo 1 psi 	21 m	Zona de amortiguamiento 0.5 psi 	29 m
Criterios	Distancia					
Zona de alto riesgo 1 psi 	21 m					
Zona de amortiguamiento 0.5 psi 	29 m					
<b>1:830</b>						

**Figura 16. Plano radios de afectación Evento 1 Incendio**



 <b>GNC HIDROCARBUROS</b> <b>S.A. DE C.V.</b>						
<b>CROQUIS DE LOCALIZACIÓN</b> 						
<b>UBICACION</b> Calle de los Olivos, Parque Industrial Hermosillo, Sonora C.P. 83297						
<b>PROYECTO</b> "EDS de GNV – HERMOSILLO"						
<b>PROPIETARIO</b> GNC HIDROCARBUROS, S.A. DE C.V.						
Plano radio de afectacion Incendio						
<b>EVENTO 1:</b> Fuga en Compresores de gas natural de 4 etapas con presión de descarga de 250 bar						
<table border="1"> <thead> <tr> <th align="center">Criterios</th> <th align="center">Distancia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>                     Zona de alto riesgo 5 kW/m<sup>2</sup>   </td> <td align="center">17 m</td> </tr> <tr> <td>                     Zona de amortiguamiento                      1.4 kW/m<sup>2</sup>   </td> <td align="center">30 m</td> </tr> </tbody> </table>	Criterios	Distancia	Zona de alto riesgo 5 kW/m <sup>2</sup> 	17 m	Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m <sup>2</sup> 	30 m
Criterios	Distancia					
Zona de alto riesgo 5 kW/m <sup>2</sup> 	17 m					
Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m <sup>2</sup> 	30 m					
<b>1:687</b>						

**Evento 2:**

Fuga de gas natural con riesgo de incendio y explosión a través de cilindros de almacenamiento.

**Para el cálculo de la cantidad fugada de gas se tomaron las siguientes consideraciones:**

Se consideraron los siguientes datos atmosféricos:

Velocidad de viento: 28-38 km/hr

Dirección del viento: SO

Temperatura ambiente 22°C

Estabilidad Clase B

Humedad del 25%

**Datos proporcionados al simulador**

Datos proporcionados al simulador

Diámetro del orificio de fuga: 0.5 pulg

Diámetro: 0.60 m

Longitud: 2.02 m

Capacidad de gas natural: 125 kg.

Presión interna: 3600 psia

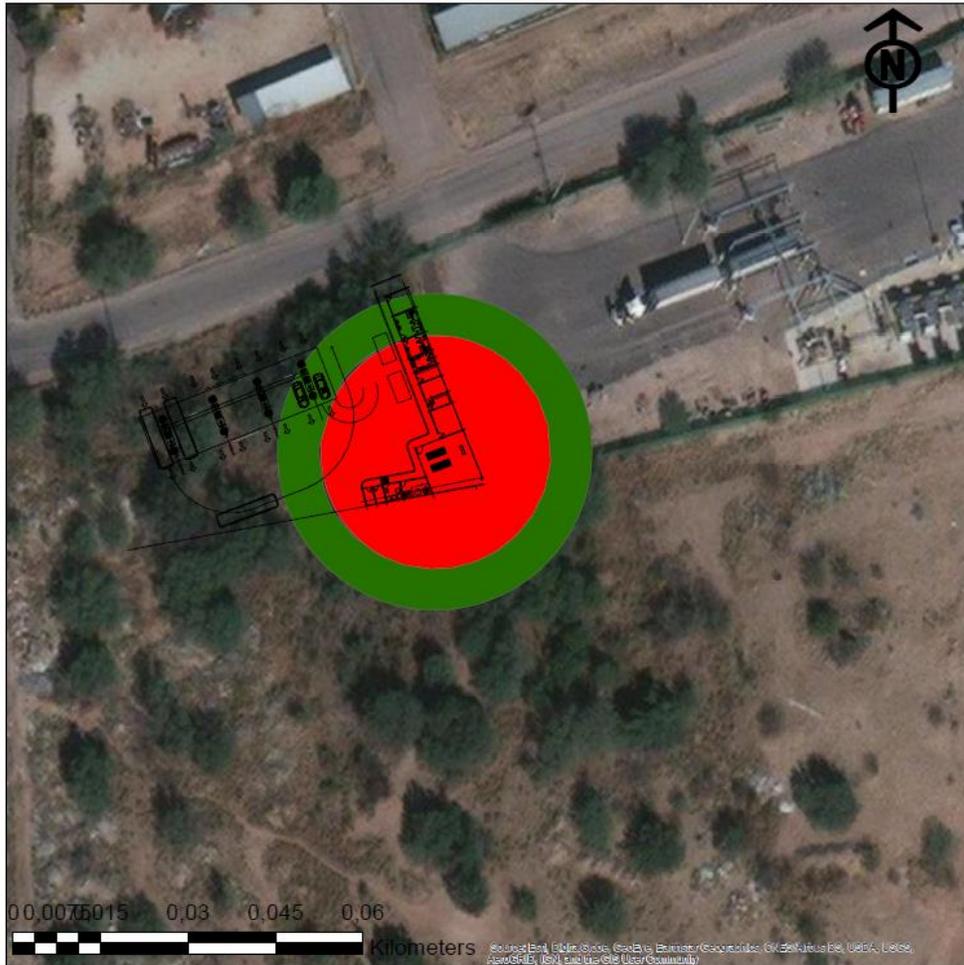
**Resultados de la evaluación de consecuencias explosión (sobrepresión)**

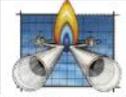
Escenarios	Criterios	Radio de afectación (m.)
Evento 2: Fuga de gas natural con riesgo de incendio y explosión a través de cilindros de almacenamiento.	Zona de alto riesgo 1 psi	20
	Zona de amortiguamiento 0.5 psi	27

**Resultados de la evaluación de consecuencias inflamabilidad (Radiación Térmica)**

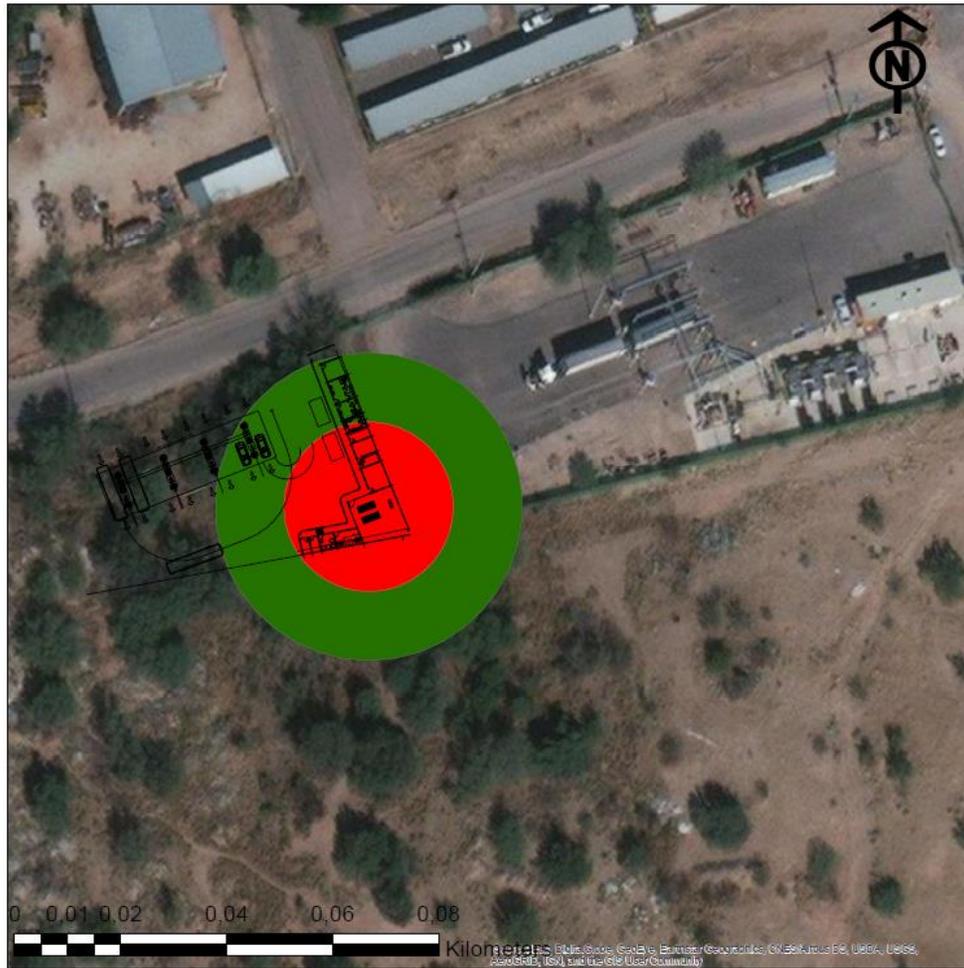
Eventos	Criterios	Radio de afectación (m)
Evento 2: Fuga de gas natural con riesgo de incendio y explosión a través de cilindros de almacenamiento.	Zona de alto riesgo 5 kW/m <sup>2</sup>	16
	Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m <sup>2</sup>	29

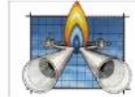
**Figura 17. Plano radios de afectación Evento 2 Explosión**



 <b>GNC HIDROCARBUROS</b> <b>S.A. DE C.V.</b>						
<b>CROQUIS DE LOCALIZACIÓN</b> 						
<b>UBICACION</b> Calle de los Olivos, Parque Industrial Hermosillo, Sonora C.P. 83297						
<b>PROYECTO</b> "EDS de GNV – HERMOSILLO"						
<b>PROPIETARIO</b> GNC HIDROCARBUROS, S.A. DE C.V.						
Plano radio de afectacion Explosión						
<b>EVENTO 2:</b> Fuga de gas natural con riesgo de incendio y explosión a través de cilindros de almacenamiento.						
<table border="1"> <thead> <tr> <th align="center">Criterios</th> <th align="center">Distancia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>                     Zona de alto riesgo 1 psi   </td> <td align="center">20 m</td> </tr> <tr> <td>                     Zona de amortiguamiento 0.5 psi   </td> <td align="center">29 m</td> </tr> </tbody> </table>	Criterios	Distancia	Zona de alto riesgo 1 psi 	20 m	Zona de amortiguamiento 0.5 psi 	29 m
Criterios	Distancia					
Zona de alto riesgo 1 psi 	20 m					
Zona de amortiguamiento 0.5 psi 	29 m					
<b>1:622</b>						

**Figura 18. Plano radios de afectación Evento 2 Incendio**



 <b>GNC HIDROCARBUROS</b> <b>S.A. DE C.V.</b>						
<b>CROQUIS DE LOCALIZACIÓN</b> 						
<b>UBICACION</b> Calle de los Olivos, Parque Industrial Hermosillo, Sonora C.P. 83297						
<b>PROYECTO</b> "EDS de GNV – HERMOSILLO"						
<b>PROPIETARIO</b> GNC HIDROCARBUROS, S.A. DE C.V.						
Plano radio de afectación Incendio						
<b>EVENTO 2:</b> Fuga de gas natural con riesgo de incendio y explosión a través de cilindros de almacenamiento.						
<table border="1"> <thead> <tr> <th align="center">Criterios</th> <th align="center">Distancia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>                     Zona de alto riesgo 5 kW/m<sup>2</sup>   </td> <td align="center">16 m</td> </tr> <tr> <td>                     Zona de amortiguamiento                      1.4 kW/m<sup>2</sup>   </td> <td align="center">29 m</td> </tr> </tbody> </table>	Criterios	Distancia	Zona de alto riesgo 5 kW/m <sup>2</sup> 	16 m	Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m <sup>2</sup> 	29 m
Criterios	Distancia					
Zona de alto riesgo 5 kW/m <sup>2</sup> 	16 m					
Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m <sup>2</sup> 	29 m					
<b>1:687</b>						

**Evento 3.**

Fuga de gas natural durante abastecimiento de unidades móviles

**Para el cálculo de la cantidad fugada de gas se tomaron las siguientes consideraciones:**

**Se consideraron los siguientes datos atmosféricos:**

Se consideraron los siguientes datos atmosféricos:

Velocidad de viento: 28-38 km/hr

Dirección del viento: SO

Temperatura ambiente 22°C

Estabilidad Clase B

Humedad del 25%

Datos proporcionados al simulador

Diámetro del orificio de fuga: 0.03 pulg

Diámetro: 0.8 m

Longitud: 2.02 m

Presión interna: 3600 psia

**Cálculos hechos por el simulador**

Max Flame Length: 1 meter

Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour

Max Burn Rate: 1.33 kilograms/min

Total Amount Burned: 62.6 kilograms

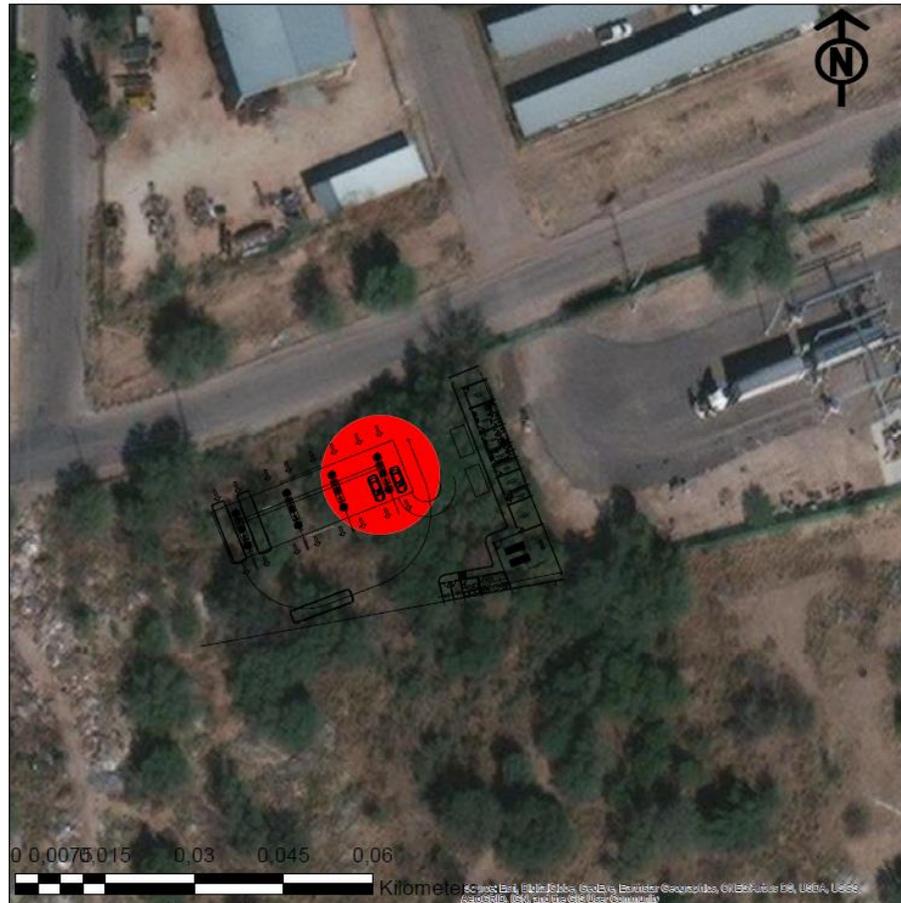
**Resultados de la evaluación de consecuencias explosión (sobrepresión)**

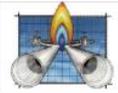
Escenarios	Criterios	Radio de afectación (m)
<b>Evento 3.</b> Fuga de gas en un recipiente de Almacenamiento buffer de gas natural, en la válvula manual del cilindro	Zona de alto riesgo 1 psi	no se forma nube explosiva
	Zona de amortiguamiento 0.5 psi	no se forma nube explosiva

**Resultados de la evaluación de consecuencias inflamabilidad (Radiación Térmica)**

Eventos	Criterios	Radio de afectación (m)
Fuga de gas en un recipiente de Almacenamiento buffer de gas natural, en la válvula manual del cilindro	Zona de alto riesgo 5 kW/m <sup>2</sup>	>10
	Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m <sup>2</sup>	>10

**Figura 19. Plano radios de afectación Evento 3 Explosión**



 <b>GNC HIDROCARBUROS</b> <b>S.A. DE C.V.</b>						
<b>CROQUIS DE LOCALIZACIÓN</b> 						
<b>UBICACION</b> Calle de los Olivos, Parque Industrial Hermosillo, Sonora C.P. 83297						
<b>PROYECTO</b> "EDS de GNV – HERMOSILLO"						
<b>PROPIETARIO</b> GNC HIDROCARBUROS, S.A. DE C.V.						
Plano radio de afectacion Incendio						
<b>EVENTO 3</b> Fuga de gas natural durante abastecimiento de unidades móviles						
<table border="1"> <thead> <tr> <th align="center">Criterios</th> <th align="center">Distancia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>                     Zona de alto riesgo 5 kW/m<sup>2</sup>   </td> <td align="center">                     &gt;10 m                 </td> </tr> <tr> <td>                     Zona de amortiguamiento                      1.4 kW/m<sup>2</sup>   </td> <td align="center">                     &gt;10 m                 </td> </tr> </tbody> </table>	Criterios	Distancia	Zona de alto riesgo 5 kW/m <sup>2</sup> 	>10 m	Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m <sup>2</sup> 	>10 m
Criterios	Distancia					
Zona de alto riesgo 5 kW/m <sup>2</sup> 	>10 m					
Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m <sup>2</sup> 	>10 m					
<b>1:572</b>						

### INTERACCIONES DE RIESGO.

En la siguiente tabla se presenta un análisis y evaluación de las posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos, ductos o instalaciones que se encuentran dentro de la zona de riesgo, considerando la posibilidad de un efecto dominó.

**Tabla 26. Interacciones de riesgo**

Evento	Zona de riesgo m *	Interacciones de riesgo	Efectos
<b>Evento 1:</b>	20	Instalaciones de Estación de Servicio Terrenos aledaños	Daños al personal y al gasoducto, equipos, tuberías, estructura y áreas de las Instalaciones de la Estación de Servicio
<b>Evento 2:</b>	16	Instalaciones de Estación de Servicio Terrenos aledaños	Daños al personal y al gasoducto, equipos, tuberías, estructura y áreas de las Instalaciones de la Estación de Servicio
<b>Evento 3.</b>	10	Instalaciones de Estación de Servicio	Daños al personal y al gasoducto, equipos, tuberías, estructura y áreas de la Estación de Servicio Terrenos aledaños

\*En la columna denominada zona de riesgo se indica la mayor afectación.

Las posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos, ductos o instalaciones que se encuentren en la zona de alto riesgo, consideran la posibilidad de un efecto dominó de acuerdo a los resultados de la evaluación de consecuencias (ver Anexo 7 planos de radios de afectación).

Las interacciones de riesgo son las acciones recíprocas, influencias o efectos de riesgo, a las que de forma general pueden estar expuestas tanto las instalaciones del proyecto de estudio como las colindantes, así como aquellas que se encuentren dentro de la zona de alto riesgo por radiación térmica y/o sobrepresión de los eventos más probables así como máximo catastróficos.

Para el análisis de una posible interacción de riesgo, se consideró el evento máximo catastrófico (fuga total de un cilindro del sistema de transporte ya que es el evento de mayor afectación por radiación y/o explosión (**radios de afectación**), y aun y cuando es el evento con menos probabilidad de ocurrencia, ya que como se puede observar en la investigación de los accidentes ocurridos en este tipo de instalaciones los accidentes ocurrido no han involucrado a este tipo de transporte.

En el supuesto caso de la correnca de este evento se verían afectadas las industrias que se encuentran aledañas a la Estación en las colindancias este y oeste, estas sufrirían daños de ruptura de vidrios.

Asimismo, considerando la colindancia del proyecto y tomando en cuenta la afectación del evento máximo probable por el manejo de gas natural (radio de alto riesgo 16 m debido a una sobrepresión) se observa que el radio de afectación de alto riesgo queda inmerso dentro del derecho de vía y terrenos propios de las instalaciones de la ESTACION DE GAS NATURAL VEHICULAR Y GAS NATURAL COMPRIMIDO .

## II.2 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL.

En la 0, se presenta una síntesis del inventario ambiental en donde se desarrollará el Proyecto, para cada uno de los sistemas: físico, natural y socioeconómico.

**Tabla 27. Síntesis del inventario ambiental del Sistema Ambiental**

Componente ambiental	Indicador	Situación actual y diagnóstico
<b>Medio físico</b>		
Clima	Modificación del microclima	Actualmente en las zonas donde la vegetación ha sido desmontada la insolación es mayor y por lo tanto en estas áreas se esperaría que existan variaciones microclimáticas.
Calidad del aire	Presencia o ausencia de fuentes de emisiones a la atmósfera	La calidad del aire está siendo afectada como se expresa en los índices de contaminación que se han incrementado en los últimos años, causados entre otros, por la industria y por el parque automotor.
Ruidos y vibraciones	Presencia o ausencia de fuentes de emisiones de ruido	No existen fuentes importantes de emisiones de ruido, el proyecto no rebasará los límites establecidos en la NOM-081-SEMARNAT-1996, la cual establece 68 dB(A) de 06:00 a 22:00 y 65dB(A) de 22:00 a 06:00.
Hidrología superficial	Presencia o ausencia de contaminación de los ríos y cuerpos de agua	Ninguno de los ríos ni cuerpos de agua se encuentran en las colindancias del sitio del proyecto, los que se encontraban ya están secos.
Hidrología subterránea	Estado actual del acuífero (sobreexplotado o subexplotado)	acuífero - MESA DEL SERI-LA VICTORIA se encuentra sobreexplotado
Geomorfología	Modificación de relieve por excavaciones.	No habrá modificaciones de relieve por la excavación.
Suelo	Presencia o ausencia de erosión y/o contaminación	El uso de suelo actual del predio es del tipo urbano e industrial.
<b>Medio biótico</b>		
Vegetación	Proporción de vegetación natural/superficie total del sistema ambiental	Es una comunidad formada por árboles de porte bajo y espinoso del género Prosopis sp (mezquites).
Fauna	Superficie con vegetación natural que proporciona un hábitat para la fauna silvestre	<p>El área donde se construirá el proyecto se encuentra desprovista de fauna</p> <p>La fauna en el área de influencia del proyecto se ve afectada al ubicarse en un área perturbada, tanto por caminos asfaltados (carreteras estatales), brechas, el tráfico de vehículos sobre éstos y por áreas sin vegetación aparente, ocurriendo esto dentro de los límites del área de influencia del proyecto (área delimitada de estudio).</p> <p>Dentro de las modificaciones al entorno tanto en el área del proyecto como en la de influencia se encuentra la movilización y ruido de personas y automóviles, además la cercanía del terreno a zonas habitacionales, brechas y caminos, ahuyenta a la fauna nativa.</p>

**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**"EDS de GNV – HERMOSILLO"**

---

<b>Componente ambiental</b>	<b>Indicador</b>	<b>Situación actual y diagnóstico</b>
<b>Medio socioeconómico</b>		
Paisaje	Disminución de la calidad del paisaje	El paisaje ha sido modificado por las actividades agropecuarias, instalaciones eléctricas, carreteras, caminos. No existen elementos paisajísticos relevantes o únicos.
Demografía	Tasa de crecimiento	La tasa de crecimiento en el municipio en el periodo 2000 y 2010 fue de 2.7%
	Población	HOMBRES 433,646 MUJERES 450,627 total 884,273
Índice de marginación	Muy Baja, Baja, Media, Alta y Muy Alta	La marginación del municipio de Hermosillo es muy bajo, de acuerdo al análisis realizado por la Comisión Nacional de Población de los datos obtenidos en el año 2010.
Factores socioculturales	Presencia o ausencia de sitios con valor cultural o histórico	En el Sistema Ambiental existen monumentos históricos ubicados en su mayoría en la cabecera municipal. En el Área de Afectación del Proyecto no existen sitios históricos o de valor cultural

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

#### **III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS.**

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

Patio de transvase.

Implementar señalética de apoyo adicional para operador del titán para mejorar las condiciones de seguridad y acomodo seguro del vehículo a efecto de evitar algún choque en el punto de descarga del gas hacia la estación de servicio.

Capacitación constante al operador encargado de la conexión y descarga.

Instalar protecciones metálicas U móviles en parte frontal de patio de trasvase para evitar la posible entrada de vehículos ajenos a dicha zona.

Habilitar un procedimiento de doble chequeo del operador de la instalación y conexión de la manguera de descarga.

analizarla posibilidad de habilitar un sistema de doble válvula de seguridad para el caso de presentarse falla en el primer sistema.

Contar con un sistema de circuito cerrado de vigilancia

Implementar programarán actividades periódicas de limpieza de maleza con los propietarios de los predios contiguos a la estación de servicio.

Capacitación permanente al personal de la estación de servicio y de vigilancia en el combate de incendios Capacitación al personal Habilitación futura de un sistema contra incendios a base de hidrantes.

Capacitación permanente al personal de mantenimiento.

Implementación de instrumentos automáticos de detección de concentraciones altas de gas en las líneas de suministro.

Revisión semanal de las instalaciones que conforman el patio de transvase.

Contar con acciones periódicas permanentes de revisión y mantenimiento del sistema de válvulas, accesorios y tuberías del patio de transvase de gas natural.

Capacitación permanente al personal de la estación de servicio y de vigilancia en el combate de incendios solicitar al proveedor del Sistema de Transporte con Tanques Contenedores De GNC natural comprobantes que demuestren que el personal responsable de las operaciones de descarga del gas natural cuente con la adecuada capacitación y con el adiestramiento necesario para dichas actividades.

Solicitar al proveedor un programa de los vehículos e instalaciones a su cargo así como un informe periódico de las actividades y acciones realizadas para dar cumplimiento al mismo.

Analizar la opción de habilitar un sistema de aspersores como un complemento adicional al equipamiento de combate de incendios

#### **Cuarto de Compresores**

Brindar capacitación al personal para dar respuesta a cualquier eventualidad por las actividades de operación en el cuarto de control que involucren fallas en los componentes así como por fugas de gas en su interior.

Para la realización de operaciones de mantenimiento en el cuarto de compresores solo se deberán emplear herramientas manuales antichispas para evitar puntos de ignición o calientes.

Brindar al personal de la estación de servicio capacitación permanente para dotarlos de habilidades para detectar en forma inmediata funcionamiento inadecuado de los equipos y posibles defectos o desperfectos en los equipos.

Implementar una bitácora de registro de mantenimiento.

Llevar a cabo mantenimiento y calibración del sistema de alivio de presión de gas por parte de personal externo certificado

contar con un programas permanentes de revisión y mantenimiento de los sistemas de intercambio de calor en el cuarto de compresores.

Capacitar al personal encargado de la operación del cuarto de compresores en protocolos de actuación en caso de fallas en el sistema de enfriamiento del cuarto de compresores.

Restringir el paso al cuarto de compresores de personal no calificado o ajeno a la operación del mismo.

### **Cascada Pulmón y Panel Prioritario**

Llevar a cabo la revisión permanente del estado de la pintura anticorrosiva en todos los cilindros de la cascada pulmón.

Implementar una bitácora de registro de mantenimiento de los cilindros de la cascada pulmón.

Llevar a cabo la revisión permanente del estado que guarda el panel prioritario tanto de manera visual como a través de un sistema electrónico.

brindar al personal de la estación de servicio capacitación permanente para dotarlos de habilidades para detectar en forma inmediata funcionamiento inadecuado del panel prioritario, cascada pulmón, válvulas y sistemas de venteo.

Implementar una bitácora de registro de mantenimiento de la totalidad de las válvulas de seguridad del panel de control.

Llevar a cabo la revisión y mantenimiento preventivo y correctivo de dichas válvulas

Agregar una válvula antiretorno después de la válvula de salida de la cascada pulmón para evitar una posible fuga del gas; la válvula antirretorno sellará en forma hermética la salida del mismo.

Adicionar una válvula de no retorno de flujo a la entrada de la cascada pulmón a efecto de evitar que el gas se regrese a los compresores y al sistema de filtración y regulación,

Implementar acciones de revisión permanentes para la detección y corrección oportuna de fallos en la cascada pulmón, compresores.

### **Área de Despacho de Combustibles y Canopy**

Colocar topes para reducir la velocidad de los vehículos que accedan en la estación de servicio en lugares adecuados y que sean viables con base en los lineamientos de construcción y diseño de la misma.

Habilitación futura de un sistema contra incendios a base de hidrantes.

Implementar un procedimiento de revisión visual del sistema de gas de los vehículos automotores por parte del personal encargado de despacho del combustible.

implementar procedimientos para asegurarse de la correcta aplicación del protocolo de carga de combustible.

Implementación de instrumentos automáticos de detección de concentraciones altas de gas en las líneas de suministro.

Habilitar en forma complementaria como parte de los accesorios del dispensario una válvula mecánica de seguridad con el objetivo de regular la presión sin sobrepasarla

Implementar acciones permanentes de revisión y mantenimiento de las instalaciones y accesorios de tipo eléctrico en el área de dispensarios.

implementar una bitácora de registro de mantenimiento para el área de dispensarios.

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

Comunicación periódica con el distribuidor de gas natural para realizar los ajustes operacionales.

Se deberá garantizar la operación y accionamiento de todas las válvulas manuales y automáticas mensualmente, verificando el cierre total de las válvulas, así como reparación de posibles fugas en el cuerpo y vástago.

El mantenimiento de estas válvulas de relevo de presión deberá realizarse anualmente de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y a lo que indica la norma NOM-010-SECRE-2002.

Inspeccionar mensualmente cada indicador de presión (manómetro) instalado en las líneas de tubería, verificando que la aguja marque cero y que incremente cuando se presurice el elemento. Reemplazar si la aguja está dañada, o si presenta fuga de aceite de silicón, o si se detecta algún otro daño físico.

Elaborar un programa de mantenimiento preventivo general en la Estación de Gas Natural Vehicular y Gas Natural Comprimido, donde se incluya integridad mecánica de la tubería.

Elaborar el Programa de Atención de Emergencias de acuerdo a la Estación de Gas Natural Vehicular Y Gas Natural Comprimido.

Elaborar Programa de Protección Civil y presentarlo a la autoridad municipal y estatal.

Cuando entre en operación el proyecto implantar el Programa para la Prevención de Accidentes.

Elaborar procedimientos operativos de manejo de gas natural y capacitar al personal encargado.

Capacitar al personal sobre los procedimientos operativos de manejo de gas natural.

Solicitar al contratista el procedimiento de soldadura y certificado de calificación del personal encargado de la actividad.

Solicitar al constructor los registros de las pruebas radiográficas de la tubería.

Elaborar procedimiento de seguridad de trabajos peligrosos en la caseta de regulación y medición.

Elaborar dictamen técnico de cumplimiento con las normas por medio de una unidad de verificación de gas natural.

### **III.2 SISTEMAS DE SEGURIDAD.**

Con el objetivo de minimizar los riesgos derivados del manejo de gas natural por lo elevados volúmenes y presiones a los que se sujeta en la estación de servicio de la empresa, serán implementados diversos dispositivos de seguridad tanto de naturaleza interna que incluyen los que forman parte de los equipos y sistemas propios de la estación (compresores, estaciones de regulación, dispensarios) así como de naturaleza externa entre los que se encuentran los equipos y sistemas que previenen y controlan un evento susceptible de presentarse tal como una fuga de gas natural así como un incendio derivado del mismo o de naturaleza diferente (de tipo eléctrico, en las colindancias, u otro).

Dispositivos internos:

#### **Válvulas de relevo de presión:**

Constan de dispositivos mecánicos que se accionan después de rebasar un nivel de presión establecido, permitiendo así la salida del gas a través del sistema de venteo hacia la atmósfera evitando su acumulación, así como los incrementos de presión descontrolados dentro de las tuberías. Toda vez que en el cuarto o recinto de compresión albergará una importante cantidad de gas natural, cada componente estará equipado con válvulas de seguridad y discos de ruptura con set dependiendo de la presión que pasa por cada proceso. Los cuales se activan cuando el gas que pasa por está a una presión mayor (La presión puede aumentar debido a un incremento de temperatura, el caso de un conato de incendio) liberando el gas hacia la atmósfera.

Se contará con una válvula de seguridad en cada banco de almacenamiento por rack, la cual activará a 1.2 veces la presión de trabajo. También existe una válvula de seguridad por etapa de proceso en cada uno de los equipos de compresión.

Estas válvulas son calibradas por personal certificado a la presión a la que deben operar y ser calibradas cada dos años.

Dichos dispositivos de relevo de presión estarán conectados a un canal de venteo dirigido al exterior y después en vertical hacia arriba a una altura no menor de 0.7 metros del punto más alto del cuarto de compresores; dichos canales tendrán un arreglo tal que evitará la entrada de lluvia, objetos extraños y polvo para evitar su taponamiento.

Dichos dispositivos estarán habilitados en los patines de medición y regulación, los compresores, cascada pulmón y panel prioritario, dispensarios de gas natural y en los cilindros del titán de almacenamiento de gas natural.

#### **Válvulas de corte:**

Dispositivos manuales que se cierran para evitar flujo de gas durante el mantenimiento de distintos equipos o instalaciones para trabajar de forma más segura; serán habilitados en diferentes áreas de la Estación de Servicio, principalmente en tuberías de suministro así como a la entrada y salida del gas en los equipos que lo manejarán.

#### **Válvulas de desfogue:**

Dispositivos manuales, que se accionan para liberar el gas acumulado para liberar el gas acumulado en el recinto de compresión.

Generalmente se accionan en procesos de mantenimiento.

### **Monitoreo de parámetros**

Se contará con un equipo de monitoreo electrónico que permite consultar las variables de trabajo, como presiones, voltajes, gasto energético, temperaturas, etc. Todas las variables tienen un rango predeterminado, por lo tanto, si una o más variables salen del rango establecido, se acciona una alarma.

### **Dispensarios**

Cada dispensario contará con dos mangueras de llenado y mangueras de venteo, una para cada cara. Medirá el flujo másico que pasa por dichas mangueras por medio de un sensor de flujo másico. Las mangueras contarán con dispositivos de seguridad para casos de desprendimiento, por lo que no se permitirá la liberación de gas natural a menos que se ensamblen perfectamente con el vehículo.

### **Filtro de entrada y salida de compresores**

En la estación de regulación y medición, se contará con un filtro coalescente el cual eliminará los condensados que pudieran venir con el gas natural, lo que evitará que se acumule en el compresor o en la cascada pulmón evitando así que se acumule agua en estos equipos.

### **Sistema de tierras**

Para evitar cargas electrostáticas en el sistema de surtidores y dispensarios se contará con un sistema de aterrizaje a tierra física, dicho sistema contará con la capacidad de conducir la carga electrostática tanto del vehículo automotor como de los mismos dispensarios a tierra.

### **Sistema de detección de gas:**

Está compuesto por un sensor catalítico y electrónica instalada en una caja clasificada para uso adecuado en ambientes clase 1, división 1, grupo D, que permite la medición a través de una señal eléctrica generada en el rango de 4-20 mA. La medición es adquirida por un módulo analógico y se visualiza a través del panel de operador. Opción de instalación de varios detectores distribuidos en varias zonas y en dispensadores (tanto digital, como analógica).

**Pulsador tipo hongo con enclavamiento parada de emergencia:** Dentro del tablero eléctrico se coloca una parada de emergencia de acuerdo a la normatividad internacional, para permitir la parada del equipo en situaciones anormales. En otras ubicaciones se tiene en cuenta la zona, y las paradas de emergencia instaladas, tienen las certificaciones para funcionamiento de acuerdo a su aplicación.

### **Señalética, rutas de evacuación y puntos de reunión:**

Se contará con diversos esquemas visuales de señalización en materia restrictiva, preventiva, informativa y de avisos diversos distribuidos en toda la estación de servicio de conformidad con lo establecido por las normas oficiales mexicanas NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos.

en tuberías y la NOM-003-SEGOB-2011, Señales y avisos para protección civil.- Colores, formas y símbolos a utilizar; para tal efecto se contará con avisos referentes a:

No estacionarse

No fumar

Prohibido el paso, solo personal autorizado.

Apagar celular.

Apagar motor.

No flama abierta.

Alarma.

Paro de emergencia.

Extintor.

Alto Voltaje.

Zona de Riesgo.

Protocolo de Carga.

Usar equipo de seguridad.

¿ Qué hacer en caso de sismo?

¿Qué hacer en caso de incendio?

Rombo de seguridad del gas natural.

Rutas de evacuación.

Punto de reunión.

Velocidad máxima.

#### **Sistema de seguridad contra incendio:**

Se contará con un total extintores en la estación de servicio, los cuales están estratégicamente ubicados dependiendo de necesidades y posibles causas del conato de incendio dando cumplimiento a lo establecido por las NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.

#### **Sistema de Pararrayos:**

El cual tendrá como objetivo la acumulación de cargas estáticas así como descargar a tierra las fallas por aislamiento y las descargas atmosféricas que por una diferencia de potencial puedan producir una chispa. Las conexiones de este sistema se habilitarán a base de cable de cobre desnudo suave de conformidad con lo indicado en la NOM-001-SEDE-2012. Para este sistema se habilitarán 2 mástiles, uno en el área de Canopy y otro en el área de sanitarios de la estación de servicios.

#### **Se contara con los siguientes procedimientos**

##### **Procedimiento para la Inspección y Mantenimiento de los sistemas de protección contra incendio**

Este procedimiento establece las medidas que deben cumplirse en el desarrollo de las inspecciones de los elementos que conforman el sistema de protección contra incendios de las EDS's, con el fin de garantizar su operatividad en caso de requerirse su activación.

### **Condiciones Generales.**

Las inspecciones de los elementos que conforman el sistema de protección contra incendios son realizados por los Administradores de las estaciones y el profesional de seguridad e higiene o mantenimiento.

El mantenimiento de estos elementos se realizará a través de proveedores especializados en este campo.

### **Procedimiento**

#### **Inspección y mantenimiento de extintores portátiles (NOM-154-SCFI-2005)**

Inspección Mensual.

Esta inspección debe ser realizada por el profesional de seguridad e higiene y/o la comisión de seguridad e higiene y debe cubrir al menos los siguientes puntos:

- Localización en el sitio asignado
- Constatar la vigencia de recarga.
- Sin obstáculos para el acceso o visibilidad
- Instrucciones de operación legibles: en el equipo o cerca del equipo
- Sellos de seguridad en buen estado
- Carga (por peso de la carga)
- Sin daños físicos obvios; Corrosión, fugas o taponamientos de la boquilla.
- Presión del manómetro.
- Condición de las carretillas, ruedas, mangueras y boquillas.
- Indicaciones de tipo y uso del extintor en el sitio o en el equipo.

Las deficiencias encontradas deben corregirse inmediatamente.

El proveedor deberá mantener un récord de las inspecciones físicamente y en medio electrónico.

### **Mantenimiento Anual.**

Las administraciones de estación y el profesional de seguridad e higiene deben garantizar que el equipo operará efectivamente y en forma segura, incluye reparación o reemplazo de las partes que sea necesario. Debe ser realizado por personal entrenado y que tenga disponible el manual de mantenimiento del fabricante. El profesional de seguridad e higiene deberá solicitar al proveedor lo siguiente:

Los extintores presurizados con agentes húmedos deben descargarse completamente para verificar la correcta operación de las válvulas de descarga y manómetros, se deben desensamblar cada una de las partes para efectuar un completo mantenimiento. Se permite que la carga sea recuperada y reutilizada, verificando previamente el estado del agente extintor.

Debe realizarse anualmente una prueba de conductividad eléctrica a las mangueras de los extintores de CO<sub>2</sub>. Dejar registro de la prueba indicando el mes, año, nombre o iniciales de la persona que realiza la prueba y nombre de la empresa que realiza la prueba. (Exigir protocolo y certificado de prueba)

Los reguladores de presión de los extintores rodantes deben ser probados de acuerdo con las especificaciones del fabricante para verificar el cumplimiento de los parámetros de presión estática y flujo para los cuales están diseñados.

Los extintores que se saquen para mantenimiento deben reemplazarse por extintores de repuesto, estos deben ser para el tipo de riesgo y capacidad de extinción requerida en el área.

El mantenimiento de los extintores debe cumplir la verificación de 3 puntos básicos:

*Partes mecánicas*

*Agente extintor*

*Agente expelente.*

Durante el mantenimiento anual no es necesario inspeccionar internamente los extintores de CO<sub>2</sub> o los extintores presurizados de PQS, sin embargo debe inspeccionarse externamente el estado de sus partes mecánicas.

Los extintores de PQS y agentes halógenos, que requieren prueba hidrostática cada 12 años, deben desocuparse cada 6 años para aplicarles los procedimientos de mantenimiento. La remoción del agente extintor de los extintores de halón debe realizarse en un sistema cerrado de recuperación. Los 6 años se cuentan a partir la de última fecha de recarga o prueba hidrostática.

Registro del Mantenimiento: Cada extintor debe tener una placa donde se indique el mes y año en que el servicio de mantenimiento fue realizado.

A los extintores que se les realice el mantenimiento de los 6 años debe colocárseles una placa metálica o de material igualmente durable donde se indique el mes y año de mantenimiento, las iniciales de la persona que lo realizó y la empresa responsable del mantenimiento.

### **Recarga: Reemplazo del agente extintor.**

Todos los extintores deben ser recargados después de cada uso o cuando lo indiquen los resultados de las inspecciones o el mantenimiento anual.

Para la recarga deben seguirse las recomendaciones del fabricante, La cantidad de agente extintor debe ser verificada por peso, el peso total de la recarga deber ser igual al peso total marcado en el cuerpo del extintor.

Los extintores solamente deben recargarse con agente extintor de igual composición química, características físicas y capacidad extintora al de la carga original. No se recomienda recargar los extintores con otro de agente extintor diferente al cual fue diseñado.

Los PQS multipropósito no deben mezclarse con químicos de base alcalina.

Se permite utilizar el remanente de agente extintor PQS después de una descarga, siempre y cuando el faltante de la carga corresponda al mismo tipo de PQS.

El PQS de los extintores sometidos a la inspección de los 6 años puede reutilizarse, siempre y cuando se recupere en un sistema cerrado de recuperación para evitar su contaminación. Antes de reutilizar esta PQS debe verificarse su adecuada condición.

Después de recargados los extintores presurizados y con agente auto expelente (CO<sub>2</sub>), deben ser sometidos a una prueba de verificación de fugas.

### **Prueba hidrostática.**

#### **Frecuencia**

- a) Extintores de CO<sub>2</sub>: Cada 5 años
- b) Extintores de PQS: Cada 12 años
- c) Extintores halógenos: Cada 12 años
- d) Cilindros de Nitrógeno, Argón, CO<sub>2</sub> o cápsulas de agente inerte utilizados como agente expelente: Cada 5 años, excepto los de diámetro inferior a 2" y 2 ft de longitud que están exentos de prueba hidrostática. Presión de prueba 5/3 de la presión de servicio estampada en el cilindro.
- e) Los extintores provistos de manguera con válvula de cierre en la boquilla de descarga, deben realizársele prueba hidrostática a la manguera al mismo intervalo de tiempo del extintor en el cual esta instalada.
- f) Las mangueras de los extintores de CO<sub>2</sub> deben probarse a 1250 PSI
- g) Las mangueras de los extintores de PQS, agua, halón deben probarse a 300 PSI o a la presión de servicio si esta es mayor.
- h) Los accesorios de los extintores rodantes que trabajan a baja presión deben probarse a 300PSI y los accesorios que trabajan a alta presión deben probarse a 3000PSI.
- i) Debe mantenerse un registro de las pruebas hidrostática, con el protocolo de prueba de cada extintor.
- j) Se deberá solicitar al proveedor del servicio la factura del servicio donde se indique el tipo de servicio realizado, fecha y cantidad de servicios realizados. Así también se solicitar un certificado de proveedor autorizado para realizar estos trabajos y un reporte del trabajos efectuados. Se deberá mantener el registro de estos servicios para soportar ante autoridades que lo soliciten y para la certificación anual de la estación.

### **III.3 MEDIDAS PREVENTIVAS.**

Las medidas preventivas para reducir las situaciones de riesgo consiste en la aplicación de Programas de Mantenimiento, Medidas de Seguridad, Procedimientos operativos, Control de Riesgos y la implementación de Planes para Emergencia, los cuales son necesarios para llevar a cabo las siguientes actividades:

- Reducir al mínimo y limitar los peligros y consecuencias resultantes de una emergencia en instalaciones industriales del transporte de gas;
- Establecer los pasos a seguir en caso que ocurra un accidente/incidente;
- Estar preparado en cualquier momento para actuar rápida y adecuadamente ante cualquier accidente/incidente que se presente;
- Responder con acciones predeterminadas y coordinadas en vista de mantener el control del sistema;
- Minimizar el impacto del accidente/incidente a todos los interesados en el normal desenvolvimiento de la compañía;
- Asegurar que toda persona lesionada reciba la adecuada atención médica; y
- Determinar las causas del accidente/incidente y aprender de las mismas como reducir al mínimo la posibilidad de una repetición.

Se preparará un plan de respuesta para emergencias en el cual se establecerá la organización y procedimientos para responder efectivamente a un incidente relacionado a la Estación de Servicio.

#### **Manuales de Operación y Mantenimiento**

Los Manuales de Operación y Mantenimiento se prepararán de acuerdo con todos los Códigos aplicables, las Normas tales como la API, la ASME B31.8, la Ley Mexicana y toda su Reglamentación, y con base en la amplia experiencia derivada de las actividades de operación y mantenimiento de gasoductos. Estos manuales estarán disponibles antes de la puesta en marcha de la Estación de Gas Natural Vehicular Y Gas Natural Comprimido, se revisarán y actualizarán periódicamente de allí en adelante, con el fin de que siempre reflejen todos los principios de ingeniería aplicables, la experiencia que va adquiriéndose, el conocimiento que se obtiene sobre el gasoducto en su operación del día a día, las consideraciones aplicables en materia de flujo de gas y las condiciones operativas del sistema.

En estos manuales se incluirán todos los planes de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, y los procedimientos de operación del gasoducto y sus instalaciones, los sistemas de comunicaciones y las instalaciones de medición. Cada componente del sistema se manejará individualmente, incluyendo la siguiente información para cada caso: antecedentes, requisitos reglamentarios y de las normas técnicas, aspectos ambientales, instrucciones y procedimientos técnicos detallados, programas de control y aseguramiento de la calidad, auditorías, aspectos administrativos, etc.

#### **Procedimiento de Seguridad de Instalaciones y Equipos de una EDS.**

Es responsabilidad del administrador de estación se cumpla este procedimiento y se exija el cumplimiento de la misma al personal de mantenimiento y usuarios de la estación. Las Estaciones de servicio, cuentan con áreas específicas para el resguardo de los equipos utilizados para medir, controlar, energizar, comprimir, transportar y almacenar al gas natural, los cuales son:

- Recinto de compresores y dispensarios
- Subestación ó Cuartos de Tableros
- Cuartos de compresores de aire
- Almacenes de refacciones y Residuos Peligrosos

Estas áreas son de acceso controlado para el personal de la empresa, clientes, proveedores, autoridades y personal ajeno a la estación. Y deberán de estar permanentemente cerradas bajo llave, teniendo la responsabilidad y control de estas el personal técnico de mantenimiento de estación y el encargado de estación (traspasando la responsabilidad de estas a sus responsables de cada turno).

### **Procedimiento**

Por operación de las estaciones y de los sistemas de compresión, es necesario ser monitoreados los equipos por personal capacitado. Estas personas serán las responsables de comunicar inmediatamente al personal de mantenimiento y al administrador de estación cualquier anomalía que se detecte y/o auxiliar en resolver el problema, tomando las acciones indicadas por el personal de mantenimiento para restablecer el servicio de los equipos y/o garantizar la seguridad de la estación

Solamente el personal de mantenimiento de estación, administrador, y personal capacitado y autorizado en cada evento, podrán intervenir en los equipos de compresión y despacho, es decir abrir gabinetes o puertas, retirar tapas de registro, tableros y dispensarios.

Por seguridad del personal, de los equipos y de la estación, está **prohibido** restablecer o poner en operación cualquier equipo que este fuera de servicio por alarmas, mantenimiento u operación de la estación, y que no haya sido consultado con el personal de mantenimiento para su autorización.

Está prohibido manipular las pantallas de monitoreo y mucho más modificar los parámetros de operación de los equipos así como el borrar el historial de alarmas. Función sólo disponible para el personal técnico de mantenimiento.

Es totalmente responsabilidad del personal de mantenimiento y de la administrador de la estación (así como del responsable capacitado y asignado en turno), el mantener el orden y seguridad de las áreas y de los equipos, y no es transferible esta responsabilidad a otras personas por solicitar ayuda o por falta de tiempo.

El personal de mantenimiento tiene el compromiso de dar el servicio y asistencia requerida por las estaciones las 24 horas, los 365 días del año. Y en caso de no tener la disponibilidad de tiempo, canalizarlo a otra persona del departamento dando seguimiento hasta garantizar que se esta atendiendo la solicitud.

El personal de mantenimiento deberá informar al administrador de estación y/o al responsable de estación, cada vez que deje fuera de servicio algún equipo por mantenimiento, así como cuando quede nuevamente en servicio. Evento que también deberá ser anotado en bitácora de mantenimiento.

En caso de fuga de gas, fallas de energía eléctrica, problemas con los equipos de compresión y despacho, se deberá reportar inmediatamente a la administrador de estación y al personal de mantenimiento para tomar acciones como pueden ser cerrar válvulas, bajar interruptores, parar o dejar fuera de servicio equipos. Y sólo personal autorizado y capacitado podrá tomar decisiones de este tipo.

Es responsabilidad del administrador de estación el contar con el personal capacitado en cada turno, así como solicitar la capacitación y actualización del personal asignado al departamento de recursos humanos y mantenimiento.

Es responsabilidad del departamento de recursos humanos y del administrador de estación solicitar al departamento de mantenimiento la capacitación correspondiente a todo el personal de nuevo ingreso.

### **Procedimiento de Seguridad para la Operación y Mantenimiento de una EDS.**

Este procedimiento establece las condiciones de seguridad en las actividades de mantenimiento y operación en las EDS. Es obligatorio contar con una Bitácora de Mantenimiento, donde se registrarán todos los eventos relacionados con el mantenimiento, correctivo, preventivo y predictivo realizado a todos y cada uno de los equipos de estación. Indicando día, hora y nombre del personal que intervino en el servicio.

La bitácora deberá permanecer en todo momento en custodia del personal administrativo, y se deberá disponer de esta cada vez que el personal de mantenimiento lo requiera, así como a solicitud de las diferentes autoridades como pueden ser, protección civil, ecología, procuraduría del medio ambiente, bomberos, unidades verificadoras, etc.

Mantener al personal de las EDS apropiadamente capacitados en sus deberes y responsabilidades como funcionarios y como participantes en los planes de contingencia. El personal de mantenimiento deberá ser el mas capacitado de la EDS, ya que el debe conocer las instalaciones y equipos. Este deberá dar todo el soporte para cualquier contingencia.

Mantener en buen estado de mantenimiento, vigencia y operatividad todos los extintores y demás equipos contra incendio.

Mantener la condición "a prueba de explosión" de luminarias, tableros, tuberías y ductos para los cableados eléctricos en áreas clasificadas.

No permitir llamas abiertas y/o fuentes de ignición no autorizadas, dentro del perímetro de las EDS.

Mantener en buen estado de orden y aseo todas las áreas de las EDS; así como los equipos, elementos y herramientas, adecuadamente organizados.

### **Desarrollo.**

#### **Mantenimiento de compresores**

Dar aviso al encargado de estación el que se dejara fuera de operación el compresor por servicio.

Colocar selector en posición "OFF" desde el tablero de control del compresor que va a revisarse, y bajar palanca de interruptor principal del equipo en el CCM, mantener y colocar en el interruptor un candado y un aviso de "Equipo Fuera de Servicio". De preferencia alguna etiqueta con fotografía, nombre del personal y teléfono para su localización.

Cerrar las válvulas manuales de succión y descarga de gas del compresor. Encender ventiladores para evitar la concentración del gas y dispersarlo mas rápidamente.

Despresurizar el equipo por medio de la válvula de venteo.

Trabajar en el compresor utilizando las herramientas adecuadas.

Utilizar los elementos de protección personal de acuerdo a la actividad que este realizando.

Verificar el no dejar piezas o herramientas dentro del equipo ni en partes giratorias al término del servicio. Al igual retirar del área todas las refacciones nuevas y usadas, herramientas y utensilios ocupados en el servicio.

Girar manualmente el motor-compresor para verificar que este gira libremente.

Abrir válvula de succión lentamente, dejando la válvula de venteo abierta por 3 minutos para que el gas desplace el oxígeno del interior del equipo, accionar el ventilador en forma manual para dispersar el gas y evitar la concentración de este.

Después de lo anterior, verificar y corregir la presencia de fugas de gas en las partes desarmadas.

Poner en automático el ventilador y colocar selector en posición "AUTO" retirar candado, y letrero de aviso.

Subir palanca del interruptor para energizar el equipo.

Verificar existencia de fugas, vibraciones y ruidos anormales para su posible corrección.

Dar aviso al encargado de estación la disponibilidad del equipo.

1. Los servicios de mantenimiento requeridos en el compresor son los siguientes:

**Diario:**

- Revisión/repación de fugas de gas, aceite ó aire.
- Reposición de niveles de agua y aceite del carter del compresor y del motor de combustión.
- Drenado de filtros
- Revisión de historial de alarmas en CCM
- Revisión/repación de lámparas de señalización en tableros.

**Semanal:**

- Drenado de filtros
- Drenado de aceite y agua capturada del gas en compresores
- Revisión de lecturas en indicadores locales (presión, nivel, temperatura, etc.).
- Revisión/Repación de los sistemas de lubricación

**Cada Mes:**

- Revisión/Apriete de tornillería de sujeción por vibración.
- Activación y verificación de paros de emergencia.
- Verificación de operación de las válvulas automáticas.
- Monitoreo de temperatura de las válvulas de compresión

**Cada 3 meses:**

- Revisión/Cambio de filtros de succión y descarga de gas
- Drenado y cambio de aceite lubricante del motor de combustión.
- Reposición/cambio de aceite del Carter en compresor
- Reemplazo de filtros de aceite y aire del motor de combustión
- Lubricación de rodamientos y chumaceras

**Cada 4,000 Hrs:**

- Reemplazo de válvulas de compresión y sellos de válvulas.

**Anual:**

- Servicio de mantenimiento a válvulas de relevo de presión.

- Análisis de vibración del equipo / Reparación si es necesario.
- Pintura de equipos (si es necesario)

**Cada 10,000 y 20,000 Hrs:**

- Servicio menor ó mayor al equipo de compresión y motor de combustión de acuerdo a recomendaciones de fabricante
- Los tanques de almacenamiento requieren del siguiente mantenimiento:
- Revisión/repación de fugas de gas en válvulas y conexiones.
- Mantenimiento anual de la válvula de relevo de presión.
- Drenado mensual de los condensados en los tanques.
- Aplicación de pintura para evitar la corrosión

**Cada 5 años, revisión y verificación de los tanques (verificación de espesores y elongación del material).**

El mantenimiento necesario para dispensarios debe de ser el siguiente:

- Cada vez que se requiera intervenir por mantenimiento, es indispensable por seguridad aislar y des presurizar completamente el equipo, y tomar las precauciones necesarias por si alguna tubería o elemento haya quedado obtaculizado con gas a alta presión. No confiarse esta presión de gas es muy peligrosa y puede causar daños severos a las personas o equipos.
- Revisar/corregir fugas de gas en elementos y conexiones.
- Revisar/corregir posibles congelamientos en regulador de presión o válvulas.
- Verificar/cambio de manómetros de dispensarios.
- Revisar/cambio de posibles daños en mangueras flexibles de llenado.
- Revisar/cambio de conexión de llenado
- Revisar a través del manómetro que el dispensario se mantenga presurizado permanentemente, de lo contrario buscar fuga.
- Mantenimiento anual de la válvula de relevo de presión.

**Mantenimiento de cilindros de almacenamiento**

Dar aviso al encargado de estación el que se dejara fuera de operación el sistema de almacenamiento por servicio de mantenimiento.

Dejar fuera de servicio los compresores el tiempo suficiente para que sea despachado el gas hasta vaciarlo a su mínima capacidad.

Cerrar las válvulas de entrada de gas a los cilindros que van a revisarse / mantenerse.

Utilizar los elementos de protección personal de acuerdo a la actividad que se van a realizar.

Tomar todas las precauciones posibles evitando tener contacto con el gas, a razón de que la presión del gas puede causar daños similares a los de una navaja, causar quemaduras graves, congelamiento o asfixia.

Ventear a la atmósfera a través de la válvula de purga el gas de los cilindros, cuidando de capturar los hidrocarburos líquidos.

Utilizando las herramientas adecuadas, desconectar las tuberías de entrada y de salida de gas de los cilindros en cuestión.

Realizar las reparaciones o servicios.

Dar aviso al encargado de estación la disponibilidad del equipo.

**En caso que se presente un incendio mientras se realizan las actividades de mantenimiento se deben seguir las siguientes recomendaciones:**

Actuar de acuerdo con lo establecido en caso de emergencias, en caso que las labores estén siendo desempeñadas por un contratista, ó una persona que desconozca el procedimiento, este debe actuar de la siguiente manera:

Suspender todas las operaciones y trabajos en la EDS.

Desenergizar compresores desde los botones de paro de emergencia y/o desde el panel de control.

Cerrar la válvula manual de corte de gas, particular del equipo o general de la EDS según sea el caso.

Después de cerrar válvulas (principalmente la que corresponda a fuente de ignición), lo que se espera es que el gas que se encuentre en las tuberías o equipos se consuma y la flama se extinga por sí misma. El mayor riesgo es que la flama alcance materiales combustibles, para lo cual es necesario extinguir este con los equipos auxiliares de combate (extinguidores). De no suceder esto esperar a que el fuego se apague.

Es poco probable que se presente fuego con gas a alta presión, debido a que el combustible desplazara el oxígeno y no podrá tener la condición para que el fuego sea factible. Es importante el evitar flama o chispa, debido a que después de controlada una fuga de gas a alta presión las condiciones de flama o explosión pueden estar presentes por unos momentos. Es importante dejar se ventilen las áreas y se disperse el gas del ambiente antes de reiniciar operación.

Notificar al administrador para que proceda con el procedimiento de notificación.

De ser necesario, cerrar válvulas manuales de los tanques de recuperación de gas en compresores.

Concentrar todos los esfuerzos y recursos en combatir o controlar el incendio con los extintores.

Según la magnitud del siniestro, avisar y pedir asistencia al cuerpo de bomberos y demás organismos de socorro.

Si el control de la emergencia se sale de las capacidades y recursos de la EDS, evacuar inmediatamente las instalaciones.

Se deberá emitir un reporte señalando los motivos que ocasionaron el siniestro.

### **Mantenimiento de dispensarios**

Dar aviso al encargado de estación el que se dejara fuera de servicio la manguera o dispensario.

Colocar los señalamientos de "Área Fuera de Servicio" para indicar y asegurar el área de trabajo. Cerrando completamente las posiciones de carga.

Cerrar válvulas de alimentación de gas al dispensario.

A través de la válvula de venteo de cada manguera, des presurizar equipo al que se realizará el servicio.

Según sea el caso, des energizar el dispensario desde el tablero eléctrico.

A pesar de que se haya despresurizado el equipo, se deberá proceder con precaución ya que por obstrucciones puede haber quedado gas en tuberías o algún otro elemento, para esto se recomienda aflojar las conexiones lentamente hasta garantizar la no presencia de gas..

Realizar los trabajos de mantenimiento utilizando los elementos de protección personal y las herramientas adecuadas de acuerdo a la actividad que se van a realizar.

Terminado los trabajos, abrir "lentamente" válvulas de alimentación de gas a dispensario, evitando golpes internos en la tubería que puedan dañar las conexiones o equipos. Hasta un posible desprendimiento de tubos.

Verificar y corregir posibles fugas

Reanudar operación del dispensario teniendo en cuenta los procedimientos y medidas de seguridad para arranque de equipos.

Dar aviso al encargado de estación la disponibilidad del equipo.

#### **Mantenimiento del Tablero de Prioridades**

Dar aviso previo al encargado de estación el que se dejara fuera de servicio la EDS.

Desenergizar compresores desde los botones de paro de emergencia y/o desde el panel de control.

Colocar selector en posición "OFF" desde el tablero de control de los compresores y bajar las palancas de los interruptores en el CCM, mantener y colocar en cada interruptor un candado y un aviso de "Equipo Fuera de Servicio".

Cerrar las válvulas manuales de entrada (de compresores, tanques de almacenamiento y filtros) y salida al panel de prioridades hacia dispensarios.

Despresurizar el equipo por medio de la válvula de venteo y de dren.

Trabajar en el Tablero de Prioridades utilizando las herramientas adecuadas.

Utilizar los elementos de protección personal de acuerdo a la actividad que éste realizando.

Terminado los trabajos, abrir "lentamente" válvulas de entrada y salida del tablero de Prioridades.

Verificar y corregir posibles fugas. Retirar candados, subir interruptores en tableros eléctricos y restablecer selector en posición "AUTO" en tablero local del compresor.

Reanudar operación de la EDS teniendo en cuenta los procedimientos y medidas de seguridad para arranque de equipos.

Dar aviso al encargado de estación la disponibilidad del equipo.

#### **Incendio en Tablero de Control de compresores**

Parar compresores desde las paradas de emergencia.

Suspender operaciones de carga o descarga de contenedores.

Desenergizar el panel de control desde la subestación eléctrica.

Concentrar todos los esfuerzos y recursos en combatir el incendio, con extintores de polvo químico y de CO<sub>2</sub>. **No utilizar agua.**

## **IV RESUMEN**

### **IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.**

El proyecto cumple con todas las leyes, reglamentos y normas mexicanas. Por las características intrínsecas del proyecto, la empresa se ha propuesto cumplir con los lineamientos Federales y Estatales en Materia de Actividades consideradas como Altamente Riesgosas de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 147 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). De acuerdo a los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Ecológico de la región de estudio, no existen áreas naturales protegidas en el sitio de estudio.

El sistema opera dentro de las normas de seguridad vigentes y contará con los medios necesarios para preservar la seguridad de las instalaciones, así como el entorno ecológico a lo largo de su vida útil.

El desarrollo de la ingeniería básica, instalación y operación del proyecto está sustentado en códigos y normas nacionales e internacionales. El diseño empleado minimiza el riesgo. Las especificaciones de construcción cuentan con los requisitos mínimos necesarios para materiales de construcción, ensamble e inspección de tuberías de transporte.

De acuerdo a los resultados en la metodología empleada para la identificación de riesgos HAZOP, se determinó que el riesgo máximo catastrófico sería la fuga de gas natural los cilindros de transporte de gas natural, provocado principalmente por desgaste de materiales o equipos fuera de especificaciones, siendo este evento el más catastrófico pero el menos probable de ocurrencia.

Es importante considerar que las condiciones que deben existir para ocasionar un incendio o explosión en el equipo requieren de la presencia simultánea de una fuente de ignición, oxígeno y una fuente de combustible. En el caso de una fuga de gas en tuberías o accesorios es el desgaste de materiales. La ruptura de tubería se podría producir por accidente de golpe ó por corrosión (desgaste del espesor de la pared).

El elemento combustible lo proporciona una fuga de gas natural como consecuencia de eventos que se presentan en todos los casos propuestos. En lo referente a la fuente de ignición, ésta puede ocurrir por varias fuentes, en singular o en combinación con otras, como son chispas o superficies calientes.

Además, el elemento de error humano es de gran importancia, ya que las operaciones de manejo de gas natural representan un riesgo potencial de generación de fuente de ignición. Los casos evaluados para incendio y explosión nos indican que se va a operar bajo un Índice de Riesgo de Nivel 3, es decir, aceptable con controles de operación, mantenimiento, construcción, diseño, medidas de seguridad, asegurando así que se verifique la implementación de los procedimientos y controles requeridos (acciones para mitigar riesgo), por lo que el proyecto es factible desde el punto de vista de riesgo. El proyecto es viable siempre y cuando se sigan las medidas de mitigación descritas anteriormente.

## **V RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL.**

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

### **1. Control de emisiones a la atmósfera.**

El proyecto durante la operación no generará emisiones contaminantes o gases de combustión, por lo que no aplica la NOM-085-SEMARNAT-1994 "Fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones. Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno. Requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión.

### **2. Control de la generación de aguas residuales.**

En las instalaciones del proyecto no se empleara agua, por lo que no aplica la generación de aguas residuales.

### **3. Control de manejo de sustancias peligrosas para evitar el derrame y contaminación del suelo y subsuelo.**

Durante la operación del proyecto solamente en los casos de mantenimiento se podría generar derrames de sustancias peligrosas (pinturas, solventes, aceites, grasa), para lo cual la Organización elaborara procedimientos de mantenimiento para evitar derrames y contaminación del suelo y subsuelo.

### **4. Control de ruido ambiental.**

Las instalaciones cumplirán con los niveles de ruido ambiental que indica la norma NOM-081-SEMARNAT-1994. Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

### **5. Control en la generación de residuos peligrosos y no peligrosos.**

La Estación de Gas Natural Vehicular y Gas Natural Comprimido en caso de generar residuos peligrosos cumplirá con las disposiciones, obligaciones y requisitos en el manejo de residuos de acuerdo al Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, Título Cuarto, Capítulo I, Artículos 35 y 37, Capítulo II, 42, 43, 44, 45, 46, 47, Capítulo III Artículo 65, Capítulo IV, Artículo 71, 72, 73 y 75, Capítulo IV Sección I, 82, Sección III, 87. Artículos Transitorios Séptimo y Octavo. Entre los principales se encuentra las siguientes obligaciones legales:

- Almacén temporal de residuos peligrosos.
- Alta como generador de residuos peligrosos.
- Manifiesto de entrega, transporte y disposición final de residuos peligrosos.
- Procedimientos para el control de los residuos peligrosos generados dentro de las instalaciones.
- Bitácoras de entradas y salidas de residuos.
- Capacitación en la materia al personal a cargo del manejo de residuos.
- Manejo con empresas autorizadas para el transporte y disposición final de los residuos.

## **6. Control y administración del riesgo ambiental.**

La organización contará con un programa sistematizado de mantenimiento mediante el cual se administrarán, controlarán y organizarán las actividades en la tubería, instrumentos e instalaciones. Para el manejo de sustancias peligrosas contará con un programa de seguridad y mantenimiento de instalaciones eléctricas a prueba de explosión, sistema de tierras físicas, revisión y mantenimiento de válvulas de seguridad, tuberías, estructuras y sistema contra incendio adecuado a las necesidades de la instalación y suficientes para mantener controlado el riesgo. Los equipos e instrumentos de control contarán con programas periódicos de inspección y mantenimiento (eléctrico, civil, mecánico, instrumentos) que tienen por objeto revisar, controlar y mantener la integridad mecánica para prolongar la vida útil de los equipos. Asimismo, contará con el historial de cada equipo donde registrará las reparaciones, inspecciones realizadas, condiciones iniciales, modificaciones, mejoras y pruebas de integridad mecánica.

También habrá procedimientos para trabajos peligrosos donde dará a conocer las reglas básicas de seguridad e higiene industrial, así como los procedimientos a seguir y el equipo de protección personal requerido en la realización de trabajos peligrosos. Mediante formatos se realizará el control donde analizarán las medidas de seguridad que deberán aplicar. A continuación se mencionan las actividades que se incluirán en el procedimiento:

- Permiso para trabajo de contratistas.
- Permiso para trabajo de altura.
- Permiso para trabajos eléctricos.
- Permiso para espacios confinados.
- Permisos para trabajos con soldadura.

La tecnología y diseño que se utilizará la convertirá en una instalación segura en su operación, como lo demuestra el análisis de riesgo realizado. La identificación del tipo y magnitud de los eventos específicos de riesgo, permiten establecer las medidas preventivas y correctivas para determinar el radio de seguridad y de riesgo para instalaciones, personal laboral, pobladores y al ambiente con el fin de disminuir la probabilidad de afectación.

La evaluación de consecuencias de los cuatro eventos se considera aceptable, pero se deberán cumplir durante la construcción con las bases de diseño e ingeniería, planos según construcción y en la operación de la línea de distribución de gas natural, así como con los programas de mantenimiento, inspección y pruebas.

### **V.1 PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO.**

En el Anexo 8 se presenta el informe técnico.

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

### **VI.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN.**

#### **VI.1.1 Planos de localización.**

En el anexo 4 se presentan los planos del sistema ambiental