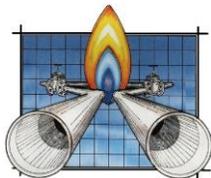


Índice

I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y/O INSTALACIÓN.....	2
I.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.....	2
I.2 BASES DE DISEÑO.	5
I.3 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO.	6
I.3.1 Descripción del Proceso.....	6
I.3.1 Condiciones de operación.....	8
I.4 UBICACIÓN DEL PROYECTO.	9
I.4.1 Localización del Proyecto.....	9

Índice de Tablas

Tabla 1 Características de equipos principales.....	4
Tabla 2 Propiedades Operativas de Diseño.....	4
Tabla 3 Características técnicas de los equipos principales.	4
Tabla 4 Condiciones de operación.	8
Tabla 5 Coordenadas del predio de la Terminal de Descarga.	9



I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y/O INSTALACIÓN.

I.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.

El proyecto consiste en la construcción y operación de una Terminal de Descarga de Gas Natural Comprimido, la cual estará constituida por la siguiente distribución de áreas:

- ✓ Área de Acometida de Gas ó de Estación de Medición (EM).
- ✓ Área de Subestación eléctrica.
- ✓ Almacén de Residuos Peligrosos.
- ✓ Área de Cuarto eléctrico, de Control, de equipos de Servicios Propios, Baños, almacén de refacciones, Cuarto de Operadores, y Oficinas de Facturación.
- ✓ Área de Compresores.
- ✓ Área de Bombas de succión.
- ✓ Área ó isla de Dispensarios de bajo flujo gas natural, (Integrada por cuatro dispensarios).
- ✓ Área de Patio de Maniobras.
- ✓ Tienda de Conveniencia.

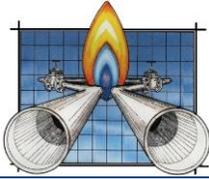
Para el diseño de la Terminal de Descarga de Gas Natural Comprimido, la ingeniería se elaborará en base y cumpliendo por lo requerido por las normas mexicanas aplicables en su última edición.

La terminal de descarga se desarrollará en un área donde se procederá al mejoramiento de la resistencia del suelo, de acuerdo a las recomendaciones de la mecánica del suelo. Se delimitará el perímetro de la construcción y solo se dejará accesos para el personal y maquinaria que ingrese a la obra. Posteriormente se realizarán las excavaciones para cimentación de las diferentes edificaciones, bases de equipos, sistema de tierras, trincheras para las canalizaciones mecánicas y eléctricas, así como instalaciones hidráulicas y sanitarias

A continuación, se describen cada una de las áreas que conformarán la estación de GNC:

- **Área de Plataforma de Descarga de Remolques.** Se conformará con una estructura de terracerías y un acabado de pavimento asfáltico con espesor adecuado según el diseño de la mezcla asfáltica, quedando a un nivel de 20 cm como mínimo por arriba de la vialidad Principal. Los caminos deben tener un ancho mínimo de 6 m y el trazado y radio de las curvas deben permitir la maniobra adecuada de remolques.
- **Área de Equipo de Descompresión.** El equipo descansará sobre una base de concreto reforzado y estará 0.20 m arriba del nivel de piso.

El área cuenta con extintor contra incendios, diversos letreros y señalamientos de seguridad y postes de protección, los cuales estarán diseñados como a continuación se describe:



Deben estar espaciados no más de 1.00 m entre caras interiores, enterrados verticalmente no menos de 0.90 m bajo NPT, con altura mínima de 0.90 m sobre NPT. Deben ser de cualquiera de los siguientes materiales:

Concreto armado: De al menos 0.20 mm de diámetro;

Tubería de acero al carbono: Cédula 80, de al menos 102.00 mm de diámetro nominal

Tubería de acero al carbono: Cédula 40, de al menos 102.00 mm de diámetro nominal, rellena con concreto.

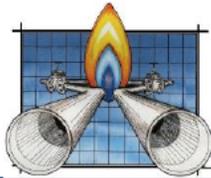
Las protecciones antes señaladas deben marcarse con franjas diagonales alternas amarillas y negras, y estar ubicadas a cuando menos 1.00 m del sistema expuesto a impacto vehicular.

- **Área de Control, Baño, almacén de refacciones y Taller.** En el proyecto “Playa del Carmen” será utilizada una caseta móvil, la cual será instalada sobre una plancha de concreto quedando 15 cm como mínimo por arriba del nivel de piso.
- **Área de Cuarto Eléctrico.** Se construirán a base de muros de block de concreto hueco (15x20x40) con resistencia nominal de 60 kg/cm² con espesor de 15 cm de ancho, confinados con dalas y castillos de concreto y acero de refuerzo según su resistencia y cantidad de refuerzo requerida. La cimentación se empleará del tipo corrida de concreto reforzado.
- **Área de Acometida de Gas o de Estación de Medición (EM).** La Estación de Medición estará descansada sobre una base de concreto reforzado con dimensiones y resistencia apropiada para soportar las cargas a las que refiere, quedando a un nivel de 10 cm por arriba del nivel de piso.
- **Tanques de Patio de Maniobras.** Se conformará con una estructura de terracerías y un acabado de pavimento asfáltico con espesor adecuado según el diseño de la mezcla asfáltica, quedando a un nivel de 20 cm como mínimo por arriba de la vialidad municipal.

Previo a la cimentación de las edificaciones se realizará un estudio de mecánica de suelos como ya se ha mencionado en el cual se determinará el extracto de suelo más apropiado para el desplante y construcción de las diferentes áreas.

El terreno que ocupará la terminal de descarga, se tendrá delimitado por una malla perimetral con una altura mínima de 2.00 m cumpliendo con una norma NOM-010-ASEA, esto con la finalidad de restringir el acceso a personas ajenas a la terminal.

La tubería de gas se llevará por medio de soportes a nivel de piso terminado.



La estación de GNC contará con los siguientes equipos principales:

Tabla 1 Características de equipos principales.

Descripción
Panel de Descarga
PRM Sistema Modular de Reducción de Presión y Alto Flujo (High Flow Pressure Reduction System)
HCM Modulo de Control de Calentamiento

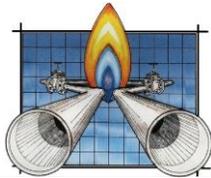
Tabla 2 Propiedades Operativas de Diseño.

Parámetros	Datos de Diseño
Temperatura de Alimentación (°C)	20
Temperatura de Salida (°C)	25
Presión de Entrada (Bar)	250
Presión de Salida (Bar)	4 – 7
Flujo (Sm ³ /h) (Min – Max)	(1800 – 2000)

A continuación, se incluye una descripción a detalle de las condiciones de operación de los equipos principales:

Tabla 3 Características técnicas de los equipos principales.

N°	NOMBRE	PRESIÓN MÁX. DE OPERACIÓN	PRESIÓN DE DISEÑO
1	Panel de Descarga	250 Bar	276 Bar
2	PRM Sistema Modular de Reducción de Presión y Alto Flujo	22 Bar	2000 Sm ³ /h
3	Salida del PRM	4 a 7 Bar	4 a 7 Bar
4	HCM Modulo de Control de Calentamiento	+/- 14 °C	30 °C



I.2 BASES DE DISEÑO.

Considerando que las instalaciones para el transporte de Gas Natural están regidas por normas, códigos y estándares; la fase de diseño contempla aspectos necesarios para dar seguridad física a la operación de la estación la cual manejará altas presiones en la parte de dispensarios y salida de compresores.

Aunado a lo anterior el sistema para transporte de Gas Natural está diseñado y será construido con estricto apego a la **NOM-010-ASEA-2016** “Gas Natural Comprimido (GNC). Requisitos mínimos de seguridad para Terminales de Carga y Terminales de Descarga de Módulos de almacenamiento transportables y Estaciones de Suministro de vehículos automotores”, principal regulación aplicada en el desarrollo de los sistemas estaciones de gas natural comprimido para expendio al público.

Cabe mencionar que, para dar cumplimiento a dicha norma, la estación de servicio de Gas Natural Vehicular deberá ser auditada por una Unidad de Verificación en la materia, misma que evaluará el diseño y las condiciones de operación bajo las cuales estará operando, para dar cumplimiento a las normas establecidas por la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y la ASEA.

Además de lo indicado anteriormente, en el diseño de la construcción de la tubería, fueron considerados factores, tales como expansión y contracción térmica de la tubería, vibración, fatiga y condiciones de cargas especiales, sismos y efectos provocados por los cambios de estación, lluvias, inundaciones y deslaves, principalmente.

Así mismo, los materiales utilizados en este proyecto cumplen con las siguientes especificaciones:

- Tubería de transporte y la utilizada: **API 5L ó ASTM A53**,
- Válvulas de bloqueo y de operación: **API 6D** y partes 192 y 193 del **DOT 49**,
- Bridas y conexiones: **ASME B16.6 y B16.9**,

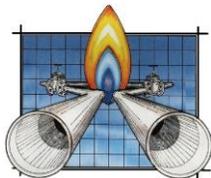
La tubería metálica de las estaciones de regulación deberá cumplir con los requisitos de la **NOM-010-ASEA-2016**, así mismo concuerda con los estándares **ASME-B 31.8 2007** y **DOT 49 CFR** en su parte 192.

Las instalaciones como casetas de regulación y medición de los asociados estarán debidamente resguardadas de agentes externos, mediante bardas perimetrales y/o cercas metálicas con acceso restringido, permitiendo la entrada sólo al personal de la empresa.

La lista de los códigos y normas que se enlistan a continuación son enunciativas y sólo como referencia, en cada uno se aplicó la última edición.

AGA (American Gas Association)

- AGA Report No 3.1 - 2013 - Orifice metering of natural gas and other related hydrocarbon fluids part 1 general equations and uncertainty guidelines - third edition
- AGA Report No 3.2 – 2013 - Orifice metering of natural gas and other related hydrocarbon fluids part 2 Specification and Installation Requirements - Fourth Edition



I.3 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO.

I.3.1 Descripción del Proceso.

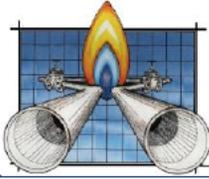
El gas es entregado por medio de transportes viales con Tanques Contenedores de GNC, los cuales fueron llenados con GNC en la Terminal de Carga (fuera del alcance del presente proyecto), la cual puede abastecer a una o varias terminales de descarga, estas pueden estar localizadas en diferentes lugares y distancias. Estos contenedores contienen tanques que pueden ser de diferentes capacidades conectados en paralelo, los cuales cada tanque cuenta con su válvula de aislamiento y válvula de seguridad. Estos tanques están unidos con una tubería común que en una toma de llenado por donde también se hace el vaciado de los mismos. Todos los tanques están confinados dentro de un rack de tal forma que permita su revisión y que evite la fricción o golpeteo entre ellos mismos.

Los tanques son vaciados a través del panel de descarga en la terminal, a través de una tubería el gas es enviado a alta presión de aproximadamente 250 Bar (3,625.94 Psi), a la estación de despresurización. En la PRM a través de válvulas reguladoras se reduce la presión de 4 a 7 Bar (58.01 - 101.53 Psi), permitiendo a la vez que el flujo no sea afectado.

Como la diferencia de presión es muy significativa, el gas puede alcanzar una temperatura de congelamiento en la descarga de la unidad de descompresión, requiriendo un equipo de calentamiento que eleve la temperatura del gas por medio de circulación de agua caliente en la trayectoria de la tubería de descarga a través de un serpentín. El equipo utilizado para este propósito se llama Modulo de Control de Calentamiento (HCM) Que es simplemente un boiler que calienta un circuito de agua y por transferencia de calor, evita el congelamiento de los componentes y tuberías del equipo de despresurización o PRM.

Con la temperatura del gas ya controlada, el gas es enviado al área de proceso para su utilización a través de ductos de polietileno, llegando hasta los usuarios finales, realizando por única vez los ajustes necesarios en reguladores y espreas de los quemadores.

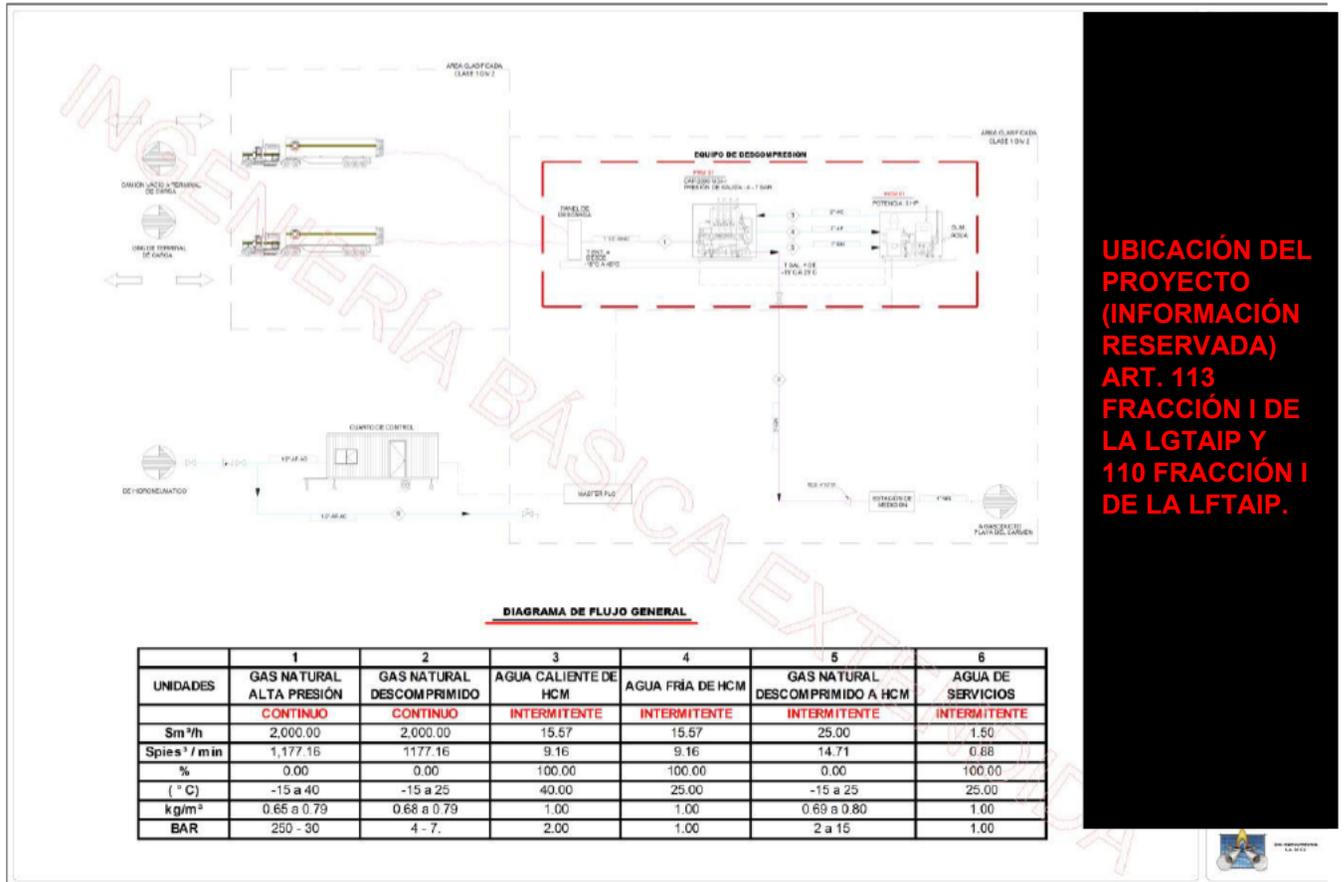
El volumen de gas consumido o suministrado a cada terminal de descarga se deberá medir a través del medidor tipo turbina instalado en la salida de la PRM.



Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH)
“Terminal de Descarga Playa del Carmen”
 Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

I

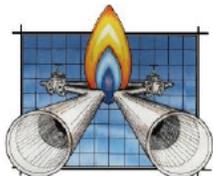
El diagrama de flujo del funcionamiento de la Terminal de Descarga se indica a continuación:



UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 1 Diagrama de Flujo de la estación de GNV.

Ver Anexo 4, Diagrama de Flujo.

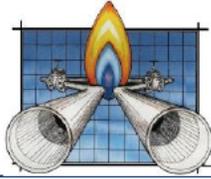


I.3.1 Condiciones de operación.

A continuación, se indican las condiciones de operación de los elementos principales de la estación de GNV:

Tabla 4 Condiciones de operación.

N°	NOMBRE	PRESIÓN MÁX. DE OPERACIÓN	PRESIÓN DE DISEÑO
1	Panel de Descarga	250 Bar	276 Bar
2	PRM Sistema Modular de Reducción de Presión y Alto Flujo	22 Bar	2000 Sm ³ /h
3	Salida del PRM	4 a 7 Bar	4 a 7 Bar
4	HCM Modulo de Control de Calentamiento	+/- 14 °C	30 °C



I.4 UBICACIÓN DEL PROYECTO.

I.4.1 Localización del Proyecto.

UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

municipio de Solidaridad, estado de Quintana Roo. (Ver Figura 2).

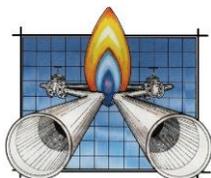
A continuación, se indican las coordenadas que delimitan el predio de la Terminal de Descarga.

Tabla 5 Coordenadas del predio de la Terminal de Descarga.

**COORDENADAS DEL PROYECTO
(INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113
FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110
FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

**UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE
LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

Figura 2 Localización del Proyecto.



Índice

II. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.	3
II.1 COLINDANCIAS DEL PROYECTO.	3
II.1.1 Descripción de las colindancias en un radio de 500 m.....	3
II.1.2 Zonas Vulnerables.	5
II.1.3 Infraestructura Vial.	8
II.2 ASPECTOS BIÓTICOS Y ABIÓTICOS.	10
II.2.1 Clima.....	10
II.2.2 Geomorfología.....	18
II.2.3 Geología.	21
II.2.4 Edafología.	24
II.2.5 Hidrología.	25
II.2.6 Uso de Suelo y Vegetación.....	29
II.2.7 Regiones Prioritarias.	30
II.2.8 Áreas Naturales Protegidas (ANPs).....	33

Índice de Tablas

Tabla 1 Proximidades con zonas vulnerables de población.	3
Tabla 2 Proximidades con componentes ambientales.....	3
Tabla 3 Proximidades con infraestructura.....	3
Tabla 4 Usos de Suelo en un radio de 500 m.	4
Tabla 5 Zonas Vulnerables en el Buffer de la Terminal.....	5
Tabla 6 Infraestructura Vial presente en el Buffer del Proyecto	8
Tabla 7 Normales Climatológicas de la Estación 23163 PLAYA DEL CARMEN.	14
Tabla 8 Huracanes y tormentas tropicales registrados en México del año 2006 al 2020.	15

Índice de Figuras

Figura 1 Colindancias del Proyecto dentro del Buffer de 500 m.....	4
Figura 2 Usos de suelo dentro del Buffer de 500 m.....	5
Figura 3 Zonas Vulnerables dentro del Buffer del proyecto.....	6
Figura 4 Localidades Rurales y Urbanas dentro del Buffer del proyecto.	7
Figura 5 Servicios Educativos dentro del Buffer del proyecto.	8
Figura 6 Tipo de Clima en el AIP	11
Figura 7 Valores de precipitación existentes en el AIP.....	12
Figura 8 Valores de temperatura existentes en el AIP.....	13
Figura 9 Localización del AIP en la Provincia Fisiográfica.....	18
Figura 10 Localización del AiP en la Subprovincia Fisiográfica.....	19
Figura 11 Sistemas de Topoformas en el AIP.....	20
Figura 12 Geología presente en el AIP.	21

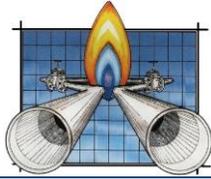
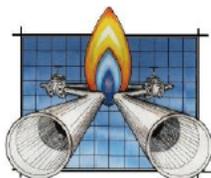


Figura 13 Ubicación del proyecto conforme a las Regiones sísmicas del País.	22
Figura 14 Ubicación del proyecto conforme a los principales Volcanes de México.	23
Figura 15 Edafología presente en el AIP.	24
Figura 16 Incidencia del AIP dentro de la Región Hidrológica.....	25
Figura 17 Incidencia del AIP dentro de la Cuenca Hidrológica.....	27
Figura 18 Incidencia del AIP dentro de la Subcuenca Hidrológica.	28
Figura 19 Uso de Suelo y Vegetación Serie VI del INEGI.	29
Figura 20 Incidencia del AIP en la RTP.....	30
Figura 21 Incidencia del AIP en la RHP.	31
Figura 22 Incidencia del AIP en las AICA´s.	32
Figura 23 Áreas Naturales Protegidas (ANPs).....	33



II. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.

II.1 COLINDANCIAS DEL PROYECTO.

II.1.1 Descripción de las colindancias en un radio de 500 m.

A continuación, se indican las principales colindancias al presente proyecto:

Tabla 1 Proximidades con zonas vulnerables de población.

Tipo de zona vulnerable de población	Nombre de la Zona	Ubicación (N/S/E/O/NE /SE/NO/SO)	Distancia ¹ (m)
Localidad	Zonas habitacionales pertenecientes a la colonia Real del Sol Residencial	NO	3000
Localidad	Zonas habitacionales pertenecientes a la colonia La Toscana	Oeste	318

Tabla 2 Proximidades con componentes ambientales.

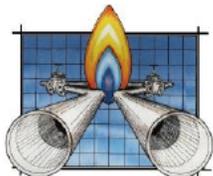
Tipo de componente ambiental	Nombre	Descripción breve	Ubicación (N/S/E/O/NE /SE/NO/SO)	Distancia (m)
Vegetación	Vegetación Natural	Vegetación Natural a los costados S/SO/SE del predio de la TAS	S/SO/SE	Colindante

Tabla 3 Proximidades con infraestructura.

Tipo de infraestructura	Nombre/descripción	Ubicación (N/S/E/O/NE /SE/NO/SO)	Distancia a la instalación (m) ²
Hospital	Hospital Privado	NE	335
Industria	Corralón municipal Playa del Carmen	N/NE	Colindante
Vialidad	Av. Jacinto Pat 3 vía de acceso al predio del proyecto.	N/NO	Colindante
Vialidad	Av. Jacinto Pat vía de acceso al predio del proyecto.	O	105

¹ Considerada desde el centroide del predio de la Terminal de Descarga Playa del Carmen.

² Tomando como referencia el punto más cercano a las instalaciones de la Terminal de Descarga.



Tipo de infraestructura	Nombre/descripción	Ubicación (N/S/E/O/NE/SE/NO/SO)	Distancia a la instalación (m) ²
Industria	Almacenes Centro de Distribución	SO	210
Industria	Tienda de Productos para el Hogar	E	248
Industria	Almacenes de Productos Congelados	NE	262

UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Figura 1 Colindancias del Proyecto dentro del Buffer de 500 m.

Tabla 4 Usos de Suelo en un radio de 500 m.

Localización	Tipo de Suelo	Descripción
N/S/E/O/ NE/NO/SE/SO	Urbano Construido	Cabecera municipal de Solidaridad, Quintana Roo

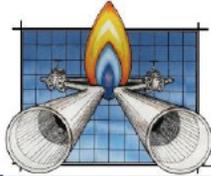


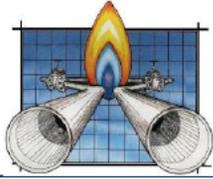
Figura 2 Usos de suelo dentro del Buffer de 500 m.

II.1.2 Zonas Vulnerables.

En el Área de Influencia del proyecto “Terminal de Descarga Playa del Carmen”, se encuentran vulnerables las zonas que se enlistan a continuación:

Tabla 5 Zonas Vulnerables en el Buffer de la Terminal.

No.	TIPO DE ZONA	NOMBRE
1	Guarderías del sector privado	GUARDERIA Y PRESCOLAR ABY PLANET
2	Otros centros del sector privado para la atención de pacientes que no requieren hospitalización	CERTEZA NEFROLOGIA SUCURSAL PLAYA

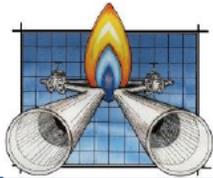


Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH)
“Terminal de Descarga Playa del Carmen”
Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

II



Figura 3 Zonas Vulnerables dentro del Buffer del proyecto.

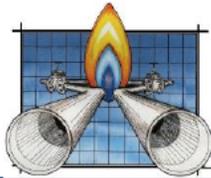


Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH)
“Terminal de Descarga Playa del Carmen”
Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

II



Figura 4 Localidades Rurales y Urbanas dentro del Buffer del proyecto.



Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH)
“Terminal de Descarga Playa del Carmen”
 Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

II



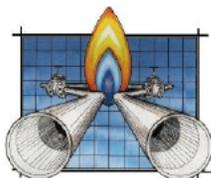
Figura 5 Servicios Educativos dentro del Buffer del proyecto.

II.1.3 Infraestructura Vial.

En el área de Influencia del buffer del Proyecto “Terminal de Descarga Playa del Carmen”, se encuentra presente las vialidades de carácter Federal y Municipal, de las cuales se presenta un listado el cual puede ser revisado en el **ANEXO 13**, para mayor detalle revisar los planos que se encuentran en el **ANEXO 14. PLANOS TEMATICOS.**

Tabla 6 Infraestructura Vial presente en el Buffer del Proyecto

No.	TIPO DE VIALIDAD	NOMBRE DE VIALIDAD	CONDICION DE LA VIALIDA	CONDICION	ADMINISTRACION	CIRCULACION
1	Carretera	Reforma Agraria - Puerto Juárez	Con pavimento	En operación	Federal	Un sentido
2	Carretera	Reforma Agraria - Puerto Juárez	Con pavimento	En operación	Federal	Un sentido
3	Carretera	Reforma Agraria - Puerto Juárez	Con pavimento	En operación	Federal	Un sentido
4	Carretera	Reforma Agraria - Puerto Juárez	Con pavimento	En operación	Federal	Un sentido
5	Carretera	Reforma Agraria - Puerto Juárez	Con pavimento	En operación	Federal	Un sentido



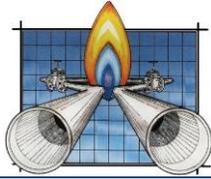
Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH)

"Terminal de Descarga Playa del Carmen"

Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

II

No.	TIPO DE VIALIDAD	NOMBRE DE VIALIDAD	CONDICION DE LA VIALIDA	CONDICION	ADMINISTRACION	CIRCULACION
6	Carretera	Reforma Agraria - Puerto Juárez	Con pavimento	En operación	Federal	Un sentido
7	Carretera	Reforma Agraria - Puerto Juárez	Con pavimento	En operación	Federal	Un sentido
8	Carretera	Reforma Agraria - Puerto Juárez	Con pavimento	En operación	Federal	Un sentido
9	Carretera	Reforma Agraria - Puerto Juárez	Con pavimento	En operación	Federal	Un sentido
10	Retorno	N/A	N/A	En operación	N/A	Un sentido
11	Carretera	Reforma Agraria - Puerto Juárez	Con pavimento	En operación	Federal	Un sentido
12	Carretera	Reforma Agraria - Puerto Juárez	Con pavimento	En operación	Federal	Un sentido
13	Retorno	N/A	N/A	En operación	N/A	Dos sentidos
14	Avenida	Chemuyil	N/A	En operación	N/A	Dos sentidos
15	Avenida	Chemuyil	N/A	En operación	N/A	Dos sentidos
16	Avenida	Chemuyil	N/A	En operación	N/A	Un sentido
17	Avenida	Chemuyil	N/A	En operación	N/A	Un sentido
18	Carretera	Reforma Agraria - Puerto Juárez	Con pavimento	En operación	Federal	Un sentido
19	Carretera	Reforma Agraria - Puerto Juárez	Con pavimento	En operación	Federal	Un sentido
20	Avenida	N/D	N/A	En operación	N/A	Un sentido
21	Avenida	N/D	N/A	En operación	N/A	Un sentido
22	Carretera	Reforma Agraria - Puerto Juárez	Con pavimento	En operación	Federal	Un sentido



II.2 ASPECTOS BIÓTICOS Y ABIÓTICOS.

La descripción de los aspectos abióticos del proyecto se realizó considerando el área Buffer de 500 m a partir de los límites del predio, considerada también como Área de Influencia del Proyecto (AIP) para efectos del presente Análisis de Riesgos.

Para mayor detalle, **Ver Anexo 16.** Planos Temáticos.

II.2.1 Clima.

El tipo de clima existente en el área de Influencia del proyecto, según la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García (1981) es el Aw1(x'), que corresponde a un tipo de clima, Cálido Subhúmedo y al Aw2(x'), que corresponde a un tipo de clima, Cálido Subhúmedo.

Aw1(x')

- Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C.
- Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.

Aw2(x')

- Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.
- Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual

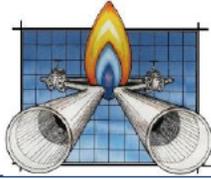


Figura 6 Tipo de Clima en el AIP.

A) Precipitación

De acuerdo con lo establecido por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), que establece la delimitación de los valores de precipitación a nivel nacional conforme a lo establecido por E. García, la totalidad del territorio que conforma el AIP presenta valores de precipitación entre 1 200 y 1 500 mm anuales.

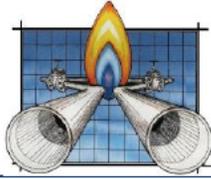
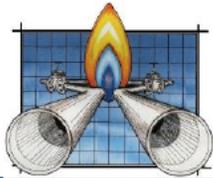


Figura 7 Valores de precipitación existentes en el AIP.

B) Temperatura

De acuerdo con lo establecido por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), que establece la delimitación de las Isotermas a nivel nacional conforme a lo establecido por E. García, la totalidad del AIP se presentan temperaturas entre los 24°C y 26°C.



UBICACIÓN DEL PROYECTO (INFORMACIÓN RESERVADA) ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



PROYECCION 1 : 2.050.000
Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Simbología

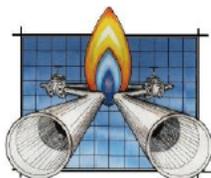
-  Predio
-  Buffer de 500 m
- Temperatura Promedio**
-  DE 24 A 26

Terminal de Descarga Playa del Carmen



GNC Hidrocarburos
S.A. de C.V.

Figura 8 Valores de temperatura existentes en el AIP.



C) Normales Climatológicas

En la siguiente tabla se presentan las normales climatológicas de la Estación 23163 PLAYA DEL CARMEN que es la más cercana al proyecto actualmente.

Tabla 7 Normales Climatológicas de la Estación 23163 PLAYA DEL CARMEN.

ESTADO DE: QUINTANA ROO						PERIODO: 1981-2010							
ESTACIÓN: 23163 PLAYA DEL CARMEN				LATITUD: 20°38'04" N		LONGITUD: 087°04'40" W			ALTURA: 9 MSNM				
ELEMENTOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
TEMPERATURA MÁXIMA													
Normal	27.8	28.5	29.6	30.8	31.7	32.0	32.5	32.9	32.6	30.8	29.3	28.6	30.6
Máxima mensual	29.2	29.3	30.9	32.8	32.9	33.0	33.5	22.9	33.2	31.8	31.8	31.1	
Año de máxima	1999	2001	1998	1998	1999	1998	2000	2004	1998	2004	2001	2001	
Máxima diaria	37.5	33.0	34.0	39.0	40.0	39.0	39.0	39.5	39.0	34.0	35.0	39.0	
TEMPERATURA MEDIA													
Normal	22.8	23.4	24.3	26.1	27.3	27.9	28.0	28.0	27.9	26.3	24.4	23.4	25.8
TEMPERATURA MÍNIMA													
Normal	17.9	18.3	19.0	21.3	22.9	23.7	23.5	23.2	23.1	21.7	19.4	18.2	21.0
Mínima mensual	13.8	15.9	15.1	18.5	19.2	20.2	19.9	20.7	20.5	18.4	16.4	15.5	
Año de mínima	2001	2000	1998	2000	2001	2001	2000	1998	2000	2000	1999	2000	
Mínima diaria	8.0	7.0	5.0	10.0	15.0	14.0	13.0	15.0	14.0	13.5	11.0	9.0	
PRECIPITACIÓN													
Normal	61.2	50.5	28.1	51.2	78.1	153.0	126.3	126.3	168.8	284.3	130.3	73.1	1331.2
Máxima mensual	174.9	162.7	71.0	286.0	218.0	556.0	335.0	388.8	391.6	538.0	275.1	230.0	
Año de máxima	1998	2007	2006	2010	1998	2004	2010	2006	2000	2005	2009	2001	
Máxima diaria	48.0	60.0	58.0	81.6	64.0	283.0	117.0	160.8	177.0	240.0	75.3	88.0	

Fuente: Comisión Nacional del Agua (CNA)

De acuerdo a las tablas anteriores los valores de precipitación y temperatura promedios en el AIP del proyecto son 1 331.2 mm anuales y 25.8°C, así mismo de acuerdo a los datos consultados en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) la velocidad del viento promedio es de 3 m/s y el promedio histórico de humedad relativa es de 90%.

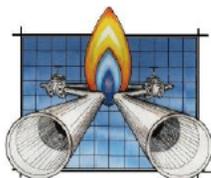
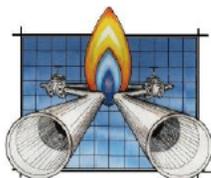


Tabla 8 Huracanes y tormentas tropicales registrados en México del año 2006 al 2020.

Año	Océano	Nombre	Categoría	Estados Afectados
2020	Pacífico	Hernán	DT	Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero.
	Atlántico	Cristóbal	TT	Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, Oaxaca, Chiapas.
		Hanna	TT	Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila
		Nana	TT	Chiapas, Campeche, Tabasco, Oaxaca.
		Gamma	TT	Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Chiapas
		Delta	H2	Quintana Roo, Yucatán, Campeche
		Zeta	H1	Quintana Roo, Yucatán, Campeche
2019	Atlántico Pacífico	De acuerdo con los datos del Servicio Meteorológico Nacional, ningún Huracán o Tormenta Tropical tocó tierra.		
2018	Atlántico	<i>Ninguno tocó tierra</i>		
	Pacífico	Vicente	TT	Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Colima.
		Sergio	H4	Baja California Sur, Baja California, Sonora y Sinaloa.
		Carlotta	TT	Oaxaca, Michoacán y Guerrero.
		Bud	H1	Baja California Sur, Sonora y Sinaloa.
2017	Atlántico	Franklin	H1	Quintana Roo, Yucatán y Veracruz.
		Katia	H2	Veracruz y Puebla.
	Pacífico	Beatriz	TT	Oaxaca.
		Calvin	TT	Oaxaca y Chiapas.
		Lidia	TT	Baja California Sur y Baja California.
2016	Pacífico	Depresión Tropical No. 1	DT	Oaxaca y Chiapas.
		Javier	TT	Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco y Baja California Sur.
		Newton	H1	Baja California Sur y Sonora.
	Atlántico	Colin	TT	Yucatán y Quintana Roo.
		Danielle	TT	Hidalgo, Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo.
		Earl	H1	Puebla, Veracruz, Tabasco y Campeche.
2015	Pacífico	Blanca	H4	Baja California y Baja California Sur.
		Carlos	H1	Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit.
		D.T. No. 16	DT	Baja California, Baja California Sur y Sonora.
		Patricia	H5	Colima, Jalisco, Nayarit y Zacatecas.
2014	Pacífico	Simón	H4	Michoacán, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Baja California Sur, Colima y Jalisco.
		Trudy	TT	Guerrero, Chiapas y Oaxaca.
		Vance	DT	Sinaloa, Durango, Jalisco, Colima, Nayarit
	Atlántico	Dolly	TT	San Luis Potosí, Tamaulipas, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz.
		Depresión Tropical 9	DT	Campeche.
2013	Pacífico	Bárbara	H1	Chiapas y Oaxaca.
		Erick	H1	Oaxaca y Baja California Sur.
		Ivo	TT	Baja California Sur



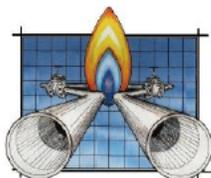
Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH)

"Terminal de Descarga Playa del Carmen"

Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

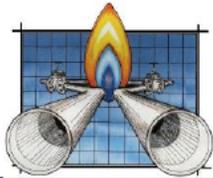
II

Año	Océano	Nombre	Categoría	Estados Afectados
		Juliette	TT	Sinaloa y Baja California Sur.
		Lorena	TT	Michoacán, Jalisco, Colima, Nayarit y Sinaloa.
		Manuel	H1	Guerrero, Michoacán, Colima y Jalisco.
		Sonia	TT	Sinaloa.
	Atlántico	Barry	TT	Campeche y Veracruz.
		Fernand	TT	Campeche y Veracruz.
		D.T. 8	DT	Tamaulipas.
		Ingrid	H1	Tabasco, Veracruz y Tamaulipas.
		Karen	TT	Yucatán y Quintana Roo.
2012	Pacífico	Bud	H3	Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit.
		Carlotta	H2	Colima, Chiapas, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tabasco, Tlaxcala y Sur de Veracruz.
		Norman	TT	Sinaloa, Durango, Nayarit, Jalisco y Baja California Sur.
	Paul	H3	Baja California Sur, Sinaloa, Sonora, Durango, Nayarit y Jalisco.	
	Atlántico	Ernesto	H1	Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Chiapas, Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, Puebla, Tlaxcala, México, Distrito Federal, Morelos, Michoacán, Guerrero y Oaxaca.
		Helene	TT	Tabasco, Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla y Oaxaca.
2011	Pacífico	DT 12E	DT	Oaxaca y Chiapas.
		Jova	H2	Jalisco, Colima, Michoacán y Nayarit.
		DT 8E	DT	Michoacán, Colima y Jalisco.
		Beatriz	H1	Guerrero, Colima, Michoacán y Jalisco.
	Atlántico	Rina	TT	Quintana Roo.
		Nate	TT	Tabasco y Veracruz.
		Harvey	DT	Chiapas, Tabasco, Veracruz y Oaxaca.
		Arlene	TT	Veracruz, San Luis Potosí, Tamaulipas e Hidalgo.
2010	Atlántico	Richard	DT	Chiapas, Campeche, Quintana Roo y Tabasco.
		Matthew	DT	Campeche y Veracruz.
		Karl	TT (H3)	Quintana Roo, Veracruz y Campeche.
		Hermine	TT	Tamaulipas.
		DT 2	DT	Tamaulipas.
		Alex	TT (H2)	Quintana Roo, Campeche, Tamaulipas y Nuevo León.
2009	Pacífico	Georgette	TT	BCS y Sonora.
		DT 11E	DT	Oaxaca y Veracruz.
		Ágatha	TT	Chiapas.
		Andrés	H1	Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit.
		Jimena	H4	Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Colima y Guerrero.
		Rick	H5	Guerrero, Oaxaca, Michoacán y Jalisco.
	Atlántico	Ida	H2	Yucatán y Quintana Roo.
2008	Pacífico	Odile	TT	Guerrero, Michoacán y Colima.
		Norbert	H2	BCS, Sonora y Chihuahua.
	Atlántico	Marco	TT	Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla.
	Pacífico	Lowell	DT	BCS, Sinaloa y Sonora.
	Atlántico	Dolly	TT	Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila y



Año	Océano	Nombre	Categoría	Estados Afectados
				Chihuahua.
	Pacífico	DT 5E	DT	Michoacán.
	Atlántico	Arthur	TT	Quintana Roo, Campeche y Tabasco.
2007	Atlántico	Lorenzo	H1	Veracruz, Puebla e Hidalgo.
	Pacífico	Henriette	H1	BCS y Sonora.
	Atlántico	Dean	H5	Quintana Roo, Campeche, Veracruz, Puebla, Hidalgo y Querétaro.
	Pacífico	Bárbara	TT	Chiapas.
2006	Pacífico	Norman	DT	Colima, Michoacán y Jalisco.
		Lane	H3	Sinaloa y Colima.
		John	H2	BCS.

De acuerdo a la **Tabla 8**, se puede considerar que el estado de Quintana Roo es susceptible a fenómenos climatológicos tales como, huracanes y tormentas tropicales, ya que en los últimos 10 años, se han presentado fenómenos climáticos que han impactado la superficie estatal directamente, mismos que entran por el Océano Atlántico y el Golfo de México emigran hasta el estado de Quintana Roo, sin embargo, de acuerdo a las fuentes bibliográficas disponibles, se constató que en el municipio donde tendrá incidencia el proyecto se han generado afectaciones significativas, sin embargo, el diseño de la Terminal de Descarga se realizó con base a las normas nacionales y estándares internacionales, para evitar la afectación por fenómenos hidrometeorológicos, además de contar con sistemas de atención de emergencias.



II.2.2 Geomorfología.

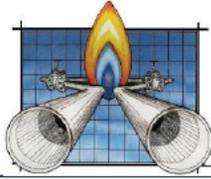
El predio donde se localiza el Proyecto, se ubica en la Provincia Península de Yucatán, específicamente dentro de la Subprovincia Carso Yucateco y en un área compuesta en su totalidad por Llanura Rocosa de Piso Rocoso.



Figura 9 Localización del AIP en la Provincia Fisiográfica.

- ❖ **Provincia Fisiográfica Península de Yucatán:** Es una provincia que se encuentra ubicada en el sureste de México. Delimitación: Se encuentra limitado al norte y al Este por el golfo de México, al sur por Belice y al Oeste por el Golfo de México y la provincia de la Llanura costera del golfo sur. Políticamente abarca la totalidad del estado de Yucatán y Quintana Roo y la mayor parte de Campeche.

El terreno de la provincia Península de Yucatán es predominantemente plano. Su altitud promedio es menor a 50 m sobre el nivel del mar y sólo en el centro-sur pueden encontrarse elevaciones hasta de 350 metros. En términos estrictamente fisiográficos, es una gran plataforma de rocas calcáreas (que contiene cal) que ha venido emergiendo de los fondos marinos desde hace millones de años; la parte norte de la península se considera resultado de un periodo más reciente. Existe una pequeña cadena de lomeríos bajos que se extiende desde Maxcanú hasta Peto (Yucatán), y que se conoce regionalmente como Sierrita de Ticul.



En la Península se ha formado una extensa red cavernosa subterránea, por la que escurre el agua hacia el norte; es de destacar también la profusión de cenotes (dolinas) y úvalas que muestran la red de drenaje subterráneo. En la parte sur de Campeche existen algunos ríos como El Palizada, El Candelaria y El Champotón, y en los límites entre Quintana Roo y Belice, el río Hondo.

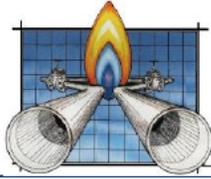
En el estado de Quintana Roo, existen dos extensas lagunas, la de Bacalar, cerca de los límites con Belice y la de Chichancanab en Yucatán. Un rasgo topográfico característico de la Península son las "aguadas", lagunas de aguas someras ordinariamente de pequeño tamaño que se forman a partir de cenotes antiguos que, por erosión, pierden la verticalidad de sus paredes y su fondo se va rellenando por el depósito de arcillas poco permeables, que lo elevan y terminan por colocarlo por encima del nivel de circulación de las aguas subterráneas.

En otros casos, el hundimiento de la bóveda de las cavernas no llega al nivel de circulación de las aguas subterráneas formándose un tipo de dolina (cenote), cuyo fondo se va rellenando de suelo rojizo; estos hundimientos en forma de embudo y sin agua en el fondo reciben el nombre de "joyas" (hoyas).

Fuente: Geografía de México. INEGI.



Figura 10 Localización del AIP en la Subprovincia Fisiográfica.



- ❖ **Subprovincia Fisiográfica Carso Yucateco:** Esta formada en una losa calcárea cuya topografía se caracteriza por la presencia de carsticidad, ligera pendiente descendente hacia el Oriente y hacia el Norte hasta el nivel del mar; con un relieve ondulado en el que se alternan crestas y depresiones; con elevaciones máximas de 22 m en su parte Suroeste. Dada la solubilidad de las rocas, son frecuentes las dolinas y depresiones en donde se acumulan arcillas de descalcificación. En términos generales muestra una superficie rocosa con ligeras ondulaciones y carece en casi toda su extensión de un sistema de drenaje superficial.

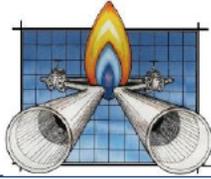
Fuente: Geografía de México. INEGI.



Figura 11 Sistemas de Topoformas en el AIP.

- ❖ **Llanura Rocosa de Piso Rocososo:** Se considera que está formada por rocas sedimentarias cretácicas, que descansan en formaciones terciarias y que no han recibido movimientos orogénicos notables, sus características son diferentes a las del resto del país, tanto en lo que hace a la uniformidad de su superficie como a las persistentes formaciones cársicas (calizas) que le cubren y a la total ausencia de corrientes de aguas superficiales.

Fuente: CONABIO



II.2.3 Geología.

En el AIP existe dos tipos de suelo denominados Sedimentaria, Caliza, que es donde se localiza la totalidad de la infraestructura de la Terminal de Descarga Playa del Carmen.



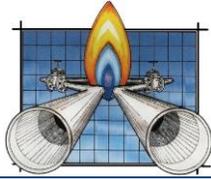
Figura 12 Geología presente en el AIP.

Presencia de fallas y fracturamientos.

De acuerdo con las Cartas Estatales Geológicas, Escala 1:1 000 000 y a la **Figura 12**, dentro de la superficie del AIP y sus áreas adyacentes no se observan fallas y/o fracturas geológicas que pongan en riesgo la integridad física de la infraestructura que conformará la Terminal de Descarga.

Susceptibilidad de la Zona.

El AIP se encuentra enclavado en la zona “A” catalogado como de Riesgo Bajo, s una zona donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.



Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH) "Terminal de Descarga Playa del Carmen" Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

II

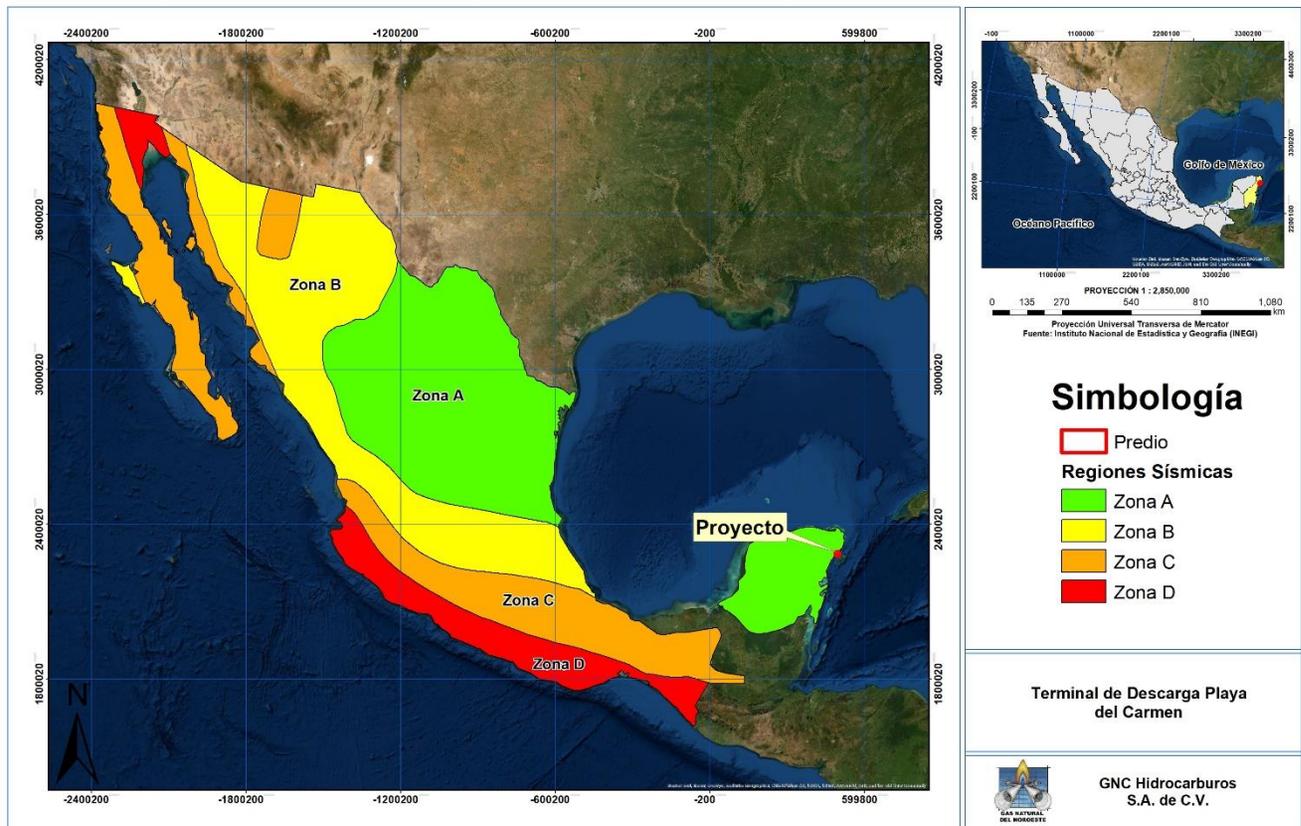
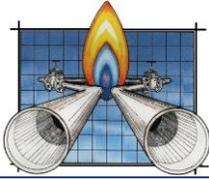


Figura 13 Ubicación del proyecto conforme a las Regiones sísmicas del País.

En cuanto a la susceptibilidad a la actividad volcánica, dentro del AIP o sus alrededores no se localizan volcanes que puedan afectar la integridad mecánica de la Terminal de Descarga, por lo que la zona no es susceptible a este tipo de fenómenos.



Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH)
“Terminal de Descarga Playa del Carmen”
Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

II

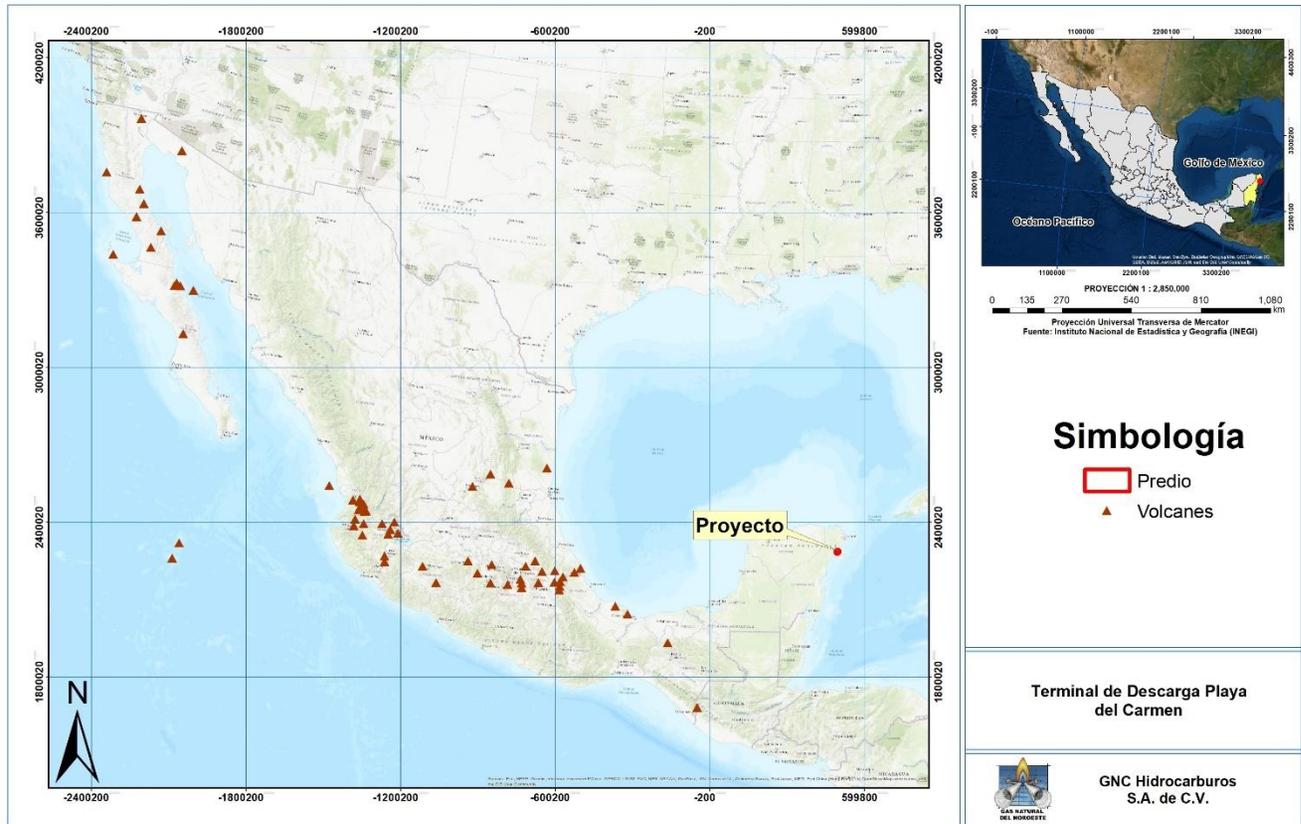
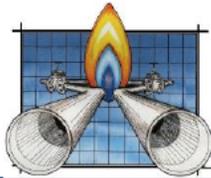


Figura 14 Ubicación del proyecto conforme a los principales Volcanes de México.



II.2.4 Edafología.

Los tipos de suelo existentes en la zona del proyecto y su área de influencia son: Leptosol y Rendzina tal y como se aprecia en la siguiente figura:



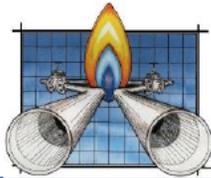
Figura 15 Edafología presente en el AIP.

LP, Leptosol: El término leptosol deriva del vocablo griego "leptos" que significa delgado, haciendo alusión a su espesor reducido.

El material original puede ser cualquiera tanto rocas como materiales no consolidados con menos del 10 % de tierra fina.

Aparecen fundamentalmente en zonas altas o medias con una topografía escarpada y elevadas pendientes. Se encuentran en todas las zonas climáticas y, particularmente, en áreas fuertemente erosionadas.

El desarrollo del perfil es de tipo AR o AC, muy rara vez aparece un incipiente horizonte B. En materiales fuertemente calcáreos y muy alterados puede presentar un horizonte Móllico con signos de gran actividad biológica.



Son suelos poco o nada atractivos para cultivos; presentan una potencialidad muy limitada para cultivos arbóreos o para pastos. Lo mejor es mantenerlos bajo bosque.

E, Rendzina: Son suelos oscuros, poco profundos (10 cm a 50 cm) que sobreyacen directamente al material carbonatado, por ejemplo, calizas. Se les localiza en cualquier tipo climático, excepto en zonas frías, generalmente en relieves montañosos como en la Sierra Madre Oriental, asociados a litorales. En la Península de Yucatán son los suelos predominantes en terrenos planos.

La vegetación que sustentan varía desde bosques de pino–encino, encinares, bosques mesófilos de montaña hasta selvas bajas y medianas.

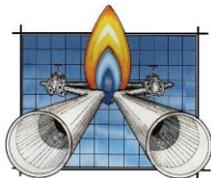
Fuente: INEGI.

II.2.5 Hidrología.

El proyecto y su área de influencia inciden en la Región Hidrológica (RH32) Yucatán Norte, dentro de la Cuenca denominada Quintana Roo, específicamente dentro de la Subcuenca Quintana Roo, tal y como se muestra en la siguiente figura:



Figura 16 Incidencia del AIP dentro de la Región Hidrológica.

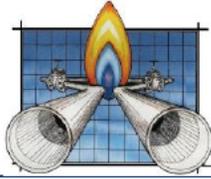


RH32. Yucatán Norte. La región hidrológica Yucatán Norte (32) perteneciente al Organismo de Cuenca Península de Yucatán se encuentra ubicada en los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo ubicada en las coordenadas extremas: -117.124963 (oeste), 32.718651 (norte), -86.740401 (este) y 14.533123 (sur). Limita con las regiones hidrológicas Yucatán Oeste y Yucatán Este en su parte suroeste y en su parte sureste respectivamente.

La región hidrológica Yucatán Norte no cuenta con corrientes superficiales importantes, ya que se encuentra constituida por un terreno kárstico que permite que la mayor parte de la lluvia se infiltre al subsuelo por la permeabilidad que caracteriza al terreno. Sin embargo, existen cuerpos de agua considerados un tipo de lago conocidos como cenotes y aguadas de gran importancia para la zona (Schmitter Soto et al., 2001).

El clima tiene tres estaciones características: (1) estación cálida-húmeda (marzo-mayo), (2) tormentas invernales con lluvias ocasionales (noviembre-febrero) y (3) lluvias (junio-octubre). Los vientos que se presentan en la región son altamente estacionales, los más fuertes se presentan de noviembre a febrero donde las condiciones se reducen del mes de enero a octubre. La temperatura media anual del aire es de 26.1 °C con una mínima de 5 °C y una máxima de 42.5 °C (Schmitter Soto et al., 2002).

La Península de Yucatán es una plataforma calcárea que se originó en el Cenozoico con un promedio de altitud de diez m con sólo una pequeña sierra importante en el centro de la Península, donde se alcanza una altitud máxima de 150 m. Sólo existen 12 lagos de un volumen mayor a medio millón de metros cúbicos ubicados en la zona sur (Schmitter Soto et al., 2002). Debido a su configuración geológica, al infiltrarse el agua de lluvia forma cauces subterráneos y como la pendiente es muy suave, no hay afloramientos y sus movimientos son lentos. El agua subterránea forma todo un sistema de estructuras, tipificadas por los cenotes, dolinas, aguadas y lagunas pequeñas. Los cenotes se forman por la acción disolvente del agua en la superficie calcárea, las dolinas como producto de la disolución subterránea de las calizas cuyos techos llegan a colapsarse y la aguada por la acumulación de agua de lluvia en depresiones impermeables (Lazcano-Barrera et al., 1995).



Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH)
“Terminal de Descarga Playa del Carmen”
Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

II



Figura 17 Incidencia del AIP dentro de la Cuenca Hidrológica.

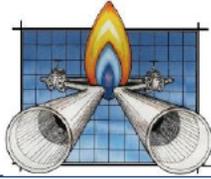
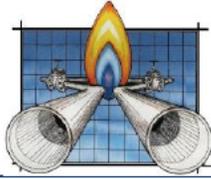


Figura 18 Incidencia del AIP dentro de la Subcuenca Hidrológica.

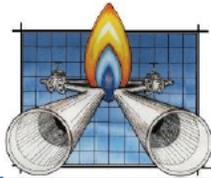


II.2.6 Uso de Suelo y Vegetación.

De acuerdo a la Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VI del INEGI, el AIP de la Terminal de Descarga incide en usos de suelo del tipo Urbano Construido.



Figura 19 Uso de Suelo y Vegetación Serie VI del INEGI.



II.2.7 Regiones Prioritarias.

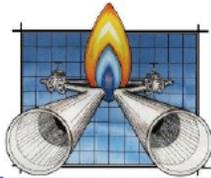
A) Regiones Terrestres Prioritarias (RTPs)

El proyecto Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), tiene como objetivo principal, la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación. El proyecto de RTP fue creado debido a la acelerada pérdida y modificación de los sistemas naturales que ha presentado México durante las últimas décadas, por lo que se requiere con urgencia, que se fortalezcan los esfuerzos de conservación de regiones con alta biodiversidad. (CONABIO)

El AIP del presente proyecto no incide con ninguna RTP.



Figura 20 Incidencia del AIP en la RTP.



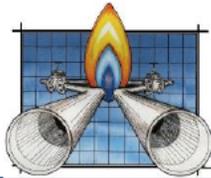
B) Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs)

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), en el mes de Mayo de 1998, inició el *Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)*, con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, para establecer un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación uso y manejo sostenible. Este programa forma parte de una serie de estrategias instrumentadas por la CONABIO para la promoción a nivel nacional del conocimiento y conservación de la biodiversidad en México.

De acuerdo con la **Figura 18**, el AIP se encuentra inmersa dentro de la RHP 105 Corredor Cancún Tulum, por lo que las actividades del proyecto estarán reguladas por criterios de conservación de dicha región.



Figura 21 Incidencia del AIP en la RHP.

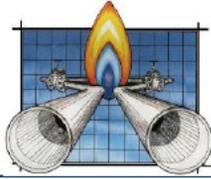


C) Áreas Importantes para la Conservación de Aves (AICAS).

El AIP del proyecto no incide con ninguna AICA.



Figura 22 Incidencia del AIP en las AICA's.

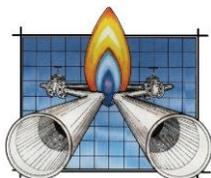


II.2.8 Áreas Naturales Protegidas (ANPs).

De acuerdo con la consulta de información en las fuentes electrónicas disponibles, el AIP del proyecto no incide con ningún tipo de ANP del tipo municipal, estatal o federal.



Figura 23 Áreas Naturales Protegidas (ANPs).

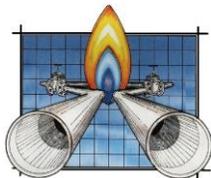


Índice

III. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGOS.	2
III.1 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES.	2
III.2 ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS (APR).....	5
III.2.1 Análisis HAZID.	6
III.3 ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGO.	13
III.3.1 Metodologías de identificación y jerarquización.	14
III.3.2 Análisis HAZOP.....	16
III.3.3 Jerarquización de Riesgos.....	22
III.3.4 Escenarios de Riesgo identificados.	25

Índice de Tablas

Tabla 1 Explosiones en cilindros de Gas Natural Comprimido.	3
Tabla 2 Consecuencias (en forma descriptiva).	8
Tabla 3 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.....	9
Tabla 4 Matriz de riesgos.	9
Tabla 5 Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs) utilizados.....	16
Tabla 6 Nodos analizados en el HAZOP.....	18
Tabla 7 Consecuencias (en forma descriptiva).	19
Tabla 8 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.....	20
Tabla 9 Matriz de riesgos.	20
Tabla 10 Definiciones de las diferentes regiones de riesgo.....	21
Tabla 11 Tabla de Consecuencias.	22
Tabla 12 Tabla de Frecuencias.	22
Tabla 13 Matriz de Jerarquización de Riesgos al Medio Ambiente (MA).	23
Tabla 14 Matriz de Jerarquización de Riesgos a las Instalaciones/Producción (Pr).....	23
Tabla 15 Matriz de Jerarquización de Riesgos al Personal (Pe).	23
Tabla 16 Matriz de Jerarquización de Riesgos a la Población (Po).	24
Tabla 17 Escenarios de Riesgo Identificados en el HAZOP por receptor de riesgo.	25



III. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGOS.

III.1 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES.

Como datos históricos de incidentes y accidentes ocurridos en la operación de instalaciones de Gas Natural Comprimido, se presenta a continuación la descripción de casos ocurridos en México y otras partes del mundo, relacionados con explosiones en el manejo de GNC.

Explosión en Estación para Compresión de Gas Natural (EGNC) propiedad de Alternative Fuels S.A. Ciudad de Córdoba, Argentina.

La deflagración, que sacudió a prácticamente todo el vecindario, se produjo a las 2:41 del 16 de Julio del 2003, en el local Alianza Gas,B propiedad de la firma Alternative Fuels S.A.

Producida la explosión, arribaron al lugar un grupo de la Dirección Bomberos, técnicos de Ecogas, de Enargas, de ABI Ingeniería (firma responsable del mantenimiento) y personal de la Dirección de Inspección de Industria, Comercio y Control Alimentario de la Municipalidad de Córdoba. Estos últimos procedieron a clausurar, preventivamente, la estación dedicada exclusivamente al expendio de gas natural comprimido, para uso automotor.

En la ocasión, la firma mostró todas las habilitaciones en regla.

Ocurrida la explosión, "aproximadamente a las 4:30 se procedió al cierre de la válvula (C) del puente de medición para interrumpir el suministro de gas natural en el equipo compresor", según informó por escrito la Distribuidora Gas del Centro.

El documento indicó que "las causas que motivaron dicho siniestro no están establecidas".

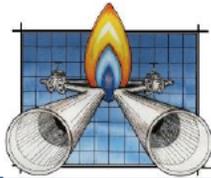
Por su parte, al ser consultados por el accidente, voceros del ente nacional que controla la actividad (Enargas) remitieron todas las inquietudes a la información de la página que tiene el organismo en la red Internet (www.enargas.gob.ar).

El jefe de Bomberos, dijo que solicitó la intervención de los peritos en explosivos, para analizar si pudo tratarse o no de un atentado. No obstante, de medios policiales trascendió que se piensa más en un "caso fortuito" que por la ocurrencia de actos vandálicos.

Terceros damnificados.

Al producirse la explosión, la pared de hormigón del búnker (como se llama al recinto a cielo abierto donde funciona el compresor) no sufrió grietas. La onda expansiva se filtró, con menor intensidad, por el pasillo de ingreso, cuyas puertas deben estar permanentemente abiertas, por razones de seguridad.

Como consecuencia de la deflagración, además del pánico de los vecinos, algunas viviendas aledañas sufrieron la rotura de vidrios y aberturas de madera. En tanto, tres trozos del cilindro (de un peso aprox. de 2 kg) cayeron en un jardín vecino.



Explosión en Estación de Gas Natural Comprimido (EGNC) propiedad de Neomexicana. Xoxtla, Puebla.

El día lunes 12 de Noviembre del 2012, se presentó una importante fuga de gas que provocó la explosión e incendio de contenedores y vehículos de la empresa Neo Mexicana S.A. de C.V., ubicada en Avenida las Torres No. 18 de San Miguel Xoxtla, inmueble al cual acudieron más de 27 efectivos en 11 vehículos de bomberos, personal de Protección Civil y paramédicos del 066, durante estas acciones los bomberos al llegar al lugar se percataron de una columna de humo y flama de aproximadamente quince metros de altura, además de que al interior se combustionaban seis plataformas de tipo caja seca, contenedores de gas natural comprimido, 168 cilindros, un tractocamión marca Kenworth modelo 2001 y una camioneta tipo Pick Up con placas RG 31624 del Estado de Nuevo León.

De inmediato se procedió a la extinción y remoción de material inflamable para evitar el riesgo de un incendio mayor, ya que se encontraban cerca del siniestro, transformadores de energía eléctrica.

Personal del número de Emergencias 066, perteneciente al Centro Estatal de Control, Comando, Comunicaciones y Cómputo (C4), atendió la emergencia. Del siniestro resultaron lesionadas dos personas con quemaduras de primero y segundo grado en 10% del rostro y los brazos, así como quemaduras en rostro y manos, respectivamente.

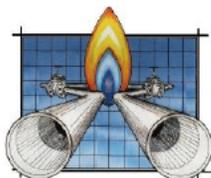
La Secretaría General de Gobierno, informó que autoridades de esta dependencia se comunicaron con directivos de Neomexicana, quienes se comprometieron a brindar todo el apoyo y la colaboración que sean necesarios para identificar las causas que provocaron el incendio. También, anunciaron que cubrirán los posibles daños a particulares que hayan resultado afectados en sus bienes.

**Fuente: Periódico Xelhua. La voz de Puebla y el Valle de Cholula.
Fecha de publicación: 14 de Noviembre del 2012**

Aunado a lo anterior, a continuación se incluye una tabla donde se indican accidentes ocurridos en plantas de Gas Natural Comprimido en diferentes partes del mundo y las causas de probables.

Tabla 1 Explosiones en cilindros de Gas Natural Comprimido.

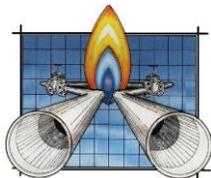
Fecha	Fábrica	Tipo de Cilindro	Patrón de Explosión	Causa probable	Localización
27 de enero del 2005	Hyundai (NK)	Tipo 2*	Explosión después del llenado de GNC	Defecto del cilindro	Provincia de Jeonbuk (estación de GNC propiedad de Hyundai)
19 de agosto del 2005	Daewoo (Faber)	Tipo 2*	Explosión después del llenado de GNC	Problemas en la instalación	Provincia de Jeonbuk
20 de diciembre del 2007	Hyundai (NK)	Tipo 2*	Fuga en el Filtro de GNC	Problemas en la conexión	Provincia de Kyungki
12 de julio del 2008	Daewoo (NK)	Tipo 2*	Explosión después del llenado de GNC	Defecto del cilindro	Provincia de Chungbuk



Fecha	Fábrica	Tipo de Cilindro	Patrón de Explosión	Causa probable	Localización
18 de agosto del 2008	(NK)	Tipo 2*	Fuga en el cilindro de GNC durante el llenado	Defecto del cilindro	Ciudad de Gwang Joo
19 de septiembre del 2008	--	Tipo 2*	Problemas en la conexión	Defecto del cilindro	Ciudad de Incheon
07 de julio del 2009	Hyundai (NK)	Tipo 2*	Explosión después del llenado de GNC	Defecto del cilindro	Provincia de Chungbuk
09 de agosto del 2010	Daewoo (Faber)	Tipo 2*	Explosión en el centro de la ciudad	Problemas en la instalación	Ciudad de Seúl

Fuente: HEXAGON Composites

*Tipo 2. Tanques en fibra de vidrio con revestimiento en Acero al Carbón.



III.2 ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS (APR).

El Análisis Preliminar de Riesgos (APR) es el precursor de otros métodos de análisis más complejos y es utilizado únicamente en la fase de desarrollo de las instalaciones y para casos en los que no existen experiencias anteriores, sea del tipo de implantación.

El APR selecciona los productos peligrosos y los equipos principales de la planta.

El APR se puede considerar como una revisión de los puntos en los que pueda ser liberada energía de una forma incontrolada.

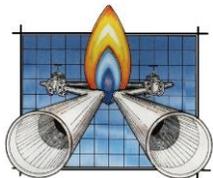
Fundamentalmente, consiste en formular una lista de estos puntos con los peligros ligados a:

- ✓ Materias primas, productos intermedios o finales y su reactividad. Equipos de planta.
- ✓ Límites entre componentes de los sistemas.
- ✓ Entorno de los procesos.
- ✓ Operaciones (pruebas, mantenimiento, puesta en marcha, paradas, etc.).
- ✓ Instalaciones.
- ✓ Equipos de seguridad.

Los resultados de este análisis incluyen recomendaciones para reducir o eliminar estos peligros. Estos resultados son siempre cualitativos, sin ningún tipo de priorización.

Sí bien todos los accidentes que ocurren en la industria son dados por diferentes factores y a nivel global son distintos por la forma en que se producen y las sustancias químicas que intervienen en ellos, todos comparten una característica común: son acontecimientos no controlados, constituidos en su inicio por las propiedades físicas y químicas del material y como causas iniciadoras, una serie de combinaciones de factores que conllevan a eventos no deseados (fugas, derrames, incendio y explosión, principalmente), ocasionando lesiones o muertes, daños de diversas magnitudes en la infraestructura de las instalaciones y al medio ambiente.

En cualquier circunstancia, decir que en una instalación determinada puede ocurrir una explosión, o un escape tóxico no es suficiente, sino que se requiere un estudio que indique cuales son los mecanismos o secuencias de acontecimientos por los que el accidente puede tener lugar. El primer suceso de la cadena se conoce como suceso iniciador. Por lo general entre el suceso iniciador y el accidente se encuentra una secuencia de hechos que incluyen las respuestas del sistema y de los operadores, así como otros sucesos concurrentes. Todos estos factores se conocen como elementos del accidente.



III.2.1 Análisis HAZID.

Los estudios HAZID son una herramienta para identificar riesgos y peligros, que se aplica al inicio de los proyectos en cuanto están listos los diagramas del flujo de procesos, los borradores de los balances de masa y temperatura y los gráficos de disposición óptima de componentes. También es necesario conocer las infraestructuras existentes, el clima y datos geotécnicos, puesto que pueden ser el origen de peligros externos.

El método es una herramienta que facilita el diseño, que ayuda a organizar los entregables sobre Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de un determinado proyecto. En la técnica de brainstorming normalmente participa personal del diseñador y del cliente de los ámbitos de ingeniería, gestión de proyectos, operaciones y mantenimiento.

Los hallazgos más destacables y los peligros que se hayan identificado permitirán poder cumplir con los requisitos en materia de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente, formando parte del Registro de Riesgos del proyecto que exigen las leyes de numerosos países.

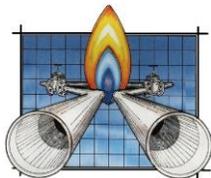
Al realizar un estudio HAZID, el estado de desarrollo del proyecto es esencial, debido a que se deberá alcanzar un equilibrio para determinar si es apropiado llevar a cabo un estudio suficientemente temprano para afectar las decisiones que serán tomadas o si es preferible esperar a un estudio posterior, cuando haya más información disponible. Es por esto que hay dos tipos de HAZID:

- **Conceptual:** Aplica a proyectos en etapa de definición, y analiza conceptos tales como características físicas, socio-económicas, accesibilidad, etc. de la localización donde se llevará a cabo el proyecto, como así también una descripción general de las tareas involucradas. Es, por lo tanto, una descripción global del alcance del trabajo y su realización es en las etapas iniciales del proyecto. Este estudio es diseñado para aplicarse en las primeras etapas de un proyecto para identificar todos los riesgos sistemáticos asociados a las instalaciones o la actividad.
- **Detallado:** Un HAZID detallado se realiza cuando el proyecto se encuentra en las etapas en las que el diagrama de proceso se ha desarrollado, como así también un inventario de los riesgos y parámetros que describen las actividades consideradas y los métodos con los cuales se llevarán a cabo. Este enfoque puede adoptarse para analizar Riesgos en plantas existentes. Los estudios HAZID son particularmente útiles cuando los equipos, procesos o planta han variado de su diseño original.

Este tipo de estudio es particularmente útil cuando se consideran aspectos fuera del proceso en sí mismo, tanto de seguridad como ambientales, con respecto a operaciones y procesos a llevar a cabo en la instalación.

A diferencia del HAZID conceptual, en este caso hay información lo suficientemente significativa, cuyos documentos más relevantes son los siguientes:

- Diagrama de flujo / Diagramas P&I,
- Balances de masa,
- Planos de la planta,
- Descripción de los procesos incluyendo todas las operaciones proyectadas,



- Descripción del proyecto, incluyendo todas las opciones, problemas de ciclo de vida y flexibilidad planificada de la planta,
- Política de seguridad,
- Política operativa.

El método de estudio es una combinación de la identificación y análisis de los riesgos contemplados en una Lista de Verificación y las conclusiones llegan luego de un torbellino de ideas (brainstorming). Lo realiza un equipo multidisciplinario de personas competentes en las operaciones involucradas y sobre todo conocedoras de los aspectos específicos de las operaciones de cada planta en particular.

El equipo es coordinado por un Ingeniero hábil en manejo de grupos y en los aspectos de la técnica HAZID.

Los principales peligros para evaluar en el presente APR son los siguientes:

1. Corrosión externa. Debe incluir la originada por influencia microbiológica (MIC), en caso de existir evidencia de la presencia de este fenómeno de corrosión.
2. Corrosión interna. Debe incluir la originada por influencia microbiológica interna (MIC), en caso de existir evidencia de la presencia de este fenómeno de corrosión.
3. Defectos de fabricación. Se deben considerar los defectos en la costura y en el metal base.
4. Construcción. Incluir los defectos en la soldadura circunferencial, alineamiento y doblez por flexión o pandeo, daños en el recubrimiento, conexiones, dobleces, abolladuras, rasgaduras, o la combinación de éstos.
5. Equipo. Se refiere a dispositivos diferentes a la tubería y a sus componentes. Debe incluir actuadores, válvulas de seccionamiento y aislamiento, principalmente.
6. Daños por terceros. Se deben incluir aquellos daños que provocan una falla.
7. Operaciones incorrectas. Se deben considerar las operaciones incorrectas como resultado de procedimientos de operación incorrectos, seguir procedimientos equivocadamente o no aplicar los procedimientos establecidos o la inexistencia de procedimientos para actividades críticas o peligrosas. También se consideran operaciones incorrectas aquellas operaciones no deseadas o no ordenadas en actuadores u otros componentes automáticos o controlados a distancia.
8. Clima y fuerzas externas. Se deben incluir tormentas eléctricas, lluvia o inundaciones, huracanes, sismos, erosión y deslaves o movimiento del lecho marino.

Para establecer los niveles de riesgo con la cual se calificaron y jerarquizaron los peligros identificados, asignando niveles de CONSECUENCIAS de acuerdo a lo que indica la **Tabla 2**, así como la FRECUENCIA de falla de acuerdo a lo que establece la **Tabla 3**, con lo cual, mediante lo establecido en la **Tabla 4**, se determina el Nivel de Riesgo del peligro identificado.

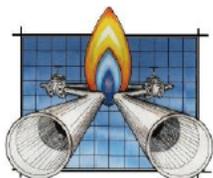


Tabla 2 Consecuencias (en forma descriptiva).

Gravedad	Salud y seguridad	Medio ambiente	Economía	Reputación
1	<ul style="list-style-type: none"> - Primeros auxilios - Efectos menores en la salud - No requiere evacuación 	<ul style="list-style-type: none"> - Impactos insignificantes al ambiente - Emisión pequeña pero notificable. <ul style="list-style-type: none"> - Queja <\$20 000 	<ul style="list-style-type: none"> - Daños al equipo o costos de producción menores a \$20 000 	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto insignificante: preocupaciones individuales.
2	<ul style="list-style-type: none"> - Ayuda médica o trabajo limitado - Efectos medios en la salud - Requiere unidad de evacuación 	<ul style="list-style-type: none"> - Emisiones en el sitio con la remediación inmediata disponibles - Derrame mayor a 1m³ - Menor esfuerzo de mitigación requerida por revocación total. - Notificable \$20 000 a \$200 000 	<ul style="list-style-type: none"> - Daños al equipo o costos de producción entre \$20 000 y \$ 200 000 	<ul style="list-style-type: none"> - Cobertura periodística local; quejas informales múltiples de la comunidad; Preocupaciones del propietario
3	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo perdido por lesiones. - Efectos significantes a la salud. - Evacuación requerida de Área 	<ul style="list-style-type: none"> - Emisiones en el sitio con contaminación prolongada. - Gran derrame contenido en el sitio. - Emisión fuera de sitio con remediación inmediata disponible. - Incumplimiento \$200 000 a \$2M 	<ul style="list-style-type: none"> - Daños al equipo o costos de producción entre \$200 000 y \$2M 	<ul style="list-style-type: none"> - Cobertura periodística provisional; gran preocupación de la comunidad; quejas formales y/o repetidas.
4	<ul style="list-style-type: none"> - Lesiones permanentes o discapacidades. - Efectos a la salud mayores. - Requiere evacuación de instalaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Emisión fuera del sitio con contaminación prolongada. - Gran derrame fuera del sitio (licencia temporalmente cancelada) - Incumplimiento resultante en la ejecución - \$2 000 000 a \$20 000 000 	<ul style="list-style-type: none"> - Daños al equipo o costos de producción entre \$2 000 000 a \$20 000 000 	<ul style="list-style-type: none"> - Cobertura periodística Nacional; gran indignación de la comunidad; Litigación
5	<ul style="list-style-type: none"> - Muerte - Efectos graves a la salud. - Requiere evacuación de la comunidad e instalaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida irrevocable, sin mitigación posible. - Licencia cancelada - Pérdida permanente de uso del área. - >\$20 000 000 	<ul style="list-style-type: none"> - Daños al equipo o costos de producción mayores a \$20 000 000 	<ul style="list-style-type: none"> - Cobertura periodística Nacional e Internacional

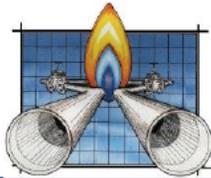
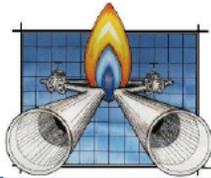


Tabla 3 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.

Frecuencia		Criterios de Ocurrencia		
Categoría	Tipo	Cuantitativo		Cualitativo
Muy Alta	F5	1	0 a 1 año	El evento puede presentarse en el próximo año.
Alta	F4	0.1	>1 a 10 años	El evento se ha presentado o puede presentarse en los próximos 10 años.
Media	F3	0.01	>10 a 100 años	Puede ocurrir al menos una vez en la vida de las instalaciones.
Baja	F2	0.001	>100 a 1 000 años	Concebible; nunca ha sucedido en el centro de trabajo, pero probablemente ha ocurrido en alguna instalación similar.
Remota	F1	0.0001	>1 000 a 10 000 años	Esencialmente imposible. No es realista que ocurra.

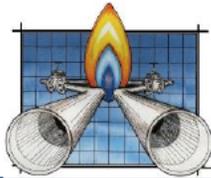
Tabla 4 Matriz de riesgos.

SEVERIDAD DE CONSECUENCIAS	5	B	B	A	A	A
	4	C	B	B	A	A
	3	C	C	B	B	A
	2	C	C	C	B	B
	1	C	C	C	C	B
		1	2	3	4	5
		FRECUENCIA				



❖ Hoja de Trabajo HAZID.

Rev1 Análisis HAZID Instalación 1: Terminal de Descarga Playa del Carmen			Etapa: Proyecto aún no en operación. <i>Análisis realizado para la etapa de operación con la ingeniería básica extendida</i>				Torreón, Coah. Febrero del 2022
ID	Peligro Potencial	Descripción del Peligro	Consecuencias del Peligro	F	C	NR	Recomendaciones y/o Comentarios
1	Corrosión externa	Presencia de corrosión atmosférica Equipos principales (Filtros, Reguladores, Medidores)	Presencia de fugas de gas natural por daños al material	2	3	C	Implementar protección mecánica en los equipos principales susceptibles de afectación por corrosión.
2		Presencia de corrosión atmosférica tuberías y accesorios	Presencia de fugas de gas natural por daños al material	2	3	C	Implementar protección mecánica en tuberías de entrada y salida al recinto de compresores y EM.
3	Corrosión interna	Corrosión interna de tuberías y equipos	Ninguna	1	1	C	El Gas Natural a manejar cumplirá con las especificaciones de la NOM-001-SECRE-2010 con la finalidad de no causar afectaciones internas a la tubería y equipos.
4	Defectos de fabricación	Defectos en el equipo paquete del turbocompresor	Fugas de Gas Natural. Potencial formación de fuego/Explosión. Pérdidas económicas. Daños a la comunidad.	3	3	B	Recomendación: Implementar sistemas para detección de mezclas explosivas, conos para determinar la dirección del viento y sistemas de neblinas para la dispersión de mezclas explosivas en el recinto de compresores. Comentario: GNC Hidrocarburos realizará pruebas operacionales previa entrada en operación de toda la Terminal de Descarga.
5		Tuberías y accesorios fuera de especificación	Fugas de Gas Natural. Potencial formación de fuego/Explosión. Pérdidas económicas. Daños a la comunidad.	3	3	B	Recomendación: Implementar sistemas para detección de mezclas explosivas, conos para determinar la dirección del viento y sistemas de neblinas para la dispersión de mezclas explosivas distribuidos de manera estratégica en la Terminal de Descarga. Comentario: GNC Hidrocarburos realizará pruebas operacionales previa entrada en operación de toda la Terminal de Descarga. Además, todos los materiales a instalar serán conforme a las especificaciones de calidad establecidas en las bases de diseño.



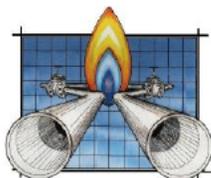
Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH)

"Terminal de Descarga Playa del Carmen"

Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

III

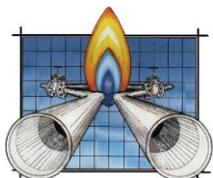
Rev1 Análisis HAZID Instalación 1: Terminal de Descarga Playa del Carmen			Etapa: Proyecto aún no en operación. <i>Análisis realizado para la etapa de operación con la ingeniería básica extendida</i>				Torreón, Coah. Febrero del 2022
ID	Peligro Potencial	Descripción del Peligro	Consecuencias del Peligro	F	C	NR	Recomendaciones y/o Comentarios
6	Construcción	Defectos en conexiones rápidas y tuberías de entrada y salida a los equipos principales	Fugas de Gas Natural. Potencial formación de fuego/Explosión. Pérdidas económicas. Daños a la comunidad.	3	3	B	<p>Recomendación: Implementar sistemas para detección de mezclas explosivas, conos para determinar la dirección del viento y sistemas de neblinas para la dispersión de mezclas explosivas distribuidos de manera estratégica en la Terminal de Descarga.</p> <p>Comentario: GNC Hidrocarburos realizará pruebas operacionales previa entrada en operación de toda la Terminal de Descarga.</p>
7	Equipo	Falla de accesorios (válvulas manuales, actuadores y/o filtros)	Desabasto de gas natural	3	2	C	Incluir en el programa anual de mantenimiento la inspección periódica de accesorios.
8	Daños por terceros	Vandalismo	Robo de partes de la City Gate. Pérdidas económicas.	3	3	B	Instalación supervisada las 24 horas mediante Circuito Cerrado de Televisión (CCTV).
9		Terrorismo	Fugas de Gas Natural. Potencial formación de fuego/Explosión. Pérdidas económicas. Daños a la comunidad.	3	3	B	La instalación estará protegida por personal y custodiada las 24 horas, además, en caso de presentarse un acto terrorista se activarán los planes de atención a emergencias en donde principalmente se suspenderá el suministro de gas natural.
10	Operaciones incorrectas	Falta de mantenimiento	Posibles fallas en tuberías y equipos.	3	2	C	La supervisión y operación de la Terminal de Descarga será mediante personal capacitado.
11		Falta de procedimientos de operación.	Posibles fallas en tuberías y equipos.	3	2	C	La supervisión y operación de la Terminal de Descarga será mediante personal que estará siendo capacitado periódicamente con estricto apego a los procedimientos de operación de los equipos paquete proporcionados por el fabricante y con apego a los procedimientos establecidos por GNC Hidrocarburos.



Rev1 Análisis HAZID Instalación 1: Terminal de Descarga Playa del Carmen			Etapa: Proyecto aún no en operación. <i>Análisis realizado para la etapa de operación con la ingeniería básica extendida</i>				Torreón, Coah. Febrero del 2022
ID	Peligro Potencial	Descripción del Peligro	Consecuencias del Peligro	F	C	NR	Recomendaciones y/o Comentarios
12	Clima y fuerzas externas	Presencia de Tormentas Electricas	Posible caída de rayo con afectación a infraestructura	2	2	C	Instalar aparta rayos en puntos estratégicos de la Terminal de Descarga.
13		Presencia de lluvias torrenciales o inundaciones	Inundación interna de la instalación. Presencia de deslaves.	2	2	C	La instalación contará con sistema de drenaje fluvial e industrial, para el desagüe del interior.
14		Presencia de Huracanes	Inundación interna de la instalación. Presencia de deslaves.	2	2	C	La instalación contará con sistema de drenaje fluvial e industrial, para el desagüe del interior.
15		Presencia de sismos	Daños a infraestructura de la instalación.	2	2	C	La Terminal de Descarga se ubicará en una zona donde la presencia de sismos es nula.

CONCLUSIÓN:

De acuerdo al análisis preliminar HAZID, los principales peligros a presentarse en las instalaciones del proyecto son por Defectos de Fabricación, Defectos en la Construcción de las instalaciones y por Daños por Terceras partes durante la operación de las instalaciones.



III.3 ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGO.

Los estudios de riesgo involucran principalmente tres grandes temas; la identificación de los riesgos, la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos y el análisis de consecuencias.

La identificación de los riesgos permite determinar las localizaciones, rutas, características y cantidad de materiales de fuentes potenciales de accidentes por explosión, incendio, fuga o derrame de una sustancia peligrosa. Esto lleva a la formulación de escenarios fundamentales de accidentes, que requieren una mayor consideración y análisis.

El análisis probabilístico permite identificar la verosimilitud de ocurrencia del accidente para examinar y priorizar los escenarios de accidentes potenciales en términos de su probabilidad de ocurrencia.

La evaluación de las consecuencias e impactos asociados con la ocurrencia de los escenarios identificados de accidentes es el proceso denominado análisis de consecuencias. Este paso permite una comprensión de la naturaleza y gravedad de un accidente y permite un análisis y priorización de los escenarios en términos del impacto potencial del daño en la gente y las instalaciones.

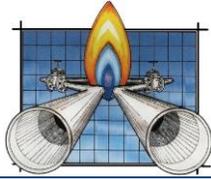
La combinación de resultados de la probabilidad del accidente y del análisis de consecuencias da una medida del riesgo con la actividad específica y este proceso es lo que constituye el análisis de riesgos, que permite, priorizar y examinar los escenarios potenciales de accidentes en términos de un riesgo total, que a la vez logre el desarrollo y preparación de un plan de emergencias.

Para la identificación de los riesgos involucrados con el manejo de gas natural en las instalaciones de la Terminal de Descarga, se identificaron los puntos críticos de riesgo de los equipos y sistemas que estarán en operación, para lo cual, se cuenta con los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs), arreglos mecánicos, eléctricos y civiles de las instalaciones, así como las memorias técnico-descriptivas de los equipos y sistemas indicados.

En base al análisis de falla, se identifican aquellos puntos vulnerables donde exista mayor probabilidad de riesgo de que ocurra un evento no deseado, los cuales estarán dados principalmente por tuberías de conducción, filtros, válvulas, medidores de flujo, uniones e interconexiones, los cuales son equipos e instrumentos expuestos a fallas por rotura, por desgaste o por simple defecto de fabricación, además de que el riesgo aumenta si éstos no son conservados debidamente por la efectiva aplicación de un programa de mantenimiento y la supervisión constante de los mismos, sin descartar fallas por el factor humano, vandalismo o actividades antropogénicas.

Aunado a lo anterior, se analizan las situaciones donde la presencia de algún evento externo no deseado, como una explosión o un incendio que se puedan generar, mismas que afecten directa o indirectamente a las instalaciones internas y externas del mismo, y por ende se desencadene un evento mayor, con mayores repercusiones a la infraestructura de la zona y daños al medio ambiente (efecto dominó).

Una vez identificados los riesgos presentes en la operación de los circuitos que manejan sustancias peligrosas, se evalúa la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos relacionados con dichos riesgos, en base a datos históricos ocurridos en condiciones semejantes de operación, así como en base a las recomendaciones de falla del fabricante de los instrumentos de medición, control y regulación, para así determinar cuantitativamente la probabilidad de que ocurran accidentes en los componentes de la



estación, mismos que puedan afectar a la población circundante y a instalaciones industriales aledañas, principalmente.

Al definir la probabilidad de ocurrencia de accidentes de una forma analítica y objetiva, aplicando métodos cualitativa y cuantitativamente, se determina el análisis de las consecuencias y los resultados que se pueden obtener en caso de ocurrir un evento catastrófico en el almacenamiento de combustible, lo cual se realiza, empleando las metodologías específicas para obtener las consecuencias de los eventos lo más objetivo posible, tal es el caso del Análisis HAZOP, LOPA y Árbol de Fallas, mismos que se describen más adelante.

Cabe mencionar, que todas las técnicas de evaluación de riesgos comparten la meta de identificar peligros en el proceso de manera sistemática y proporcionar un análisis preliminar, dando la primera fase del estudio. Las técnicas comúnmente usadas para esta evaluación deben cumplir los requerimientos de análisis de riesgo contemplados en la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), EPA (Environmental Protection Agency) y la CMA (Chemical Manufacturers Association), así como en Literatura especializada como Loss Prevention in the Process Industries. Frank P. Less, second edition.

III.3.1 Metodologías de identificación y jerarquización.

Con el objetivo de evaluar el riesgo de presentarse incidentes en la operación de la Terminal de Descarga, se seleccionó la metodología HAZOP y así emitir recomendaciones tendientes a controlar y prevenir incidentes, mitigar las consecuencias para evitar pérdidas humanas, daños a la salud, a las instalaciones y medio ambiente.

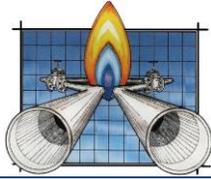
El HAZOP fue seleccionado porque es un método completo y por lo regular se utiliza en sistemas de proceso del sector hidrocarburos para evaluar el riesgo considerando factores como: tipo de proceso y las condiciones de operación.

Los aspectos complementarios en la identificación de peligros y evaluación de riesgos, utilizados en el presente análisis de riesgos, se indican a continuación:

1. HAZOP. Metodología de análisis de riesgos que analiza las variables operacionales de sistemas de tuberías y equipos de proceso, para determinar las posibles fallas en la operación de estos, mediante la designación de Nodos y la aplicación de palabras guía. Este método da como resultado la matriz de riesgos.

Es importante resaltar que con este método se analizan las desviaciones propias que pueden presentarse con la operación de los sistemas de manejo de combustibles, y deriva en recomendaciones que son complementarias para aumentar la seguridad en la operación de esta.

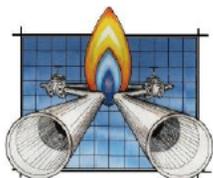
2. En la elaboración del HAZOP se asignan ponderaciones a los parámetros de Probabilidad y Severidad, de acuerdo a lo establecido en la literatura especializada, con lo que, en base a lo establecido en la matriz de riesgos, se determina el Nivel de riesgo de cada desviación analizada. Con lo anterior, una vez realizado el HAZOP se realiza la Matriz de Riesgo de acuerdo a los resultados de este.



3. Una vez identificadas las desviaciones (fallas) que resultaron de mayor riesgo en el HAZOP, se identificaron y describieron las fallas de mayor riesgo con repercusiones al ambiente (liberación de producto con riesgo de incendio y explosión).
4. Para el conjunto de fallas identificado, se determinó la probabilidad de ocurrencia con la metodología árbol de fallas.
5. De acuerdo a lo anterior, se propusieron los escenarios de riesgo para simulación.

A manera de abstract, en el presente Análisis de Riesgo se emplearon las siguientes metodologías:

- a) HAZOP, para determinar las desviaciones (fallas) de mayor riesgo en las instalaciones de manejo de combustibles, mismas que pueden repercutir en eventos de riesgo con potencial daño a la infraestructura y medio ambiente.
- b) Análisis de Frecuencias, para determinar la probabilidad de ocurrencia de desviaciones de mayor riesgo ambiental identificadas en el HAZOP y proponer escenarios de simulación.
- c) Software SCRI (Versión 2.1), para realizar el análisis de consecuencias acorde a los resultados de simulación.



III.3.2 Análisis HAZOP.

El método HAZOP (**HAZ**ard and **OP**erability “Riesgo y Operabilidad”) o análisis de Riesgo y de Operabilidad se concentra en una metodología mediante un enfoque sistemático para identificar tanto riesgos como problemas de operabilidad. Aunque la identificación de riesgos es el tema principal, los problemas de operabilidad se examinan, ya que tienen el potencial de producir riesgos en los procesos, que resulten en violaciones ambientales y/o laborales o tener un impacto negativo en la productividad.

El análisis de operación y riesgo HAZOP, es el método más amplio y reconocido para realizar un análisis de riesgo en procesos industriales. Es un estudio que identifica cada desviación posible de un diseño, de una operación o de una afectación cualquiera, además de todas las posibles causas y consecuencias que pueden ocurrir en las condiciones más adversas para el proceso, siendo así, éste sirve para identificar problemas de seguridad y mejorar la operabilidad de una instalación industrial.

Para la realización del análisis HAZOP se emplearon los siguientes Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs):

Tabla 5 Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs) utilizados.

ID del Plano	Título (DTI)
GNC-QUI-PLA-PDC-TD-ASEA-DTI-AM-22 01	Panel de Descarga
DTI Sistema Reducción de Presión	Sistema de Reducción de Presión 2000 /NM ³ /HR
GNC-QUI-PLA-PDC-TD-ASEA-DTI-AM-22 01	Estación de Medición

Para mayor detalle, **Ver Anexo 5.** Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs).

El HAZOP fue realizado bajo el siguiente procedimiento:

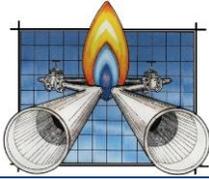
1. Selección de nodos.

El proceso se analiza seccionándolo en partes discretas o nodos. Un nodo es generalmente una línea o un recipiente o un procedimiento. Los nodos deben ser bastante pequeños para ser manejables, y a la vez lo bastante grandes para reducir la duplicación y hacer buen uso del tiempo.

2. Registre la intención, los parámetros de diseño y las condiciones de proceso. Es decir, parámetros de diseño del equipo, condiciones de operación normales y máximas. Esto incluye típicamente la temperatura, la presión, la composición, el nivel, el flujo, etc.

3. Repase con el equipo la matriz de desviación preparada previamente para este nodo y agregue otras desviaciones si es necesario.

4. Identificar las causas o las razones por las que las desviaciones pueden ocurrir. Las causas deben ser locales en el origen, es decir, originan en el nodo bajo evaluación. Con el nodo de la alimentación o de la fuente, considere causas en aguas arriba. Donde no haya causas identificadas escribir "ninguna causa".

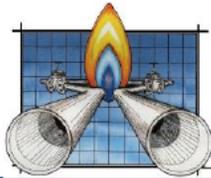


El estudio del HAZOP sólo considera eventos causales únicos (errores o fallas). Escenarios que requieran de analizar dos fallas separadas, dos errores de operador o una falla más un error son considerados “doble falla” y no son considerados normalmente durante un estudio de HAZOP.

Los drenes y válvulas que están normalmente cerradas, y con tapones o bridas ciegas, no son considerados fuentes de fugas. Similarmente, medidores reemplazables localizados en las tuberías con válvulas de raíz no son consideradas fuentes de fuga, si el procedimiento estándar requiere verificar que la válvula esté cerrada y el sistema al cual está conectado ya sea que este despresurizado o bien que no surja ningún riesgo debido a una fuga, o la apertura de dos válvulas en serie simultáneamente no es considerada una causa creíble para la fuga o mezcla de fluidos, etc.

La Causa deberá estar en el Nodo en cuestión.

5. Identifique las consecuencias o los resultados de las desviaciones asumiendo que los controles básicos de proceso fallan y las salvaguardas no existen. Considere las consecuencias fuera del nodo así como en el interior. Si no hay consecuencias de que preocuparse, escribir "ninguna consecuencia de preocupación".
6. Identifique la severidad de las consecuencias identificadas asumiendo que los sistemas básicos de control y los sistemas de protección fallan.
7. Identifique las capas adicionales de protección requeridas para reducir el riesgo a un nivel aceptable. Si el riesgo del peligro no se ha reducido a un nivel aceptable, la eficacia de las capas propuestas debe ser mejorada o capas adicionales deben ser agregadas según sea necesario.
8. Asigne una categoría a la consecuencia identificada.
9. Asigne una categoría a la probabilidad de ocurrencia de la consecuencia analizada, considerando esta vez los sistemas de control y/o capas de protección válidas, así como cualquier otro modificador de frecuencia que aplique.
10. Identifique las recomendaciones y asigne las responsabilidades. Donde esté clara una solución específica, deberá ser registrada como tal. Los equipos a menudo se detienen a intentar conseguir una recomendación. Es absolutamente apropiado que la recomendación sea investigar las medidas de protección apropiadas. Es también bueno redactar las recomendaciones que permitan una cierta flexibilidad, por ejemplo, diciendo: considerar tales y tal opción. La recomendación se debe escribir con bastante detalle para poder entender el intento sin el resto de la hoja de trabajo delante del lector.



A.1 Nodos Seleccionados para el Desarrollo del Análisis de Riesgo de Operabilidad “HAZOP”.

Para facilitar el análisis de riesgos y la aplicación de la técnica HAZOP, se analizaron 2 nodos mismos que se describen a continuación:

Tabla 6 Nodos analizados en el HAZOP.

Descripción	Condiciones de Diseño	Condiciones de Operación	DTI
1 Descarga de Gas Natural hacia alimentación de Sistema de Descompresión de Gas Natural.	Flujo: 2,000 m3/h Presión: 250 Bar Temperatura: 40°C	Flujo: 2,000 m3/h Presión: 250 Bar Temperatura: 40°C	GNC-QUI-PLA-PDC-TD-ASEA-DTI-22_01
			GNC-QUI-PLA-PDC-TD-ASEA-DFG-22_01
2 Línea de descarga de Sistema de Descompresión de Gas Natural (PRM-01) hacia punto de interconexión con Gasoducto existente.	Flujo: 2,000 m3/h Presión: 7 Bar Temperatura: 25°C	Flujo: 2,000 m3/h Presión: 7 Bar Temperatura: 25°C	GNC-QUI-PLA-PDC-TD-ASEA-DTI-AM-22_01
			GNC-QUI-PLA-PDC-TD-ASEA-DFG-22_01

Ver en el **Anexo 6**, el desarrollo de cada uno de los HAZOP realizados.

Para establecer la Matriz de Rango de Riesgo (Risk Ranking) con la cual se calificaron y jerarquizaron los riesgos identificados, asignando niveles de CONSECUENCIAS de acuerdo a lo que indica la **Tabla 7**, así como la FRECUENCIA de falla de acuerdo a lo que establece la **Tabla 8**, con lo cual, mediante lo establecido en la **Tabla 9**, se determina el Nivel de Riesgo del nodo analizado.

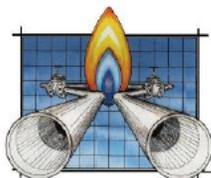


Tabla 7 Consecuencias (en forma descriptiva).

Categoría de consecuencia (Impacto)	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Perdida o Diferimiento de Producción (USD) ⁽¹⁾	Daños a la Instalación (USD)
6 (Catastrófico)	Lesiones o daños físicos que puedan generar más de 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que puedan generar más de 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a 1 semana.	>500´000,000	<500´000,000
5 (Mayor)	Lesiones o daños físicos que puedan generar de 2 a 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que puedan generar de 6 a 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de 1 día a 1 semana.	>50´000,000 a 500´000,000	>50´000,000 a 500´000,000
4 (Grave)	Lesiones o daños físicos con atención médica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad.	Lesiones o daños físicos mayores que generan de una a 5 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones en hasta 24 horas.	>5´000,000 a 50´000,000	>5´000,000 a 50´000,000
3 (Moderado)	Lesiones o daños físicos que requieren atención médica que pueda generar una incapacidad.	Ruidos, olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía se requieren acciones de evacuación y existe la posibilidad de lesiones o daños físicos.	Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora.	>500,000 a 5´000,000	>500,000 a 5´000,000
2 (Menor)	Lesiones o daños físicos que requieren primeros auxilios y/o atención médica.	Ruidos, olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía con posibilidades de evacuación.	Fugas y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación. El control es inmediato.	>50,000 a 500,000	>50,000 a 500,000
1 (Despreciable)	No se esperan lesiones o daños físicos.	No se esperan impactos, lesiones o daños físicos.	No se esperan fugas, derrames y/o emisiones por arriba de los límites establecidos.	<50,000	<50,000

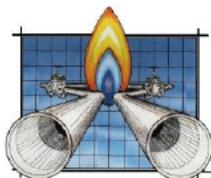
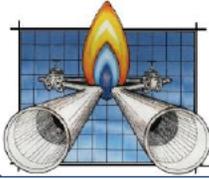


Tabla 8 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.

Clasificación	Categoría	Descripción de la frecuencia de ocurrencia	Frecuencia/Año
F6	Muy Frecuente	Puede ocurrir más de una vez en un Año.	≥ 1.0 ($\geq 1 \times 10^0$)
F5	Frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un Periodo mayor a 1 año y hasta 5 años.	≥ 0.2 a < 1.0 ($\geq 2 \times 10^{-1}$ a $< 1 \times 10^0$)
F4	Poco Frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un Periodo mayor a 5 años y hasta 10 años.	≥ 0.1 a < 0.2 ($\geq 1 \times 10^{-1}$ a $< 2 \times 10^{-1}$)
F3	Raro	Puede ocurrir una o más veces en un Periodo mayor a 10 años.	≥ 0.01 a < 0.1 ($\geq 1 \times 10^{-2}$ a $< 1 \times 10^{-1}$)
F2	Muy Raro	Puede ocurrir solamente una vez en la Vida útil de la instalación.	≥ 0.001 a < 0.01 ($\geq 1 \times 10^{-3}$ a $< 1 \times 10^{-2}$)
F1	Extremadamente Raro	Es posible que ocurra, pero que a la Fecha no existe ningún registro.	≥ 0.0001 a < 0.001 ($\geq 1 \times 10^{-4}$ a $< 1 \times 10^{-3}$)

Tabla 9 Matriz de riesgos.

CONSECUENCIA	5	5	10	15	20
	4	4	8	12	16
	3	3	6	9	12
	2	2	4	6	8
	1	1	2	3	4
		1	2	3	4
		FRECUENCIA			



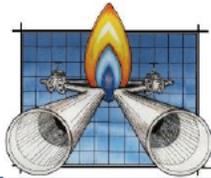
A continuación, se describe el significado de cada nivel de Riesgo:

Tabla 10 Definiciones de las diferentes regiones de riesgo

1	Aceptable – No se requieren medidas de control de riesgo	<p>Región de Riesgo Tolerable “C”: El riesgo es significativo, pero se pueden compensar con las acciones correctivas en el paro de instalaciones programado, para no presionar programas de trabajo y costos. La mitigación debe enfocarse en la disciplina operativa y en la confiabilidad de los sistemas de protección.</p>
2	Aceptable – No se requieren medidas de control de riesgo	
3	Aceptable – No se requieren medidas de control de riesgo	
4	Aceptable con control – Existen medidas de control de riesgo	
5	Aceptable con control – Existen medidas de control de riesgo	
6	Aceptable con control – Existen medidas de control de riesgo	
8	Aceptable con control – Existen medidas de control de riesgo	
9	Aceptable con control – Existen medidas de control de riesgo	
10	Aceptable con control – Existen medidas de control de riesgo	
12	No Deseable – Deben introducirse medidas de control de riesgo dentro de un tiempo especificado	
15	No Deseable – Deben introducirse medidas de control de riesgo dentro de un tiempo especificado	
16	Inaceptable	<p>Región de Riesgo NO Tolerable “A”: El riesgo requiere acción inmediata; el costo no debe ser una limitación y el no hacer nada no es una opción aceptable. Un riesgo Muy Alto representa una situación de emergencia y deben establecerse controles temporales inmediatos. La mitigación debe hacerse por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a Medio o de preferencia a Bajo, en un lapso de tiempo menor a 90 días.</p>
20	Inaceptable	

Los riesgos no tolerables se deberán considerar para establecer los objetivos de seguridad y salud ocupacional y los requisitos de las instalaciones, maquinaria, necesidades de capacitación y los controles operacionales para el control de riesgos, así como considerar las acciones requeridas de supervisión para asegurar la efectividad y oportunidad.

¹ As Low As Reasonably Practicable, por sus siglas en inglés



III.3.3 Jerarquización de Riesgos.

La jerarquización de riesgos se realiza conforme a los criterios establecidos en la Guía para la elaboración del Análisis de Riesgos del Sector Hidrocarburos (ARSH), conforme a la designación de las categorías de Frecuencia (probabilidad) y Consecuencias (severidad) de los escenarios de Riesgo identificados en el Análisis HAZOP.

Cabe mencionar que, para la asignación de los niveles de consecuencia, se consideró la no existencia de salvaguardas, protecciones o barreras; para el caso de la asignación de la frecuencia, si se tomaron en cuenta todas las salvaguardas y protecciones consideradas en el Proyecto conforme a la Ingeniería de Detalle aprobada para Construcción.

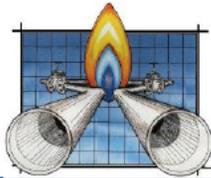
A continuación, se indican las categorías de frecuencia y consecuencia, empleadas para la determinación de los Niveles de Riesgo de cada desviación establecida en los Nodos estudiados.

Tabla 11 Tabla de Consecuencias.

Nivel	Descripción
1	Bajo – Sin efectos de salud significativos o mínimos (daño registrable menor); liberación menor/contenida; <\$10 K
2	Medio – Daño Registrable Significativo hasta Trabajo Restringido; liberación reportable; \$10 K a \$100 K
3	Significativo – Casos de uno o más días de trabajo perdidos hasta efectos permanentes en la salud; violación de permiso, \$100 K a \$1 MM
4	Mayor – Hospitalizaciones múltiples, efectos de salud posteriores hasta fatalidad en sitio; requiere limpieza en y fuera de sitio; \$1 MM a \$10 MM
5	Severo – Múltiples fatalidades en sitio; fatalidad fuera de sitio; requiere limpieza mayor fuera de sitio; >\$10 MM

Tabla 12 Tabla de Frecuencias.

Nivel	Descripción
1	No se espera su ocurrencia durante la vida de la instalación.
2	Podría ocurrir alguna vez durante la vida de la instalación.
3	Podría ocurrir varias veces durante la vida de la instalación.
4	Podría ocurrir una vez al año (o con mayor frecuencia).



III.2.3.1 Matrices de Riesgo resultantes del HAZOP.

Tabla 13 Matriz de Jerarquización de Riesgos al Medio Ambiente (MA).

FRECUENCIAS	CONSECUENCIAS				
	C1	C2	C3	C4	C5
F4	Yellow	Yellow	Orange	Red	Red
F3	Green	Yellow	Yellow	Orange	Red
F2	Green	Yellow	2.6.1 2.6.2	1.1.2 1.6.1	Orange
F1	Green	Green	Green	Yellow	Yellow

Tabla 14 Matriz de Jerarquización de Riesgos a las Instalaciones/Producción (Pr).

FRECUENCIAS	CONSECUENCIAS				
	C1	C2	C3	C4	C5
F4	Yellow	Yellow	Orange	Red	Red
F3	Green	Yellow	Yellow	Orange	Red
F2	Green	Yellow	1.1.2 1.6.1 2.6.1 2.6.2	Yellow	Orange
F1	Green	Green	Green	Yellow	Yellow

Tabla 15 Matriz de Jerarquización de Riesgos al Personal (Pe).

FRECUENCIAS	CONSECUENCIAS				
	C1	C2	C3	C4	C5
F4	Yellow	Yellow	Orange	Red	Red
F3	Green	Yellow	Yellow	Orange	Red
F2	Green	Yellow	2.6.1 2.6.2	1.1.2 1.6.1	Orange
F1	Green	Green	Green	Yellow	Yellow

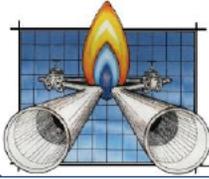


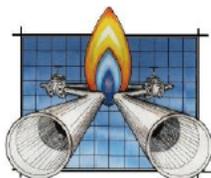
Tabla 16 Matriz de Jerarquización de Riesgos a la Población (Po).

FRECUENCIAS	CONSECUENCIAS				
	C1	C2	C3	C4	C5
F4	Yellow	Yellow	Orange	Red	Red
F3	Green	Yellow	Yellow	Orange	Red
F2	Green	Yellow	1.1.2 1.6.1 2.6.1 2.6.2	Yellow	Orange
F1	Green	Green	Green	Yellow	Yellow

De los 16 escenarios evaluados mediante HAZOP, se tienen los siguientes resultados:

- 4 escenarios (25%) generan Consecuencias para el Receptor de Riesgo Medio Ambiente (MA),
- 4 escenarios (25%) generan Consecuencias para el Receptor de Riesgo Producción/Instalaciones (Pr),
- 4 escenarios (25%) generan Consecuencias para el para el Receptor de Riesgo Población (Po),
- 4 escenarios (25%) generan Consecuencias para el para el Receptor de Riesgo Personal (Pe).

De la totalidad de escenarios evaluados, 16 (100%) recaen en la Zona de ALARP “B”, mientras que ningún escenario recaen en la Zona de Riesgo Tolerable “C” y ningún escenario en la Zona de Riesgo No Tolerable “A”.



III.3.4 Escenarios de Riesgo identificados.

A continuación, se indica la relación de los escenarios de riesgo que fueron identificados en el Análisis HAZOP, conforme a lo establecido en la Guía para la elaboración de los ARSH.

Cabe mencionar que, para una jerarquización más objetiva, se tomó la decisión de incluir un parámetro adicional, siendo este la Magnitud de Riesgo, empleando la fórmula simplificada del método William Fine, que se representa de la siguiente manera:

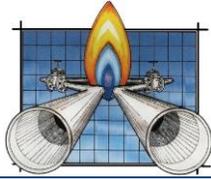
$$MR = F \times C \rightarrow MR = F(C_{MA} + C_{Pr} + C_{Po} + C_{Pe})$$

Donde:

- MR= Magnitud de Riesgo
- F= Frecuencia
- C= Consecuencias
- C_{MA}= Consecuencias al medio ambiente
- C_{Pr}= Consecuencias a las instalaciones
- C_{Po}= Consecuencias a la población
- C_{Pe}= Consecuencias al personal

Tabla 17 Escenarios de Riesgo Identificados en el HAZOP por receptor de riesgo.

Nodo	Descripción del escenario	Frec	Consecuencias				Región de Riesgo				MR	Instalación	Sustancia Involucrada
			MA	Pr	Pe	Po	MA	Pr	Po	Pe			
1	1.1.2 Cierre en falso de la válvula BV-100 en el Panel de Descarga	2	4	3	4	3	8	6	8	6	28	Panel de Descarga	Gas Natural
1	1.6.1 Cierre en falso de la válvula BV-100 en el Panel de Descarga	2	4	3	4	3	8	6	8	6	28	Panel de Descarga	Gas Natural
2	2.6.1 Falla operativa del sistema de reducción de presión PRM.	2	3	3	3	3	6	6	6	6	24	Sistema Reductor de Presión (PRM)	Gas Natural
2	2.6.2 Cierre en Falso de la válvula BV a la entrada de la EM.	2	3	3	3	3	6	6	6	6	24	Sistema Reductor de Presión (PRM)	Gas Natural

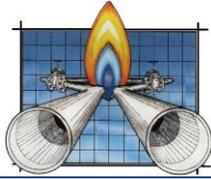


Índice

IV. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS.....	2
IV.1 ANÁLISIS DETALLADO DE FRECUENCIAS.....	2
IV.1.1 Árbol de Fallas.....	2
IV.2 ANÁLISIS DETALLADO DE CONSECUENCIAS.....	4
IV.2.1 Descripción de Escenarios.....	9
IV.2.2 Representación de los resultados de la simulación de consecuencia.....	5
IV.3 ANÁLISIS DE RIESGO.....	6
IV.3.1 Análisis de Vulnerabilidad.....	6

Índice de Tablas

Tabla 1 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.....	3
Tabla 2 Probabilidades de falla para las zonas de ALARP del HAZOP.....	3
Tabla 3 Efectos generados por radiación térmica.....	6
Tabla 4 Efectos generados por ondas de sobrepresión.....	7
Tabla 5 Parámetros a utilizar para la determinación de las ZAR y Amortiguamiento.....	8
Tabla 6 Relación de Escenarios de simulación.....	10
Tabla 7 Parámetros a utilizar para la determinación de las zonas de riesgo.....	1
Tabla 8 Resultados de los escenarios simulados.....	1
Tabla 9 Efectos generados por radiación térmica.....	3
Tabla 10 Efectos generados por ondas de sobrepresión.....	4
Tabla 11 Interacciones de Riesgo.....	6
Tabla 12 Interacciones de Riesgos y Descripción de los Posibles Receptores de Riesgo.....	8
Tabla 13 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Descriptiva General).....	10



IV. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS.

IV.1 ANÁLISIS DETALLADO DE FRECUENCIAS.

IV.1.1 Árbol de Fallas.

El árbol de fallas es una herramienta empleada para el análisis de cómo pueden llegar a ocurrir y de las posibles interrelaciones entre los eventos. Se trata de un proceso deductivo que permite determinar cómo puede tener lugar un suceso en particular apoyando en la cuantificación de los riesgos involucrados.

El árbol de fallas descompone un accidente en sus elementos contribuyentes, ya sean éstos, fallas humanas o de equipos del proceso y sucesos externos, principalmente. El resultado es una representación lógica en la que aparecen cadenas de sucesos capaces de generar un suceso culminante que ocupa la cúspide del árbol.

De manera sistemática y lógica se representan las combinaciones de las situaciones que pueden dar lugar a la producción del "evento a evitar", conformando niveles sucesivos de tal manera que cada suceso esté generado a partir de sucesos del nivel inferior, siendo el nexo de unión entre niveles la existencia de "operadores o puertas lógicas (OR y AND)".

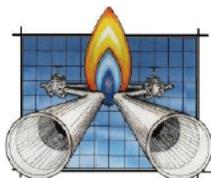
El árbol se desarrolla en sus distintas ramas hasta alcanzar una serie de "sucesos básicos", denominados así porque no precisan de otros anteriores a ellos para ser explicados. También alguna rama puede terminar por alcanzar un "suceso no desarrollado" en otros, sea por falta de información o por la poca utilidad de analizar las causas que lo producen.

La metodología empleada consiste en representar cada interrelación con un símbolo del álgebra de Boole.

Si para la ocurrencia de un evento se requiere que dos o más condiciones se cumplan simultáneamente, utilizamos el símbolo "AND" y si para la ocurrencia sólo se requiere que una de dos o más condiciones se cumpla, usamos la compuerta "OR". Multiplicando y/o sumando todas las probabilidades de los eventos contribuyentes unidos mediante una misma compuerta "AND" o "OR", se obtiene la probabilidad del evento del siguiente nivel jerárquico.

En este caso de analizar los modos y efectos de fallas del gasoducto, se utilizan modelos de fallas de componentes y se analizan sus efectos potenciales a partir de parámetros disponibles en información bibliográfica especializada, para cada tipo de fallas.

El árbol de fallas es un diagrama lógico que muestra las interrelaciones entre el evento no deseado en un sistema (efecto) y las razones para el evento (causas). Las razones pueden ser condiciones ambientales o eventos normales que se espera que ocurran en la vida del sistema y fallas de componentes específicos. Así, un árbol de fallas construido coherentemente muestra las diferentes combinaciones de fallas y otros eventos los cuales pueden guiar a un evento no deseado.



Probabilidad de ocurrencia.

Para la determinación del valor de probabilidad en componentes de la estación de servicio se recurrió a un árbol de fallas, que contenga los elementos de mayor ponderación al riesgo, determinados en el análisis HAZOP.

Mediante la asignación de probabilidades de cada evento que pueda tener participación en el riesgo, la probabilidad de su ocurrencia puede ser calculada. Una vez procesados los datos se obtiene la probabilidad de ocurrencia de un evento final. Las probabilidades pueden ser clasificadas de varias formas, como se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.

Frecuencia	Descripción	Valor
10^{-1}	Frecuentemente ocurre	0.1
10^{-2}	Comúnmente ocurre	0.01
10^{-3}	Ocasionalmente ocurre	0.001
10^{-4}	Raramente ocurre	0.0001
10^{-5}	Remotamente ocurre	0.00001

FUENTE: Health and Safety Briefing No 26a Sept.2004.
The Institution of Electrical Engineers

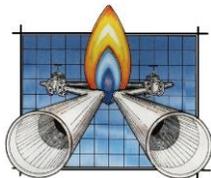
Para la determinación de frecuencias en las desviaciones del HAZOP, se empleó la metodología árbol de fallas, por lo que a continuación se indican las probabilidades identificadas:

Tabla 2 Probabilidades de falla para las zonas de ALARP del HAZOP.

Nodo	Causa	Probabilidad de falla
1	▪ Falla de la tubería por sobrepresión de esta debido al cierre de válvula.	2.4×10^{-6} ¹
2	▪ Falla de la tubería por sobrepresión de esta debido al cierre de válvula.	2.4×10^{-6} ¹

Ver en el **Anexo 7**, el árbol de fallas del Nodo 1 y 2.

¹ Tomado directamente de referencia bibliográfica: J. M. Storch de Gracia. T. García Martín. *Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Energéticas: Fundamentos, Evaluación de Riesgos y Diseño*. Editorial: Díaz de Santos, 2008



IV.2 ANÁLISIS DETALLADO DE CONSECUENCIAS.

Por la naturaleza de las actividades que realiza la empresa, se tienen riesgos potenciales en todas las secciones y componentes que constituyen el proyecto. En todo el sistema existen una serie de uniones, accesorios y equipos que pueden llegar a fallar bajo determinadas circunstancias y dado que están sometidas a presión interna positiva, en caso de fallas la emisión del gas natural a la atmósfera es inmediata.

Una fuga procedente de las tuberías, equipos y accesorios, deriva en el traslado de una masa de gas a través de la atmósfera en forma de una nube limitada geoméricamente o de una pluma gaseosa, con un punto de escape y una masa extendida en la dirección del viento y con la distribución de distintas concentraciones en su interior.

Ambas formas de emisión, están sometidas a un grado creciente de dilución en el aire que hace que las concentraciones en la nube o en la pluma vayan disminuyendo conforme transcurre el tiempo y se alejan del punto de emisión. El grado de dilución depende de varios factores siendo los más relevantes la cantidad de material emitida, la densidad de la nube de gas, la estabilidad de la atmósfera y la altura del punto de emisión.

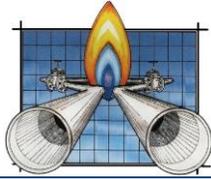
La evaluación de los riesgos a través de los escenarios más probables junto a la simulación de los eventos máximos definidos con el software SCRI Fuego Versión 2.1, permite determinar las áreas potencialmente vulnerables, de tal manera que se generen recomendaciones para evitar la ocurrencia del evento o contar con la protección adecuada en caso de que este ocurra. Para las actividades de operación y mantenimiento de las estaciones, se han identificado los escenarios de riesgo potencial, los cuales involucran eventos por incendio que a su vez podrían desencadenar una explosión.

Modelación de Explosiones (Sobrepresión).

Para realizar las simulaciones de los efectos por sobrepresiones en los escenarios definidos para el presente estudio se utilizó el modelo SCRI Fuego en la versión 2.1, el cual es un conjunto de herramientas, para simular en computadora; emisiones de contaminantes, fugas y derrames de productos tóxicos y daños por nubes explosivas, para estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas, para estudios de riesgo e impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal, en el manejo de situaciones de emergencia.

Si partimos de la premisa que una explosión se caracteriza por la liberación repentina de energía que produce un área momentánea de alta presión en el medio ambiente, entonces la emisión de energía y la disipación de la energía hacia el medio ambiente debe ocurrir muy rápido a fin de que el evento sea clasificado como explosión.

El efecto de una explosión se debe a la disipación de la energía liberada y una gran parte de la energía liberada se transforma en un incremento de presión en la atmósfera (sobrepresión explosiva).



Modelación de Incendio.

Este modelo calcula y proporciona los radios de la zona en donde el fuego provoca quemaduras a personas sin protección, dichos radios están dados en dos escalas que determinan quemaduras letales para el radio que delimita los 9.5 kW/m^2 y quemaduras de segundo grado para el radio que marca los 5 kW/m^2 de radiación. El modelo trabaja con los siguientes parámetros de la sustancia simulada:

- Peso molecular,
- Gravedad específica,
- Temperatura,
- Área del incendio.

El modelo asume que la velocidad del viento es insuficiente, como para mantener un área circular de fuego y que las personas expuestas no están protegidas completamente contra los efectos de la radiación térmica por el uso de cualquier ropa.

Límites para definición de las áreas de riesgo y amortiguamiento.

Para poder definir los límites con los que se establecen los escenarios y las zonas de seguridad en el entorno de los mismos, se utilizan los criterios dados por la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades riesgosas del Instituto Nacional de Ecología.

Para el caso de la radiación térmica y las sobrepresiones se cuenta con los siguientes valores definidos por la ASEA.

Inflamabilidad (radiación térmica).

- Zona de alto riesgo por daño a equipos: 37 kW/m^2 (kilowatt por metro cuadrado) a 12.5 kW/m^2 .
- Zona de alto riesgo: 5 kW/m^2 .
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 1.4 kW/m^2 .

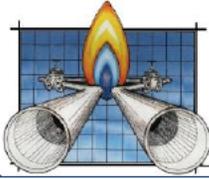
Explosividad (sobrepresión).

- Zona de alto riesgo por daño a equipos: 10 psi (Libras por pulgada cuadrada) a 3 psi.
- Zona de alto riesgo: 1 psi.
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 0.5 psi.

Una evaluación del riesgo sólo queda completa si se conocen las consecuencias de un accidente por muy eventual que sea. Por este motivo, la última etapa de una evaluación de riesgo consiste en analizar las consecuencias de un accidente potencial importante en la ESGV y su efecto en las inmediaciones de la instalación y en el medio ambiente.

El análisis de consecuencias busca determinar la magnitud de las consecuencias de un incidente peligroso, esto es, un acontecimiento que por lo general ocurre sin advertencia, durante un periodo corto y con efectos potencialmente serios en personas y propiedades.

En la práctica, el análisis de consecuencias atiende los siguientes factores:



- Término de la fuente,
- Dispersión,
- Efecto.

Factores de mitigación.

Término de la fuente. Es la evaluación de las características de la liberación peligrosa inicial, y es la base sobre la cual se construye el resto de la secuencia del análisis.

Dispersión. Los modelos de dispersión se aplican a escenarios de liberaciones al aire y se clasifican en términos de la diferencia en densidad entre el material liberado y la atmósfera.

Fuego y explosión. Se hace énfasis en peligros provenientes de liberaciones que causan radiación térmica e impactos de presión para poder estimar los efectos de éstos en personas y materiales.

Factores de mitigación. Estos modelos analizan datos para sistemas de aislamiento, barreras, procedimientos de evacuación y acciones evasivas durante accidentes.

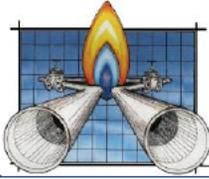
Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición.

La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que sienta dolor.

Para evaluar los efectos en un incendio, se tomarán como base los datos indicados en la siguiente tabla:

Tabla 3 Efectos generados por radiación térmica.

Intensidad de Radiación (kW/m ²)	Daño producido por radiación térmica
37.5	Suficiente para causar daño a equipo de procedimiento.
25	Energía mínima requerida para prender la madera por exposición prolongada.
12.5	Energía mínima requerida para la ignición pilotada de madera, fundición de tubería de plástico.
9.5	El umbral del dolor se alcanza después de 8 segundos; quemaduras de segundo grado después de 20 segundos.
4	Suficiente para causar dolor al personal si éste no puede protegerse en 20 segundos, sin embargo, es factible la formación de ampollas en la piel (quemaduras de segundo grado), 0 fatalidad.
1.39	No causará incomodidad durante la exposición prolongada.



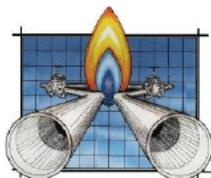
Formación de ondas de sobrepresión.

Para eventos de explosión, las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento se evaluaron considerando los siguientes valores de sobrepresión:

- ✓ Sobrepresión 1 lb/in² (0.07 kg/cm²), la cual es definida por SEMARNAT como Zona de Alto Riesgo, y la literatura indica que puede causar destrucción parcial de casas y daños reparables a edificios, provocando el 1% de ruptura de timpanos y el 1% de heridas serias por proyectiles que existirán por la demolición de casas, las cuales se vuelven inhabitables,
- ✓ Sobrepresión 0.5 lb/in² (0.035 kg/cm²), la cual es definida por SEMARNAT como Zona de Amortiguamiento, y la literatura indica que se tendrán rupturas del 10% en ventanas grandes de vidrio y pequeñas normalmente estrelladas con algún daño a algunos techos con una probabilidad de 95% de que no ocurren daños serios.

Tabla 4 Efectos generados por ondas de sobrepresión.

Sobrepresión Máxima (psi)	Daño producido por ondas de sobrepresión en explosión
0.03	Ruptura ocasional de ventanas de vidrio grandes que estén bajo tensión.
0.1	Ruptura de ventanas pequeñas que se encuentran bajo tensión.
0.15	Presión típica de ruptura del vidrio.
0.3	“Distancia segura” (probabilidad de 0.95 que no ocurran daños serios a partir de este valor): límite de proyectiles; daños a techos de casas; ruptura del 10% de ventanas con vidrios.
0.4	Daño estructural menor limitado.
0.7	Daño menor a estructuras de casas.
1	Demolición parcial de casas, se vuelven inhabitables.
1 – 2	Destrucción de asbesto corrugado; en las divisiones de acero corrugado aluminio, los tornillos fallan y después se tuercen; los tornillos de paneles de madera fallan; los paneles son destruidos.
1.3	El armazón de acero de edificios revestimientos se deforma.
2	Colapso parcial de techos y paredes.
2 – 3	Cuarteadora de paredes de concreto o bloques de ladrillo no reforzados.
2.3	Límite inferior de daño estructural serio.
2.5	50% de destrucción de la mampostería en casas.
3 – 4	Demolición de edificios son armazones o con paneles de acero; ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo.
4	Ruptura del revestimiento de edificios industriales ligeros.
5	Los postes de madera se rompen súbitamente; prensas hidráulicas altas (40 000 lb) en edificios son ligeramente dañadas.
5 – 7	Destrucción casi completa de casas.

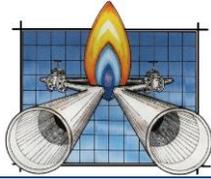


Sobrepresión Máxima (psi)	Daño producido por ondas de sobrepresión en explosión
7 – 8	Paneles de ladrillo de 8 -12 in de espesor no reforzados fallan por corte o flexión.
9	Demolición total de vagones de ferrocarril cargados.
10	Probable destrucción total de edificios; desplazamiento y fuerte daño a maquinaria pesada (7 000 lb), la maquinaria muy pesada (12 000 lb) sobrevive.
300	Formación de cráter.

Para definir y justificar las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo a determinar, se utilizaron los siguientes parámetros:

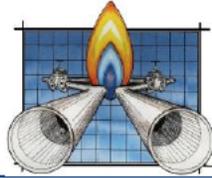
Tabla 5 Parámetros a utilizar para la determinación de las ZAR y Amortiguamiento.

	Zona de Alto Riesgo por daño a equipos	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
Toxicidad (Concentración)	--	IDLH (ppm)	TLV (8 h, TWA) o TLV (15 min, STEL) (ppm)
Inflamabilidad (Radiación térmica)	Rango de 12.5 kW/m ² a 37.5 kW/m ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
Explosividad (Sobrepresión)	Rango de 3 psi a 10 lb/in ²	1.0 psi (0.070 kg/cm ²)	0.5 psi (0.035 kg/cm ²)



IV.2.1 Descripción de Escenarios.

A continuación, se indica la relación de escenarios a simular, además de los datos empleados para la determinación del inventario y la tasa de descarga utilizados:



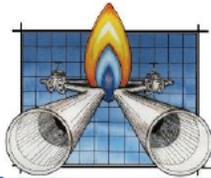
Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH)
"Terminal de Descarga Playa del Carmen"
 Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

IV

Tabla 6 Relación de Escenarios de simulación.

No.	Clave de Escenario	Descripción del escenario	DEF ¹	Presión (kg/cm ²)	Duración de Fuga	Flujo Másico (kg/s)	Masa Fugada (kg)	Tipo de Esc.
1	ARSH-GNCPC - 01	Rotura diametral al 100% de la tubería de 1 ½" en el panel de descarga de Gas Natural comprimido, debido al cierre en falso de la válvula manual generando la sobrepresión del gas natural (>1.5 MAWP), ocasionando la fuga de gas natural hacia el exterior.	1.5"	293.15	60 s	24.48	1 468.8	PC
2	ARSH-GNCPC - 02	Rotura diametral al 20% de la tubería de 1 ½" en el panel de descarga de Gas Natural comprimido, debido al cierre en falso de la válvula manual generando la sobrepresión del gas natural (>1.5 MAWP), ocasionando la fuga de gas natural hacia el exterior.	0.3"	293.15	60 s	0.9795	58.77	CA
3	ARSH-GNCPC - 03	Rotura diametral al 20% de la tubería de 3" debido al desgaste de materiales producto del exceso de presión por fallas del PRM, ocasionando la fuga de gas natural hacia el exterior.	0.6"	100	120 s	2.2884	274.60	CA

En el **Anexo 8**, se incluye la memoria de cálculo de cada uno de los escenarios indicados en la tabla anterior.



Los criterios para la determinación de las áreas de riesgo (Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos (ZARDE), Zona de Alto Riesgo (ZAR) y Zona de Amortiguamiento (ZA)), fueron los que establece la Guía para elaboración de análisis de riesgo del sector hidrocarburos en su apartado 5.4.2.2 (Tabla 31), mismos que se indican a continuación:

Tabla 7 Parámetros a utilizar para la determinación de las zonas de riesgo.

	Zona de Alto Riesgo por daño a equipos	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
Inflamabilidad (Radiación térmica)	Rango de 12.5 kW/m ² a 37.5 kW/m ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
Explosividad (Sobrepresión)	Rango de 3 psi a 10 lb/in ²	1.0 psi (0.070 kg/cm ²)	0.5 psi (0.035 kg/cm ²)

Los resultados obtenidos de acuerdo con el análisis de consecuencias de los escenarios de riesgo seleccionados por el grupo multidisciplinario a diferentes niveles (radiación térmica y sobrepresión) se describen a continuación.

Tabla 8 Resultados de los escenarios simulados.

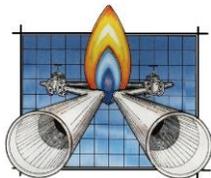
Clave de Escenario	Radiación Térmica				Sobrepresión			
	ZARDE	ZARDE	ZAR	ZA	ZARDE	ZARDE	ZAR	ZA
	(37.5 kW/m ²)	(12.5 kW/m ²)	(5.0 kW/m ²)	(1.4 kW/m ²)	10 psi	3 psi	1 psi	0.5 psi
ARSH-GNCPC -01	23.62	56.77	88.19	162.33	51.83	105.78	241.46	410.44
ARSH-GNCPC -02	6.26	12.08	18.85	34.76	17.71	36.14	82.50	140.24
ARSH-GNCPC -03	7.01	13.94	21.82	40.31	24.79	50.59	115.47	196.29

Las Hojas de Resultados de la Simulación de los Escenarios de Riesgo se incluyen en el **Anexo 9**.

Modelación de Explosiones (Sobrepresión).

Para realizar las simulaciones de los efectos por sobrepresiones en los escenarios definidos para el presente estudio se utilizó el modelo SCRI Fuego en la versión 2.1, el cual es un conjunto de herramientas, para simular en computadora; emisiones de contaminantes, fugas y derrames de productos tóxicos y daños por nubes explosivas, para estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas, para estudios de riesgo e impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal, en el manejo de situaciones de emergencia.

Si partimos de la premisa que una explosión se caracteriza por la liberación repentina de energía que produce un área momentánea de alta presión en el medio ambiente, entonces la emisión de energía y la disipación de la energía hacia el medio ambiente debe ocurrir muy rápido a fin de que el evento sea clasificado como explosión.



El efecto de una explosión se debe a la disipación de la energía liberada y una gran parte de la energía liberada se transforma en un incremento de presión en la atmósfera (sobrepresión explosiva).

Modelación de Incendio.

Este modelo calcula y proporciona los radios de la zona en donde el fuego provoca quemaduras a personas sin protección, dichos radios están dados en dos escalas que determinan quemaduras letales para el radio que delimita los 9.5 kW/m² y quemaduras de segundo grado para el radio que marca los 5 kW/m² de radiación. El modelo trabaja con los siguientes parámetros de la sustancia simulada:

- Peso molecular,
- Gravedad específica,
- Temperatura,
- Área del incendio.

El modelo asume que la velocidad del viento es insuficiente, como para mantener un área circular de fuego y que las personas expuestas no están protegidas completamente contra los efectos de la radiación térmica por el uso de cualquier ropa.

Límites para definición de las áreas de riesgo y amortiguamiento.

Para poder definir los límites con los que se establecen los escenarios y las zonas de seguridad en el entorno de estos, se utilizan los criterios dados por la Agencia de Seguridad Energía y Medio Ambiente (ASEA).

Para el caso de la radiación térmica y las sobrepresiones se cuenta con los siguientes valores definidos por la ASEA.

Inflamabilidad (radiación térmica).

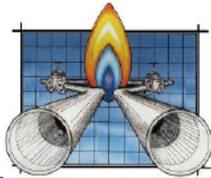
- Zona de alto riesgo por daño a equipos: 37 kW/m² (kilowatt por metro cuadrado) a 12.5 kW/m²,
- Zona de alto riesgo: 5 kW/m²,
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 1.4 kW/m².

Explosividad (sobrepresión).

- Zona de alto riesgo por daño a equipos: 10 psi (Libras por pulgada cuadrada) a 3 psi,
- Zona de alto riesgo: 1 psi,
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 0.5 psi.

Una evaluación del riesgo sólo queda completa si se conocen las consecuencias de un accidente por muy eventual que sea. Por este motivo, la última etapa de una evaluación de riesgo consiste en analizar las consecuencias de un accidente potencial importante en las instalaciones y su efecto en el medio ambiente.

El análisis de consecuencias busca determinar la magnitud de las consecuencias de un incidente peligroso, esto es, un acontecimiento que por lo general ocurre sin advertencia, durante un periodo corto y con efectos potencialmente serios en personas y propiedades.



En la práctica, el análisis de consecuencias atiende los siguientes factores:

- Término de la fuente,
- Dispersión,
- Efecto.

Factores de mitigación.

Término de la fuente. Es la evaluación de las características de la liberación peligrosa inicial, y es la base sobre la cual se construye el resto de la secuencia del análisis.

Dispersión. Los modelos de dispersión se aplican a escenarios de liberaciones al aire y se clasifican en términos de la diferencia en densidad entre el material liberado y la atmósfera.

Fuego y explosión. Se hace énfasis en peligros provenientes de liberaciones que causan radiación térmica e impactos de presión para poder estimar los efectos de éstos en personas y materiales.

Factores de mitigación. Estos modelos analizan datos para sistemas de aislamiento, barreras, procedimientos de evacuación y acciones evasivas durante accidentes.

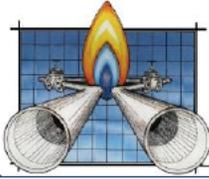
Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición.

La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que sienta dolor.

Para evaluar los efectos en un incendio, se tomarán como base los datos indicados en la siguiente tabla:

Tabla 9 Efectos generados por radiación térmica.

(kW/m ²)	Daño a equipos / materiales	Daño a personas
400	Máxima radiación tolerable por una pared de ladrillos.	-
200	Debilitamiento del hormigón armado.	-
60	Máxima radiación tolerable por el cemento.	-
40	Máximo tolerable por el acero estructural y el hormigón prensado. Destrucción de equipos y tanques.	-
37.5	Suficiente para causar daños a equipos de proceso; colapso de estructuras.	100% de mortalidad en 1 minuto.
25	El acero delgado, aislado, puede perder su integridad mecánica. Energía mínima para encender madera, por la larga exposición, sin llama.	1% de mortalidad en 1 minuto. Lesiones significativas en 10 segundos.
12.5	Energía mínima para encender madera después de una larga exposición, con llama ignición de tubos y recubrimientos de plástico en cables eléctricos. Daños severos a equipos de instrumentación.	ZONA DE INTERVENCIÓN: máximo soportable protegido con trajes especiales, por tiempo limitado (ejemplo bomberos). Es más que conveniente, de todos modos, refrigerar a la persona expuesta a esta dosis. Sin trajes



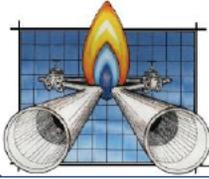
(kW/m ²)	Daño a equipos / materiales	Daño a personas
		especiales, 1% de mortalidad en 1 minuto, quemaduras de 1er grado en 10 segundos.
11.7	El acero delgado, parcialmente aislado, puede perder su integridad mecánica.	-
9.5		Umbral de dolor alcanzado después de 8 segundos, quemaduras de segundo grado después de 20 segundos.
8	-	Umbral de letalidad (1% de afectación) por incendio, para un tiempo de exposición de 1 minuto. Asfixia por la disminución de Oxígeno y la exposición a los humos generados por el incendio.
4	-	ZONA DE ALERTA: suficiente para causar dolor si la exposición es mayor a 20 segundos. Quemadura de 1er grado. Improbable formación de ampollas.
1.5	-	Máximo soportable por personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado.
1.39	-	No causará incomodidad en exposiciones prolongadas.

Formación de ondas de sobrepresión.

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 10 Efectos generados por ondas de sobrepresión.

Sobrepresión (psi)	Daño esperado
0.03	Ruptura ocasional de ventanas de vidrio grandes que ya se encuentren bajo tensión.
0.04	Ruido elevado (143 dB); fallas en vidrio debido al “boom” sónico.
0.10	Ruptura de ventanas pequeñas bajo tensión.
0.15	Presión típica para fallas en vidrio.
0.30	Cierto daño en techos de casas, 10% de rupturas en vidrios de ventana.
0.40	Daño estructural menor limitado.
0.50 - 1.0	Normalmente ventanas despedazadas, algo de daño en los marcos de estas.
0.7	Daño menor a estructuras de casas.
1.0	Demolición parcial de casas, estas se vuelven inhabitables.
1.0 – 2.0	Paneles de metal corrugado que fallan y se doblan. Implosión de paneles de madera para construcción.
1.0 – 8.0	Rango de lesiones de leves a serias debido a laceraciones de la piel por pedazos volantes de vidrio y otros misiles.

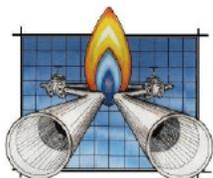


Sobrepresión (psi)	Daño esperado
1.3	Ligera distorsión en marco de metal de edificios recubiertos.
2.0	Colapso parcial de muros y techos de casas.
2.0 – 3.0	Dstrucción de muros de concreto no reforzado o de block prequemado.
2.3	Límite inferior de daño estructural serio.
2.4 - 12.2	Rango de 1 a 90% de rotura de tímpanos entre las personas expuestas.
2.5	Dstrucción del 50% del enladrillado casero.
3.0	Edificios con estructura de acero distorsionados y arrancados en sus cimientos.
3.0 – 4.0	Edificios de panel de acero sin estructura arruinados.
4.0	Ruptura en recubrimiento de edificios industriales ligeros.
5.0	Postes de madera arrancados.
5.0 – 7.0	Dstrucción casi completa de casas.
7.0	Volcadura de carros de ferrocarril con carga.
7.0 – 8.0	Falla en muros de ladrillo de 8 a 12” de espesor sin refuerzo debido a la flexión o desgarre.
9.0	Demolición de contenedores de ferrocarril con carga.
10.0	Posible destrucción total de edificios.
14.5 - 29.0	Rango de 1 ha 99% de fatalidades entre las personas expuestas debido a los efectos directos del estallido.
300	Formación de cráter.

Baker, W.E; Explosion Hazards and Evaluation
 Lees, F.P.; Prevención de Pérdidas en Industrias de Procesos,
 Vol. 1, Butterworths, London & Boston, 1980.

IV.2.2 Representación de los resultados de la simulación de consecuencia.

La representación de los radios de afectación se incluye en el **Anexo 10**.



IV.3 ANÁLISIS DE RIESGO.

IV.3.1 Análisis de Vulnerabilidad.

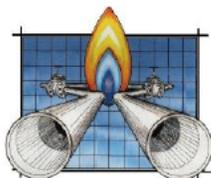
Dentro del área de influencia de la Estación de Servicio de Gas Natural, existen instalaciones que por sus características, pueden ser susceptibles de afectación en caso de presentarse una situación de riesgo de las características planteadas en los escenarios propuestos, lo cual, dependiendo de las características de dichas instalaciones, pueden agravar la situación de emergencia que se pueda presentar la operación del proyecto, por lo que se debe hacer un análisis de interacciones, y con base en ello, implementar las medidas preventivas y acciones a correctivas a seguir para minimizar la probabilidad de presencia de un evento indeseable.

Cabe mencionar, que la estación de GNC se localiza al Sureste de la zona urbana del municipio de Solidaridad, Quintana Roo, en una zona totalmente urbanizada, por lo que, dentro del área de influencia del proyecto existen zonas habitacionales y comerciales que pudieran ser afectadas en el remoto caso de presentarse una situación de emergencia con la operación normal de la estación.

A continuación, se indica el análisis de interacciones correspondiente a cada uno de los escenarios planteados en el presente Análisis de Riesgo:

Tabla 11 Interacciones de Riesgo.

Escenario	Instalación	Zonas de interés	Distancia respecto al ducto o instalación (m)	Zonas de riesgo que inciden con la Zona de Interés	
				Radiación	Sobre-presión
ARSH-GNCPC -01	Panel de Descarga	ERM de salida a la Terminal	10	ZARDE	ZARDE
		Cuarto Eléctrico	20	ZARDE	ZARDE
		Corralón Municipal	13	ZARDE	ZARDE
		Vialidad Jacinto Pat 3	27	ZARDE	ZARDE
		Vialidad Jacinto Pat	98	ZA	ZARDE
		Vegetación Natural	36	ZARDE ZAR ZA	ZARDE ZAR ZA
		Colonia La Toscana	120	ZA	ZAR
		Colonia Real del Sol Residencial	220	--	ZAR
		Centro de Distribución	187	--	ZAR



Escenario	Instalación	Zonas de interés	Distancia respecto al ducto o instalación (m)	Zonas de riesgo que inciden con la Zona de Interés	
				Radiación	Sobre-presión
		Tienda de Productos para el hogar	272	--	ZA
		Almacenes Refrigerados	263	--	ZA
		Hospital Privado	343	--	ZA
ARSH-GNCPC -02	Panel de Descarga	ERM de salida a la Terminal	10	ZARDE	ZARDE
		Cuarto Eléctrico	20	ZA	ZARDE
		Corralón Municipal	13	ZAR	ZARDE
		Vialidad Jacinto Pat 3	27	ZA	ZARDE
		Vialidad Jacinto Pat	98	--	ZA
		Vegetación Natural	36	--	ZARDE ZAR ZA
		Colonia La Toscana	120	--	ZA
ARSH-GNCPC -03	Sistema Reductor de Presión (PRM)	ERM de salida a la Terminal	9	ZARDE	ZARDE
		Cuarto Eléctrico	22	ZA	ZARDE
		Corralón Municipal	12	ZARDE	ZARDE
		Vialidad Jacinto Pat 3	23	ZA	ZARDE
		Vialidad Jacinto Pat	97	--	ZAR
		Vegetación Natural	36	--	ZARDE ZAR ZA
		Colonia La Toscana	128	--	ZA

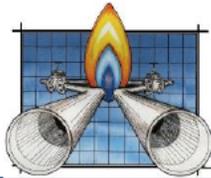
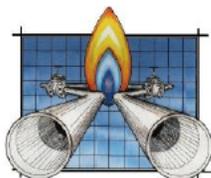


Tabla 12 Interacciones de Riesgos y Descripción de los Posibles Receptores de Riesgo.

Clave del Escenario	Equipo/Sitio de la planta	Sustancia Peligrosa Involucrada	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la afectación	Equipos o instalaciones presentes en el radio de afectación	Distancia de los equipos o instalaciones al punto de fuga	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
ARSH-GNCPC-01	Panel de Descarga	Gas Natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	56.77	ERM de salida a la Terminal	10	1 PSV-100 en línea del Panel de Descarga. 2 PI-100. Indicador de Presión en Panel de Descarga.	Ningunas
						Cuarto Eléctrico	20		
						Corralón Municipal	13		
						Vialidad Jacinto Pat 3	27		
						Vegetación Natural	36		
				Sobrepresión	105.78	ERM de salida a la Terminal	10		
			Cuarto Eléctrico			20			
			Corralón Municipal			13			
			Vialidad Jacinto Pat 3			27			
			Vialidad Jacinto Pat			98			
			Vegetación Natural			36			
			Alto Riesgo	Radiación	88.19	Vegetación Natural	36		
Vegetación Natural	36								
Sobrepresión	241.46	Vegetación Natural		36					
		Colonia La Toscana		120					
		Colonia Real del Sol Residencial		220					
		Centro de Distribución		187					
ARSH-GNCPC-02	Panel de Descarga	Gas Natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	12.08	ERM de salida a la Terminal	10	1 PSV-100 en línea del Panel de Descarga. 2 PI-100. Indicador de Presión en Panel de Descarga	Ningunas
				Sobrepresión	36.14	ERM de salida a la Terminal	10		
						Cuarto Eléctrico	20		
						Corralón Municipal	13		
						Vialidad Jacinto Pat 3	27		
						Vegetación Natural	36		
			Radiación	18.85	Corralón Municipal	13			



Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH)

“Terminal de Descarga Playa del Carmen”

Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

IV

Clave del Escenario	Equipo/Sitio de la planta	Sustancia Peligrosa Involucrada	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la afectación	Equipos o instalaciones presentes en el radio de afectación	Distancia de los equipos o instalaciones al punto de fuga	Descripción de Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
			Alto Riesgo	Sobrepresión	82.50	Vegetación Natural	36		
ARSH-GNCPC-03	Sistema Reductor de Presión (PRM)	Gas Natural	Alto Riesgo en equipos	Radiación	13.94	ERM de salida a la Terminal	9	4 Transmisor de Presión a la salida del PRM el cual manda a paro la Terminal. 5 Sistema para la Detección de Mezclas Explosivas, el cual manda a paro la Terminal de Descarga. 6 PI-001. Indicador de Presión en la EM.	Ningunas
						Corralón Municipal	12		
				Sobrepresión	50.59	ERM de salida a la Terminal	9		
						Cuarto Eléctrico	22		
			Corralón Municipal			12			
			Vialidad Jacinto Pat 3			23			
			Alto Riesgo	Radiación	21.82	Vegetación Natural	36		
						NA	NA		
Sobrepresión	115.47	Vialidad Jacinto Pat		97					
		Vegetación Natural		36					

A continuación se realiza la descripción de los efectos que se tendrán sobre los equipos existentes en el proyecto, así como al ambiente, además describe a detalle las instalaciones y componentes ambientales (agua, suelo, flora, fauna), zonas habitacionales, escuelas, comunidades o asentamientos humanos que pudieran encontrarse inmersos en las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento, para cada uno de los escenarios simulados, así como los sistemas de seguridad y medidas para reducir la probabilidad de ocurrencia y/o consecuencia.

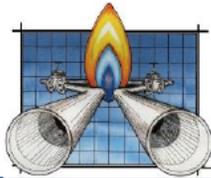
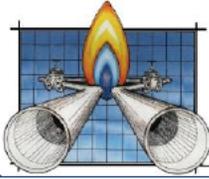
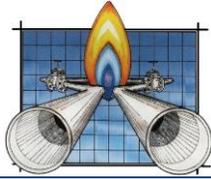


Tabla 13 Afectaciones a los receptores de Riesgo (Descriptiva General).

Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción
Descriptiva General (Simulaciones en Jet Fire y Sobrepresión)	Población/ Personal	Radiación	Alto Riesgo	El daño esperado en las personas dentro de las Zonas de Riesgo donde se alcanzan niveles de Radiación de hasta 40 kW/m ² , es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto, posterior a los 40 kW/m ² y hasta niveles de 25 kW/m ² solo se esperan lesiones significativas en las personas si se exponen a la radiación en 10 segundos. Posterior a los 25 kW/m ² y hasta niveles de 12.5 kW/m ² las afectaciones en seres humanos es que éstos presentarán quemaduras de primer grado en un tiempo de 40 segundos. A partir 12.5 kW/m ² y hasta niveles de 5 kW/m ² , es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 40 segundos y se presentarán quemaduras de primer grado, aunque es improbable la formación de ampollas, hasta este nivel es que se pueden causar afectaciones a las personas.
			Amortiguamiento	A partir de los 5 kW/m ² m las personas pueden soportar la radiación con la vestimenta adecuada (vestimenta de civil) y por tiempos prolongados. A niveles de 1.4 kW/m ² , las afectaciones a las personas son nulas ya que es el nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta.
		Sobre presión	Alto Riesgo	Valores máximos de sobrepresión y hasta 10 psi se esperan posibles fatalidades en personas expuestas directamente a las ondas de sobrepresión. De 10 psi y hasta 5 psi, se estaría en un rango de 1 al 90% de rotura de tímpanos en personas expuestas directamente a la explosión, sin causar mortalidades en las mismas.
			Amortiguamiento	En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, no existen daños en personas.
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m ² a 12.5 kW/m ² , por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m ² 5.0 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.
			Amortiguamiento	Radiaciones que van de 5.0 kW/m ² 1.4 kW/m ² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta.
		Sobre presión	Alto Riesgo	La generación de una explosión no confinada conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, por las ondas de sobrepresión que estarían generando la posible caída de árboles y el desplazamiento de fauna, por la generación de ruido, sin embargo, son mínimas las afectaciones hacia el medio ambiente.
			Amortiguamiento	

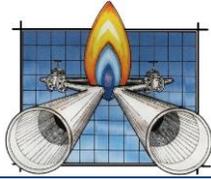


Clave del Escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción
	Instalaciones	Radiación	Alto Riesgo	<p>Las afectaciones en la infraestructura son muy significativas, ya que tanto el acero estructural como el hormigón armado tienen a perder su integridad física, además de que las estructuras de madera o vegetación en general tienen a verse afectadas por la autoignición de estas, ocasionando un incendio mayor.</p> <p>Además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero y civiles existentes, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m².</p> <p>De 40 kW/m² hasta 25 kW/m². En esta zona se causarán daños a las instalaciones o instrumentación conformadas por acero delgado, tales como instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente).</p> <p>En el límite de la ZARDE que equivale a 12.5 kW/m², solo se causarán daños menores a los equipos y estructuras de acero.</p> <p>12.5 kW/m² y hasta los 5 kW/m² que es el límite de la Zona de Alto Riesgo (ZA), los daños a equipos son mínimos y no se corre el riesgo de colapso de los mismo o pérdida de materiales por daños mayores.</p>
Amortiguamiento			<p>La Zona de Amortiguamiento (ZA) para Radiación se encuentra a partir de los 5 kW/m² hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m²; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil del Proyecto.</p>	
Sobre presión		Alto Riesgo	<p>A 300 psi se sufrirá la destrucción total de equipos sistemas y estructuras, ya que a este nivel de sobrepresión se pueden generar cráteres en la zona de la explosión.</p> <p>De 300 psi a 10 psi, se espera la destrucción de la infraestructura de proceso y servicios (tuberías, tanques, bombas, medidores, etc.), con valores de hasta \$50,000,000 USD.</p> <p>Con valores de sobrepresión de hasta 3 psi, la presión es suficiente para causar el colapso parcial de estructuras mecánicas y civiles, con pérdidas de hasta \$5,000,000 USD.</p> <p>Valores de hasta 1 psi, daños parciales en techos y muros por lo que los cuartos de control y edificios administrativos tienden a ser inhabitables por los daños generados.</p>	
		Amortiguamiento	<p>En la Zona de Amortiguamiento de hasta 0.5 psi, solo se causarán daños menores en estructuras civiles como, malformaciones menores en marcos de puertas y ventanas, en esta zona y a partir de los 0.5 psi, no existen daños en la infraestructura civil o mecánica de zonas industriales o habitacionales.</p>	



Índice

IV. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO. ...	2
IV.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD.....	2
IV.2 MEDIDAS PREVENTIVAS.....	4



V. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO.

V.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD.

Dentro del proyecto contarán con los siguientes dispositivos para prevenir y mitigar los posibles accidentes:

- Sistema de paro por emergencia, en cada unidad de despacho, equipos de compresión, compresores, enfriadores, cuarto de tableros, oficinas, además en los equipos de compresión, en cada etapa y tanques de recuperación, así como tanques de almacenamiento y postes de llenado,
- Sistemas de drenajes pluvial y aceitoso,
- Válvulas de seguridad,
- Botones de paro de emergencia en diferentes puntos como compresión, cuarto de tableros, oficinas y otros puntos, los cuales al ser activados realizan un paro total de los sistemas de compresión, cierran válvulas de succión y descarga, activando la alarma audible y sonora que indica situación anormal en los procesos, requiriendo para su reinicio de operación la corrección del evento,

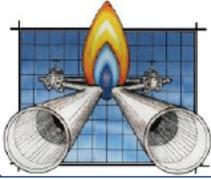
- Extintores (Portátiles y Móviles),

Los extintores portátiles de polvo químico, son de las siguientes características:

- ✓ Unidades de extinción 40 a 120-B:C
 - ✓ Agente extintor a base de bicarbonato de potasio
 - ✓ Capacidad de 9 kg (20 lb)
 - ✓ Color rojo bermellón
 - ✓ Tiempo de descarga de 8 a 25 segundos
 - ✓ Alcance horizontal de chorro de 3.04 a 6.09 m (10 a 20 ft) y deben cumplir con los requerimientos del NFPA 10-2018.
- Extintores Móviles-Sobre ruedas,

Los extintores móviles de polvo químico, son de las siguientes características:

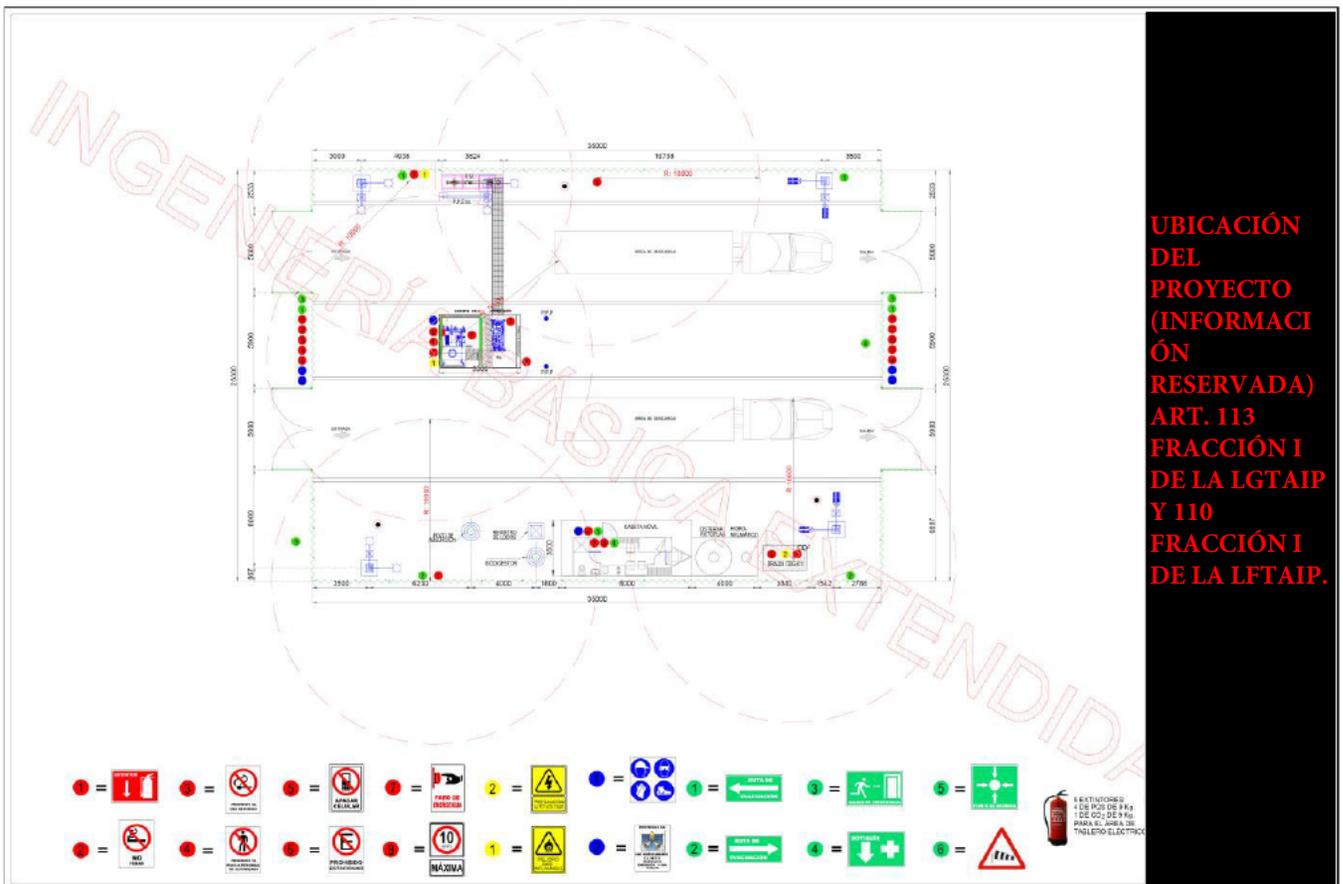
- ✓ Unidades de extinción 80 a 640-B:C
- ✓ Agente extintor a base de bicarbonato de potasio
- ✓ Capacidad de 68 Kg (150 lb).



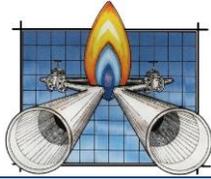
Uno de los más importantes puntos que no se debe olvidar en este tipo de estaciones, es la seguridad, la cual ha sido considerada para que el personal operario tenga acceso a esta de manera inmediata. Es decir, existen **botones de paro de emergencia**, en los equipos de compresión, cuarto de tableros, Oficinas y otros puntos, los cuales, al ser activados, des energizan totalmente los sistemas de compresión, cierran válvulas de succión y descarga de compresores. Seguido de lo anterior la activación de una alarma audible y sonora indica situación anormal de operación. Requiriendo para su reinicio de operación el reconocimiento de la alarma y la corrección del evento que originó el paro de los equipos.

Además, cada equipo de compresión, tanques de recuperación, así como los tanques de almacenamiento y cuenta con **válvulas de seguridad** calibradas para operar a una presión superior a la de operación normal.

Y en el cuarto de los compresores, se cuenta con detectores de mezclas explosivas que son monitoreadas por el PLC y le permiten tomar decisiones como emitir desde una alarma cuando hay presencia de gas en el entorno, hasta dejar fuera de servicio el equipo de compresión al detectar una mezcla explosiva de alto riesgo.



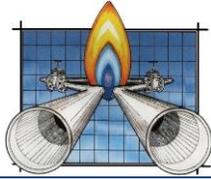
Plano de localización de señalamientos y equipos de seguridad.



IV.2 MEDIDAS PREVENTIVAS.

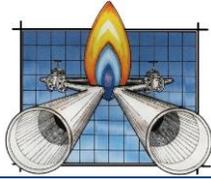
Como parte de las medidas preventivas, para la Terminal de Descarga se tienen previstas las siguientes medidas:

- Capacitación del personal,
- Programa para atención de Contingencias Ambientales,
- Programa para restauración de afectaciones en caso de accidente,
- Programa Interno de Protección Civil.



Índice

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	2
VI.1 CONCLUSIONES	2
VI.2 RECOMENDACIONES	3



VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

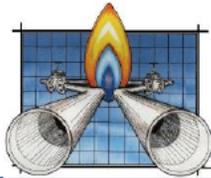
VI.1 CONCLUSIONES.

El presente Análisis de Riesgos llevó a la conclusión de que los riesgos mayores en la Terminal de Descarga, es la probable falla de tuberías e instrumentación por la variación en las condiciones de operación, lo cual puede repercutir en incendio y explosión por algún daño realizado a la instalación producto del desgaste normal de equipos o por fallas en la fabricación de los materiales, mismos que al fallar repercuten en la liberación inmediata del combustible manejado en los sistemas, por lo que, si no se contarán con las medidas preventivas adecuadas se corre el riesgo de llegar a situaciones catastróficas tanto en la instalación como en la población en general, por tal motivo la Promovente, en su momento y de ser requerido por la autoridad, dará a conocer a los habitantes aledaños a la zona, las medidas de prevención y control que se instaurarán en cada punto de la estación para reducir los riesgos existentes por incendio y explosión.

El riesgo es evidente por ser una instalación que maneja gas natural, mismo que es controlable y de ser posible su reducción poniendo especial atención en las actividades de mantenimiento y supervisión constante en la operación de la Terminal. Aunado a lo anterior, los programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo ayudarán a anticiparse a cualquier falla mecánica o de operación que se pueda presentar.

La verificación de la integridad mecánica y de operación de los equipos operativos, se realizará antes de entrar en operación y posteriormente con apego a la normativa, lo que asegura y reduce los riesgos por fallas en los componentes e instrumentación de los equipos y sistemas de Gas Natural.

Por lo anterior y de acuerdo a los resultados del Análisis de Riesgos, se concluye que el nivel de riesgo de la Terminal es Alto, ya que si bien, de acuerdo al análisis realizado mediante HAZOP las desviaciones de mayor riesgo fueron de riesgo Medio, considerando su evaluación con las medidas preventivas y salvaguardas disponibles para cada desviación, sus consecuencias pueden ser catastróficas en caso de presentarse, y además, de acuerdo a los árboles de falla presentados su probabilidad de ocurrencia es significativa si se considera que los eventos de mayor probabilidad resultantes fueron de un evento cada 10 años, sin embargo es necesario que una vez puesta en operación la Terminal de Descarga se realice la actualización del presente Análisis de riesgos y se estructure el Programa para Prevención de Accidentes (PPA) conforme a los escenarios de riesgo resultantes.



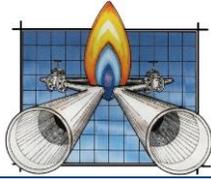
VI.2 RECOMENDACIONES.

Las recomendaciones Técnico-Operativas derivadas del Análisis HAZOP se indican en la siguiente tabla:

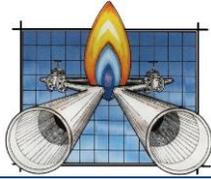
Recomendación de HAZOP	Prioridad	Ubicación en el HAZOP				
		Nodo	CAT	S	L	RR
1 Documentar en los DTIs la presión de diseño de la tubería de 3" AC que alimenta a los compresores	Media	2.6.1.1	E	4	2	8
2 Contar con evidencia documental de la calidad del gas natural que se recibe en la Estación de Medición, y en base a ello considerar la instalación de un elemento filtrante	Alta	2.8.1.1	A	4	1	4
3 Verificar que la presión de diseño de la tubería de alimentación de 3" AC sea de 500 psig y que la presión de disparo por alta presión de succión del compresor sea de 70 psig (de acuerdo a las condiciones de diseño) y documentarlo en los DTIs.	Media	2.6.1.1	E	4	2	8

Adicionalmente, se recomienda implementar las siguientes recomendaciones:

- Elaborar y poner en práctica un programa para la calibración de los instrumentos de medición y control, así como para el mantenimiento de estos de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- Ya en operación, elaborar el Programa para la Prevención de Accidentes (PPA), en el cual se incluyan todos los procedimientos de emergencia con los que contará la Estación; además donde se establezca que la empresa promovente deberá de estar en coordinación con Protección Civil municipal y estatal para la atención de cualquier emergencia que se llegue a presentar.
- Incluir dentro de un programa, el mantenimiento al sistema contra incendio, que se instalará en la Estación, y aplicarlo por lo menos una vez al mes, y contar con una lista de verificación de las condiciones de dicho sistema.
- Realizar simulacros de incendio (por lo menos dos veces al año) de tal manera que se evalúe la capacidad de respuesta del personal para la atención de una emergencia.
- Toda la señalización de las tuberías, equipos y componentes, así como vialidades, rutas y salidas de emergencia, entre otras, debe mantenerse visible y en buen estado, cumpliendo con la normatividad nacional aplicable.
- Incorporar un programa de capacitación al personal operativo de la estación, con objeto de desarrollar conocimiento y experiencia en la aplicación de procedimientos e instrucciones de forma tal que las instalaciones se operen de manera segura.
- Contar con programas de verificación para todos los dispositivos de seguridad.

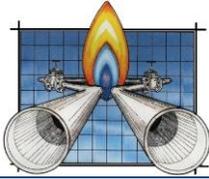


- El sistema de compresión deberá contar con un sistema de paro que se active al momento de detectar condiciones inseguras.
- El sistema de compresión deberá contar con elementos que eviten la vibración de tuberías durante la succión y la descarga de GN.
- Contar con un sistema que permita dar mantenimiento a cualquier componente de protección sin que el recipiente se quede sin la protección requerida (sistema redundante).
- Contar con un sistema para la identificación permanente en todos los recipientes de almacenamiento que indique lo siguiente:
 - a. Nombre del fabricante;
 - b. Estándares aplicados para su diseño y fabricación;
 - c. Material de fabricación;
 - d. Fecha de fabricación;
 - e. Vida útil garantizada;
 - f. Capacidad líquida nominal en litros de agua;
 - g. Presión de diseño;
 - h. Presión de Servicio Nominal;
 - i. Presión de Trabajo Máxima Permitida (PTMP), y
 - j. Rango de temperaturas en grados Celsius para el cual se diseñó el tanque.
- Contar con el certificado para todos los accesorios y equipos, que asegure que han sido diseñados, construidos, inspeccionados, marcados y probados de acuerdo con las Normas Aplicables para la tecnología empleada.



Índice

VI. RESUMEN EJECUTIVO.	2
VII.1 RESUMEN GENERAL EN MATERIA DE RIESGO.	2
VII.2 INFORME TÉCNICO.	4



VI. RESUMEN EJECUTIVO.

VII.1 RESUMEN GENERAL EN MATERIA DE RIESGO.

El proyecto consiste en la construcción y operación de una Terminal de Descarga de Gas Natural Comprimido, la cual estará constituida por la siguiente distribución de áreas:

- ✓ Área de Acometida de Gas ó de Estación de Medición (EM).
- ✓ Área de Subestación eléctrica.
- ✓ Almacén de Residuos Peligrosos.
- ✓ Área de Cuarto eléctrico, de Control, de equipos de Servicios Propios, Baños, almacén de refacciones, Cuarto de Operadores, y Oficinas de Facturación.
- ✓ Área de Compresores.
- ✓ Área de Bombas de succión.
- ✓ Área ó isla de Dispensarios de bajo flujo gas natural, (Integrada por cuatro dispensarios).
- ✓ Área de Patio de Maniobras.
- ✓ Tienda de Conveniencia.

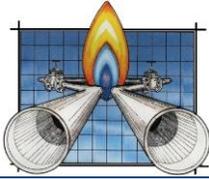
Para el diseño de la Terminal de Descarga de Gas Natural Comprimido, la ingeniería se elaborará en base y cumpliendo por lo requerido por las normas mexicanas aplicables en su última edición.

La terminal de descarga se desarrollará en un área donde se procederá al mejoramiento de la resistencia del suelo, de acuerdo a las recomendaciones de la mecánica del suelo. Se delimitará el perímetro de la construcción y solo se dejará accesos para el personal y maquinaria que ingrese a la obra. Posteriormente se realizarán las excavaciones para cimentación de las diferentes edificaciones, bases de equipos, sistema de tierras, trincheras para las canalizaciones mecánicas y eléctricas, así como instalaciones hidráulicas y sanitarias

A continuación, se describen cada una de las áreas que conformarán la estación de GNC:

- **Área de Plataforma de Descarga de Remolques.** Se conformará con una estructura de terracerías y un acabado de pavimento asfáltico con espesor adecuado según el diseño de la mezcla asfáltica, quedando a un nivel de 20 cm como mínimo por arriba de la vialidad Principal. Los caminos deben tener un ancho mínimo de 6 m y el trazado y radio de las curvas deben permitir la maniobra adecuada de remolques.
- **Área de Equipo de Descompresión.** El equipo descansará sobre una base de concreto reforzado y estará 0.20 m arriba del nivel de piso.

El área cuenta con extintor contra incendios, diversos letreros y señalamientos de seguridad y postes de protección, los cuales estarán diseñados como a continuación se describe:



Deben estar espaciados no más de 1.00 m entre caras interiores, enterrados verticalmente no menos de 0.90 m bajo NPT, con altura mínima de 0.90 m sobre NPT. Deben ser de cualquiera de los siguientes materiales:

Concreto armado: De al menos 0.20 mm de diámetro;

Tubería de acero al carbono: Cédula 80, de al menos 102.00 mm de diámetro nominal

Tubería de acero al carbono: Cédula 40, de al menos 102.00 mm de diámetro nominal, rellena con concreto.

Las protecciones antes señaladas deben marcarse con franjas diagonales alternas amarillas y negras, y estar ubicadas a cuando menos 1.00 m del sistema expuesto a impacto vehicular.

- **Área de Control, Baño, almacén de refacciones y Taller.** En el proyecto “Playa del Carmen” será utilizada una caseta móvil, la cual será instalada sobre una plancha de concreto quedando 15 cm como mínimo por arriba del nivel de piso.
- **Área de Cuarto Eléctrico.** Se construirán a base de muros de block de concreto hueco (15x20x40) con resistencia nominal de 60 kg/cm² con espesor de 15 cm de ancho, confinados con dalas y castillos de concreto y acero de refuerzo según su resistencia y cantidad de refuerzo requerida. La cimentación se empleará del tipo corrida de concreto reforzado.
- **Área de Acometida de Gas o de Estación de Medición (EM).** La Estación de Medición estará descansada sobre una base de concreto reforzado con dimensiones y resistencia apropiada para soportar las cargas a las que refiere, quedando a un nivel de 10 cm por arriba del nivel de piso.
- **Tanques de Patio de Maniobras.** Se conformará con una estructura de terracerías y un acabado de pavimento asfáltico con espesor adecuado según el diseño de la mezcla asfáltica, quedando a un nivel de 20 cm como mínimo por arriba de la vialidad municipal.

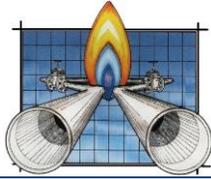
Previo a la cimentación de las edificaciones se realizará un estudio de mecánica de suelos como ya se ha mencionado en el cual se determinará el extracto de suelo más apropiado para el desplante y construcción de las diferentes áreas.

El terreno que ocupará la terminal de descarga, se tendrá delimitado por una malla perimetral con una altura mínima de 2.00 m cumpliendo con una norma NOM-010-ASEA, esto con la finalidad de restringir el acceso a personas ajenas a la terminal.

La tubería de gas se llevará por medio de soportes a nivel de piso terminado.

El objetivo del presente proyecto es la construcción y operación de una Terminal de Descarga de Gas Natural, la cual estará ligada a los programas de infraestructura impulsados por el gobierno federal.

La Terminal de Descarga tendrá como principal objetivo el de suministrar gas natural a un sistema de distribución de gas natural existente, en instalaciones donde se contará con todas las medidas de seguridad requeridas para este tipo de actividad, lo cual, en un futuro, reemplazar el uso de combustibles como Diesel y gasolinas.



En el proyecto ejecutivo en cuestión, se aplica ingeniería de punta con el objetivo de minimizar los riesgos implícitos y satisfacer a sus clientes de combustible para la realización de sus operaciones. Como resultado del análisis de riesgo, basado en las memorias técnicas-descriptivas y diagrama de instrumentación (DTIs) de la Terminal y de los accesorios que serán instalados en dicha estación, se consideraron aquellos eventos donde estuvieran involucrados los sucesos similares ocurridos en otras partes del país, se tomaron en cuenta los accesorios, tales como: válvulas, medidores, bridas y reguladores, para la determinación de las desviaciones, causas y consecuencias de probables eventos producidos por fallas mecánicas o de operabilidad con sus probables áreas de afectación.

Una vez realizado el estudio de riesgo y analizado todas las variables que pudieran tener influencia o ser determinantes en el proyecto, se puede concluir que es factible alcanzar la edificación de una Terminal, con suficiente certidumbre de su seguridad hacia el medio ambiente y las instalaciones circundantes.

De los eventos simulados, los de mayores consecuencias resultaron ser los relativos a la formación de fugas por la falla de las mangueras y tuberías de descarga en la parte de alta presión, pero que su probabilidad es baja, sin embargo, el diseño y construcción de la Terminal será realizado con los más altos estándares de seguridad tanto nacionales e internacionales, con la finalidad de que en la etapa de operación los eventos de riesgo sean mínimos con la menor afectación al medio ambiente y zonas aledañas.

VII.2 INFORME TÉCNICO.

El Informe Técnico del presente Análisis de Riesgos, se incluye en el **Anexo 11**.