

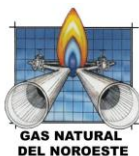
Manzanillo, Colima, a marzo de 2021.

ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS

PROYECTO NUEVO:
*“SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS
NATURAL DE LA ZONA GEOGRÁFICA
OCCIDENTE /MANZANILLO)”*

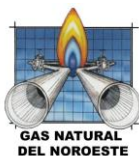
PROMOVENTE:
GAS NATURAL DEL NOROESTE,
S.A. DE C.V.

ELABORADO POR:
SISTEMAS DE INNOVACIÓN Y
DESARROLLO AMBIENTAL, S.C.

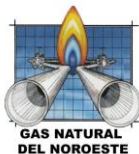


ÍNDICE

1. OBJETIVO.....	1
2. ALCANCE.....	2
3. GENERALIDADES.....	3
4. DEFINICIONES.....	5
5. CONTENIDO DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS.	11
5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	11
5.1.1. Proyecto.....	11
5.1.2. Transporte por Ductos.....	11
5.1.3. De los pozos de exploración y extracción.....	26
5.1.4. Transporte por medios distintos a ductos.....	26
5.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	26
5.2.1. Materias Primas.....	37
5.2.2. Productos y subproductos.....	37
5.3. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.....	39
5.3.1. Proyecto.....	39
5.3.2. Transporte por ductos.....	39
5.3.3. Aspectos del medio natural.....	40
5.3.3.1. Vegetación terrestre.....	40
5.3.3.2. Fauna.....	51
5.3.3.3. Suelos.....	63
5.3.3.4. Geología y Geomorfología.....	64
5.3.3.5. Hidrología.....	68
5.3.3.6. Características climáticas.....	74
5.4. ANÁLISIS y evaluación de riesgos.....	78
5.4.1. Identificación de peligros y jerarquización de escenarios de riesgo.	78
5.4.1.1. Análisis preliminar de peligros.....	78



5.4.1.2. Antecedentes de accidentes e incidentes de proyectos similares.	80
5.4.1.3. Identificación de peligros y de escenarios de riesgo.	84
5.4.1.4. Jerarquización de escenarios de riesgos.	97
5.4.2. Análisis cuantitativo de riesgo.	104
5.4.2.1. Análisis de frecuencias.	104
5.4.2.2. Análisis de consecuencias.	106
5.5. REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE CONSECUENCIA (RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN).	143
5.6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO.	143
5.6.1. Análisis de Vulnerabilidad.	143
5.6.2. Interacciones de riesgo.	148
5.7. REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGO.	152
5.8. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO.	152
5.8.1. Sistemas de seguridad.	152
5.8.2. Medidas preventivas.	156
5.8.3. Recomendaciones técnico – operativas.	161
5.9. CONCLUSIONES.	162
5.10. RESUMEN EJECUTIVO.	172
6. LISTADO DE ANEXOS.	192

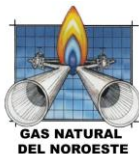


1. OBJETIVO.

El presente Proyecto tiene por nombre: “***SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DE LA ZONA GEOGRÁFICA OCCIDENTE (MANZANILLO)***”, el cual contempla instalar un sistema de distribución de gas natural por medio de ductos en la zona geográfica única, que consta de una gasoducto principal de acero en 12 pulgadas de diámetro (Interconectado con EOM) y con ramales en acero en diámetros 4” para la cobertura industrial, el sistema operará a una presión de 298.69 PSI (21 Kg/cm²); con tuberías y conexiones en acero con recubrimiento tricapa polietileno bajo norma NRF-026-PEMEX-2008.

Los objetivos específicos del presente Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos, son los siguientes:

1. Realizar un análisis preliminar de los riesgos y peligros en el establecimiento, por el manejo de combustibles.
2. Identificar los riesgos potenciales relacionados con el manejo de los materiales combustibles, a los cuales el establecimiento puede ser susceptible.
3. Evaluar y jerarquizar los riesgos identificados.
4. Evaluar cuantitativamente los escenarios de riesgo detectados, a través de modelaciones utilizando el Software SCRI Modelos.
5. Identificar y evaluar los sistemas de seguridad y medidas para administrar los riesgos derivados de los escenarios de riesgo detectados.



2. ALCANCE.

El presente documento, se centra en la determinación de metodologías para la identificación de peligros, evaluación y análisis de riesgos, las cuales serán aplicadas empleando un proceso metodológico, sistemático y consistente que permite identificar los peligros de manera exhaustiva y evaluar los riesgos de los procesos, documentando la existencia de sistemas y dispositivos de seguridad y/o medidas de reducción de riesgos para eliminar, prevenir, controlar, minimizar o mitigar los escenarios de riesgo a un nivel de riesgo tolerable.



3. GENERALIDADES.

El Proyecto “***SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DE LA ZONA GEOGRÁFICA OCCIDENTE (MANZANILLO)***”, actualmente se encuentra en etapa de diseño.

Se contempla instalar un sistema de distribución de gas natural por medio de ductos en la zona geográfica única, que consta de un gasoducto principal de acero en 12 pulgadas de diámetro (Interconectado con EOM) y con ramales en acero en diámetros 4” para la cobertura industrial, el sistema operará a una presión de 298.69 PSI (21 Kg/cm²); con tuberías y conexiones en acero con recubrimiento tricapa polietileno bajo norma NRF-026-PEMEX-2008.

El proyecto es presentado por la empresa **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, y proyectado en el municipio de Manzanillo, Colima; apegado a la Norma NOM-003-ASEA-2016, que rige y estipula todo lo referente a los sistemas de distribución de gas natural.

Actualmente el corporativo al que pertenece **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, promueve el uso del gas natural como el combustible de mayor uso en los procesos productivos de las empresas de la región, así como de otras industrias aledañas a los municipios en los cuales se localizará el proyecto; lo anterior, previendo una reducción de contaminantes emitidos por las industrias, un ahorro por costos de combustibles y una reducción de enfermedades respiratorias en los habitantes de la región.

El gas natural está compuesto principalmente por gas metano, uno de los combustibles más utilizados en el mundo y al que se tiene acceso en México a



través de una red subterránea que crece constantemente. Sus usos son muy variados, por ejemplo, se utiliza para satisfacer las necesidades energéticas de los hogares, para la operación de sistemas de calefacción y de aire acondicionado, en diversas actividades industriales, principalmente, para la generación de electricidad. En muchas ocasiones el gas natural se agrupa con otros hidrocarburos; sin embargo, tiene características únicas que lo diferencian de los demás combustibles, ya que contamina menos cuando arde y a su vez es más eficiente en los procesos de calentamiento. Es importante mencionar que el metano no tiene olor ni color. Es más ligero que el aire, así que no se mezcla cuando se libera a la atmósfera y por ende en un espacio abierto se reduce el peligro de combustión.

El crecimiento y desarrollo industrial del municipio donde incidirá el sistema para transporte de gas natural, permitirá a **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, cubrir la necesidad y demanda del energético de los socios comerciales establecidos en la localidad, con la posibilidad de que a futuro se puedan integrar otras empresas.

El utilizar Gas Natural como combustible, permitirá tener una menor generación de contaminantes que impacten al medio ambiente, ya que es un combustible más eficiente en cuanto a ahorro de energía, genera menos costos por mantenimiento y menor generación de residuos peligrosos, es más seguro en su manejo y transportación.



4. DEFINICIONES.

Para efectos de la aplicación e interpretación del presente Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos, se estará refiriendo a los conceptos y definiciones, en singular o plural, previstas en la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, el Reglamento Interior de la Agencia, la Ley de Hidrocarburos, su Reglamento, el Reglamento de las actividades a que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, así como las Normas Oficiales Mexicanas y Disposiciones administrativas de carácter general emitidas por la Agencia que le sean aplicables y a los siguientes conceptos y definiciones:

- 1) **Amenaza:** Es el acto que por sí mismo o encadenado a otros, puede generar un daño o afectación al bienestar o salvaguarda al personal, población, medio ambiente, Instalación, producción, otro;
- 2) **Análisis de Riesgo de Proceso (ARP):** Aplicación sistemática de una o más metodologías específicas para identificar Peligros y evaluar Riesgos de un proceso o sistema, con el fin de determinar metodológicamente los Escenarios de Riesgo y verificar la existencia de dispositivos, Sistemas de Seguridad, salvaguardas y barreras suficientes ante las posibles Amenazas que propiciarían la materialización de algún escenario de Riesgo identificado;
- 3) **Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH):** Documento que integra la identificación de peligros, evaluación y Análisis de Riesgos de Procesos, con el fin de determinar metodológica, sistemática y consistentemente los Escenarios de Riesgo generados por un Proyecto y/o Instalación, así como la existencia de dispositivos, Sistemas de

Seguridad, salvaguardas y barreras apropiadas y suficientes para reducir la probabilidad y/o consecuencias de los escenarios de Riesgo identificados; incluye el análisis de las interacciones de Riesgo y vulnerabilidades hacia el personal, población, medio ambiente, instalaciones y producción, así como las recomendaciones o medidas de prevención, control, mitigación y/o compensación para la reducción de Riesgos a un nivel Tolerable.

- 4) Análisis Preliminar de Peligros: Es el resultado de realizar un primer intento para identificar en forma general los posibles Riesgos que pueden originar los Peligros en un Diseño o Instalaciones en operación, para ubicar la situación actual que se tiene respecto de la Administración de los Riesgos;
- 5) BLEVE: ("Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion" por sus siglas en inglés). Explosión de vapores en expansión de líquido en ebullición;
- 6) Capa de Protección: Cualquier Mecanismo independiente que reduzca el Riesgo mediante el control, la prevención o la mitigación;
- 7) Efecto Dominó: También conocido como encadenamiento de eventos, evento asociado a un incendio o explosión en una Instalación, que multiplica sus consecuencias por efecto de la sobrepresión, proyectiles o la radiación térmica que se generan sobre elementos próximos y vulnerables, tales como otros recipientes, tuberías o equipos de la misma Instalación o Instalaciones próximas, de tal forma que puedan ocurrir nuevas fugas, derrames, incendios o explosiones que a su vez, pueden nuevamente provocar efectos similares;
- 8) Escenario de Riesgo: Determinación de un evento hipotético derivado de la aplicación de la metodología de identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, en el cual se considera la probabilidad de ocurrencia y severidad de las consecuencias y, posteriormente, determinar las zonas

potencialmente afectadas mediante la aplicación de modelos matemáticos para la Simulación de consecuencias;

- 9) Exposición: Contacto de las personas, población o elementos que constituyen el medio ambiente con Sustancias Peligrosas o contaminantes químicos, biológicos o físicos o la posibilidad de una situación Peligrosa derivado de la materialización de un Escenario de Riesgo;
- 10) Función Instrumentada de Seguridad (FIS): Una combinación de sensores, controlador lógico y elemento final de control con un determinado Nivel de Integridad de Seguridad (SIL) que detecta una condición fuera de límite (anormal) y lleva al proceso a un estado seguro funcionalmente sin intervención humana, o iniciado por un operador entrenado en respuesta a una alarma;
- 11) IDLH ("Immediately Dangerous to Life or Health", por sus siglas en inglés). Inmediatamente Peligroso para la vida o la salud: Concentración máxima de una Sustancia Peligrosa, expresada en partes por millón (ppm) o en miligramos sobre metro cúbico (mg/m³), que se podría liberar al ambiente en un plazo de treinta minutos sin experimentar síntomas graves ni efectos irreversibles para la salud;
- 12) Nivel de Integridad de Seguridad (SIL, Safety Integrity Level, por sus siglas en inglés); Es el nivel discreto (uno de cuatro) para especificar los requisitos de integridad de las funciones instrumentadas de seguridad que se asignarán a los sistemas instrumentados de seguridad;
- 13) Riesgo Inherente: Es propio del trabajo o proceso, que no puede ser eliminado del sistema, es decir, en todo trabajo o proceso se encontrarán Riesgos para las personas o para la ejecución de la actividad en sí misma. Es el Riesgo intrínseco de cada actividad, sin tener en cuenta los controles y medidas de reducción de Riesgos;

- 14) Riesgo Residual: Es el Riesgo remanente después del tratamiento de Riesgo, es decir, una vez que se han implementado controles y medidas de reducción de Riesgos para mitigar el Riesgo inherente; el Riesgo residual puede contener Riesgos no identificados, también puede ser conocido como Riesgo retenido;
- 15) Riesgo Tolerable: Es el Riesgo que se acepta en un contexto dado basado en los valores actuales de la sociedad;
- 16) Seguridad Funcional: parte de la seguridad relacionada con el proceso y cada uno de los sistemas básicos del control de proceso y su funcionamiento correcto de los sistemas instrumentados de seguridad y otras Capas de Protección;
- 17) Sistemas de Seguridad: Conjunto de equipos y componentes que se interrelacionan y responden a las alteraciones del desarrollo normal de los procesos o actividades en la Instalación o centro de trabajo y previenen situaciones que normalmente dan origen a Accidentes o emergencias;
- 18) Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS): Es un sistema instrumentado para implementar una o más funciones instrumentadas de cualquier combinación de sensores, controlador lógico y elementos finales de control;
- 19) Simulación. Representación de un escenario de Riesgo o fenómeno mediante la utilización de sistemas o herramientas de cómputo, modelos físicos o matemáticos u otros medios, que permite estimar las consecuencias de dichos escenarios a partir de las propiedades físicas y químicas de las sustancias o componentes de las mezclas de interés, en presencia de determinadas condiciones y variables atmosféricas;
- 20) Sustancia Explosiva: La que en forma espontánea o por acción de alguna forma de energía genera una gran cantidad de calor y ondas de sobrepresión en forma casi instantánea;

- 21) Sustancia Inflamable: Aquella capaz de formar una mezcla con el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de una fuente de ignición;
- 22) Sustancia Peligrosa: Cualquier sustancia que, al ser emitida, puesta en ignición o cuando su energía es liberada (fuego, explosión, fuga tóxica) puede causar daños al ambiente, a las personas y a las Instalaciones debido a sus características de toxicidad, inflamabilidad, explosividad, corrosión, inestabilidad térmica, calor latente o compresión;
- 23) Sustancia Tóxica: Aquella que puede producir alteraciones en organismos vivos, lesiones, enfermedades, al material genético o muerte;
- 24) TLV (15 min, STEL): ("Thresold Limit Value-Short Term Exposure Limit", por sus siglas en inglés) Valor umbral límite-Límite de Exposición a corto plazo). Exposición para un periodo de 15 minutos, que no puede repetirse más de 4 veces al día con al menos 60 minutos entre periodos de Exposición;
- 25) TLV (8 h. TWA): ("Thresold Limit Value-Time Weighted Average", por sus siglas en inglés). Valor umbral límite-Promedio ponderada en el tiempo. Concentración ponderada para una jornada normal de trabajo de ocho horas y una semana laboral de cuarenta horas, a la que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, sin que se evidencien efectos adversos;
- 26) Vulnerabilidad: Es la mayor o menor facilidad de la ocurrencia de una Amenaza en virtud de las condiciones que imperan; puede decirse que son los puntos o momentos de debilidad que se tienen y pueden favorecer la ocurrencia de un acto negativo o el aumento de las consecuencias de este;
- 27) Zona de Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo: Área donde pueden permitirse determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al ambiente, y



- 28) Zona de Alto Riesgo para el Análisis de Riesgo: Área de restricción total en la que no se deben permitir actividades distintas a las del Sector Hidrocarburos e industriales.



5. CONTENIDO DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS.

5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

5.1.1. Proyecto.

No aplica, ya que el Proyecto consiste en un gasoducto.

5.1.2. Transporte por Ductos.

Se contempla instalar un sistema de distribución de gas natural por medio de ductos en la zona geográfica única, que consta de un gasoducto principal de acero en 12 pulgadas de diámetro (Interconectado con EOM) y con ramales en acero en diámetros 4” para la cobertura industrial, el sistema operará a una presión de 298.69 PSI (21 Kg/cm²). El proyecto se ubicará en el municipio de Manzanillo, en el Estado de Colima.

El sistema tendrá una longitud total de 16,960 metros lineales, consistiendo en 2 líneas, una de 12” de diámetro con 16,560 m y otra de 4” con 400 m.

Las instalaciones del gasoducto consistirán en:

1. Estación de Regulación y Medición “City Gate”.
2. Estación de Regulación y Medición Alta Presión Tipo 4.
3. Estación de Regulación y Medición Alta Presión Tipo 5.
4. Válvulas de Seccionamiento.
5. Tubería del Gasoducto.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas geográficas UTM (Datum: WGS84, Región: 13Q), de la ubicación los elementos superficiales del gasoducto:



Tabla 5.1.						
Coordenadas geográficas UTM de la ubicación de los elementos superficiales del gasoducto.						
No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 13Q			
			X	Y		
REGISTRO DE INTERCONEXIÓN						
1	Registro de Interconexión	0+000 A				
CITY GATE						
1	City Gate "Manzanillo"	0+115 A				
ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN						
1	ERM 01	14+833 B				
2	ERM 02	1+263 C				
VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO						
1	V.S. 01	3+030 B				
2	V.S. 02	3+355 B				
3	V.S. 03	9+280 B				
4	V.S. 04	12+220 B				
5	V.S. 05	0+000 C				
6	V.S. 06	14+495 B				
7	V.S. 07	1+263 C				

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

En el **Anexo 3** se incluye el plano detallado de la trayectoria general del gasoducto.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas UTM (Datum: WGS84, Región: 13Q), de la ubicación de los cruces del gasoducto:

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

Tabla 5.2. Coordenadas geográficas UTM de la ubicación de los cruces del gasoducto.				
No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 13Q	
			X	Y
CRUCES LÍNEAS DE TRANSMISIÓN				
1	UB-CR-LTR-01	1+700 B	██████	██████
2	UB-CR-LTR-02	2+680 B	██████	██████
3	UB-CR-LTR-03	3+020 B	██████	██████
4	UB-CR-LTR-04	3+995 B	██████	██████
5	UB-CR-LTR-05	4+300 B	██████	██████
6	UB-CR-LTR-06	6+235 B	██████	██████
7	UB-CR-LTR-07	8+970 B	██████	██████
8	UB-CR-LTR-08	9+780 B	██████	██████
9	UB-CR-LTR-09	10+000 B	██████	██████

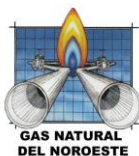


Tabla 5.2. Coordenadas geográficas UTM de la ubicación de los cruces del gasoducto.				
No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 13Q	
			X	Y
10	UB-CR-LTR-10	10+750 B		
11	UB-CR-LTR-11	11+280 B		
12	UB-CR-LTR-12	13+850 B		
CRUCE FERROVIARIO				
1	UB-CR-FFCC-01	12+870 B		
2	UB-CR-FFCC-02	14+510 B		
CRUCE CANAL				
1	UB-CR-CNA-01	3+150 B		
CRUCES CARRETEROS				
1	UB-CR-CARR-01	1+151 B		
2	UB-CR-CARR-02	3+270 B		
3	UB-CR-CARR-03	4+930 B		
4	UB-CR-CARR-04	4+970 B		
5	UB-CR-CARR-05	5+610 B		
6	UB-CR-CARR-06	6+110 B		
7	UB-CR-CARR-07	9+720 B		
8	UB-CR-CARR-08	9+900 B		
9	UB-CR-CARR-09	12+260 B		
10	UB-CR-CARR-10	12+475 B		
11	UB-CR-CARR-11	12+875 B		
12	UB-CR-CARR-12	13+720 B		
13	UB-CR-CARR-13	13+765 B		
14	UB-CR-CARR-14	13+870 B		

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

En el **Anexo 3** se incluye el plano detallado de los cruces de carreteras, arroyos, ferrocarril y líneas de media y alta tensión.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas UTM (Datum: WGS84, Región: 13Q), de la ubicación de los puntos de inflexión del gasoducto:

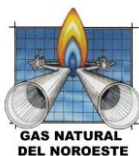


Tabla 5.3.
Coordenadas geográficas UTM de la ubicación de los puntos de inflexión del gasoducto.

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 13Q	
			X	Y
1	P.I. 01	0+000 A		
2	P.I. 02	0+115 A		
3	P.I. 03	0+000 B		
4	P.I. 04	0+520 B		
5	P.I. 05	1+070 B		
6	P.I. 06	2+015 B		
7	P.I. 07	2+230 B		
8	P.I. 08	2+260 B		
9	P.I. 09	2+325 B		
10	P.I. 10	2+385 B		
11	P.I. 11	2+470 B		
12	P.I. 12	2+580 B		
13	P.I. 13	2+630 B		
14	P.I. 14	2+780 B		
15	P.I. 15	3+015 B		
16	P.I. 16	3+035 B		
17	P.I. 17	3+710 B		
18	P.I. 18	3+840 B		
19	P.I. 19	4+040 B		
20	P.I. 20	4+225 B		
21	P.I. 21	4+400 B		
22	P.I. 22	4+505 B		
23	P.I. 23	4+790 B		
24	P.I. 24	4+900 B		
25	P.I. 25	5+015 B		
26	P.I. 26	5+115B		
27	P.I. 27	5+660 B		
28	P.I. 28	6+050 B		
29	P.I. 29	6+190 B		
30	P.I. 30	6+320 B		
31	P.I. 31	6+370 B		
32	P.I. 32	6+560 B		
33	P.I. 33	8+180 B		
34	P.I. 34	8+435 B		

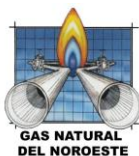


Tabla 5.3.
Coordenadas geográficas UTM de la ubicación de los puntos de inflexión del gasoducto.

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 13Q	
			X	Y
35	P.I. 35	9+020 B		
36	P.I. 36	9+680 B		
37	P.I. 37	9+950 B		
38	P.I. 38	10+115 B		
39	P.I. 39	10+315 B		
40	P.I. 40	10+520 B		
41	P.I. 41	10+540 B		
42	P.I. 42	10+555 B		
43	P.I. 43	10+570 B		
44	P.I. 44	10+590 B		
45	P.I. 45	10+740 B		
46	P.I. 46	10+830 B		
47	P.I. 47	10+945 B		
48	P.I. 48	10+995 B		
49	P.I. 49	11+150 B		
50	P.I. 50	11+280 B		
51	P.I. 51	11+300 B		
52	P.I. 52	11+320 B		
53	P.I. 53	11+490 B		
54	P.I. 54	11+740 B		
55	P.I. 55	12+150 B		
56	P.I. 56	12+230 B		
57	P.I. 57	12+310 B		
58	P.I. 58	12+670 B		
59	P.I. 59	13+430 B		
60	P.I. 60	14+495 B		
61	P.I. 61	14+830 B		
62	P.I. 62	14+833 B		
63	P.I. 63	0+000 C		
64	P.I. 64	0+020 C		
65	P.I. 65	0+180 C		
66	P.I. 66	0+815 C		
67	P.I. 67	0+835 C		
68	P.I. 68	1+060 C		

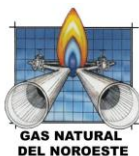


Tabla 5.3. Coordenadas geográficas UTM de la ubicación de los puntos de inflexión del gasoducto.				
No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 13Q	
			X	Y
69	P.I. 69	1+263 C		

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

En el **Anexo 3** se incluye el plano de los puntos de inflexión del gasoducto.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas UTM (Datum: WGS84, Región: 13Q), de la ubicación de los señalamientos del gasoducto:

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

Tabla 5.4. Coordenadas geográficas UTM de la ubicación de los señalamientos del gasoducto.				
No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 13Q	
			X	Y
1	P.S. 01	0+000 A		
2	P.S. 02	0+100 A		
3	P.S. 03	0+115 A		
4	P.S. 04	0+000 B		
5	P.S. 05	0+100 B		
6	P.S. 06	0+200 B		
7	P.S. 07	0+300 B		
8	P.S. 08	0+400 B		
9	P.S. 09	0+500 B		
10	P.S. 10	0+600 B		
11	P.S. 11	0+700 B		
12	P.S. 12	0+800 B		
13	P.S. 13	0+900 B		
14	P.S. 14	1+000 B		
15	P.S. 15	1+100 B		
16	P.S. 16	1+200 B		

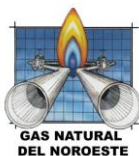


Tabla 5.4.
Coordenadas geográficas UTM de la ubicación de los señalamientos del gasoducto.

No.	Descripción	Cadenamieto	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 13Q	
			X	Y
17	P.S. 17	1+300 B		
18	P.S. 18	1+400 B		
19	P.S. 19	1+500 B		
20	P.S. 20	1+600 B		
21	P.S. 21	1+700 B		
22	P.S. 22	1+800 B		
23	P.S. 23	1+900 B		
24	P.S. 24	2+000 B		
25	P.S. 25	2+100 B		
26	P.S. 26	2+200 B		
27	P.S. 27	2+300 B		
28	P.S. 28	2+400 B		
29	P.S. 29	2+500 B		
30	P.S. 30	2+600 B		
31	P.S. 31	2+700 B		
32	P.S. 32	2+800 B		
33	P.S. 33	2+900 B		
34	P.S. 34	3+000 B		
35	P.S. 35	3+100 B		
36	P.S. 36	3+200 B		
37	P.S. 37	3+300 B		
38	P.S. 38	3+400 B		
39	P.S. 39	3+500 B		
40	P.S. 40	3+600 B		
41	P.S. 41	3+700 B		
42	P.S. 42	3+800 B		
43	P.S. 43	3+900 B		
44	P.S. 44	4+000 B		
45	P.S. 45	4+100 B		
46	P.S. 46	4+200 B		
47	P.S. 47	4+300 B		
48	P.S. 48	4+400 B		
49	P.S. 49	4+500 B		
50	P.S. 50	4+600 B		

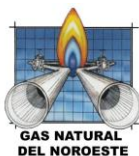


Tabla 5.4.
Coordenadas geográficas UTM de la ubicación de los señalamientos del gasoducto.

No.	Descripción	Cadenamieto	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 13Q	
			X	Y
51	P.S. 51	4+700 B		
52	P.S. 52	4+800 B		
53	P.S. 53	4+900 B		
54	P.S. 54	5+000 B		
55	P.S. 55	5+100 B		
56	P.S. 56	5+200 B		
57	P.S. 57	5+300 B		
58	P.S. 58	5+400 B		
59	P.S. 59	5+500 B		
60	P.S. 60	5+600 B		
61	P.S. 61	5+700 B		
62	P.S. 62	5+800 B		
63	P.S. 63	5+900 B		
64	P.S. 64	6+000 B		
65	P.S. 65	6+100 B		
66	P.S. 66	6+200 B		
67	P.S. 67	6+300 B		
68	P.S. 68	6+400 B		
69	P.S. 69	6+500 B		
70	P.S. 70	6+600 B		
71	P.S. 71	6+700 B		
72	P.S. 72	6+800 B		
73	P.S. 73	6+900 B		
74	P.S. 74	7+000 B		
75	P.S. 75	7+100 B		
76	P.S. 76	7+200 B		
77	P.S. 77	7+300 B		
78	P.S. 78	7+400 B		
79	P.S. 79	7+500 B		
80	P.S. 80	7+600 B		
81	P.S. 81	7+700 B		
82	P.S. 82	7+800 B		
83	P.S. 83	7+900 B		
84	P.S. 84	8+000 B		

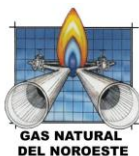


Tabla 5.4.
Coordenadas geográficas UTM de la ubicación de los señalamientos del gasoducto.

No.	Descripción	Cadenamieto	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 13Q	
			X	Y
85	P.S. 85	8+100 B		
86	P.S. 86	8+200 B		
87	P.S. 87	8+300 B		
88	P.S. 88	8+400 B		
89	P.S. 89	8+500 B		
90	P.S. 90	8+600 B		
91	P.S. 91	8+700 B		
92	P.S. 92	8+800 B		
93	P.S. 93	8+900 B		
94	P.S. 94	9+000 B		
95	P.S. 95	9+100 B		
96	P.S. 96	9+200 B		
97	P.S. 97	9+300 B		
98	P.S. 98	9+400 B		
99	P.S. 99	9+500 B		
100	P.S. 100	9+600 B		
101	P.S. 101	9+700 B		
102	P.S. 102	9+800 B		
103	P.S. 103	9+900 B		
104	P.S. 104	10+000 B		
105	P.S. 105	10+100 B		
106	P.S. 106	10+200 B		
107	P.S. 107	10+300 B		
108	P.S. 108	10+400 B		
109	P.S. 109	10+500 B		
110	P.S. 110	10+600 B		
111	P.S. 111	10+700 B		
112	P.S. 112	10+800 B		
113	P.S. 113	10+900 B		
114	P.S. 114	11+000 B		
115	P.S. 115	11+100 B		
116	P.S. 116	11+200 B		
117	P.S. 117	11+300 B		
118	P.S. 118	11+400 B		

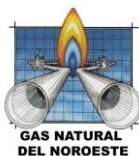


Tabla 5.4.
Coordenadas geográficas UTM de la ubicación de los señalamientos del gasoducto.

No.	Descripción	Cadenamieto	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 13Q	
			X	Y
119	P.S. 119	11+500 B		
120	P.S. 120	11+600 B		
121	P.S. 121	11+700 B		
122	P.S. 122	11+800 B		
123	P.S. 123	11+900 B		
124	P.S. 124	12+000 B		
125	P.S. 125	12+100 B		
126	P.S. 126	12+200 B		
127	P.S. 127	12+300 B		
128	P.S. 128	12+400 B		
129	P.S. 129	12+500 B		
130	P.S. 130	12+600 B		
131	P.S. 131	12+700 B		
132	P.S. 132	12+800 B		
133	P.S. 133	12+900 B		
134	P.S. 134	13+000 B		
135	P.S. 135	13+100 B		
136	P.S. 136	13+200 B		
137	P.S. 137	13+300 B		
138	P.S. 138	13+400 B		
139	P.S. 139	13+500 B		
140	P.S. 140	13+600 B		
141	P.S. 141	13+700 B		
142	P.S. 142	13+800 B		
143	P.S. 143	13+900 B		
144	P.S. 144	14+000 B		
145	P.S. 145	14+100 B		
146	P.S. 146	14+200 B		
147	P.S. 147	14+300 B		
148	P.S. 148	14+400 B		
149	P.S. 149	14+500 B		
150	P.S. 150	14+600 B		
151	P.S. 151	14+700 B		
152	P.S. 152	14+800 B		

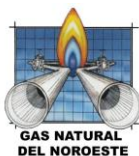


Tabla 5.4. Coordenadas geográficas UTM de la ubicación de los señalamientos del gasoducto.				
No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 13Q	
			X	Y
153	P.S. 153	14+833 B		
154	P.S. 154	0+000 C		
155	P.S. 155	0+100 C		
156	P.S. 156	0+200 C		
157	P.S. 157	0+300 C		
158	P.S. 158	0+400 C		
159	P.S. 159	0+500 C		
160	P.S. 160	0+600 C		
161	P.S. 161	0+700 C		
162	P.S. 162	0+800 C		
163	P.S. 163	0+900 C		
164	P.S. 164	1+000 C		
165	P.S. 165	1+100 C		
166	P.S. 166	1+200 C		
167	P.S. 167	1+263 C		

En el **Anexo 3** se incluye el plano de ubicación de los señalamientos del gasoducto.

En la siguiente figura se muestra un croquis general de ubicación del gasoducto, donde son señaladas todos los vértices descritos en las tablas anteriores:

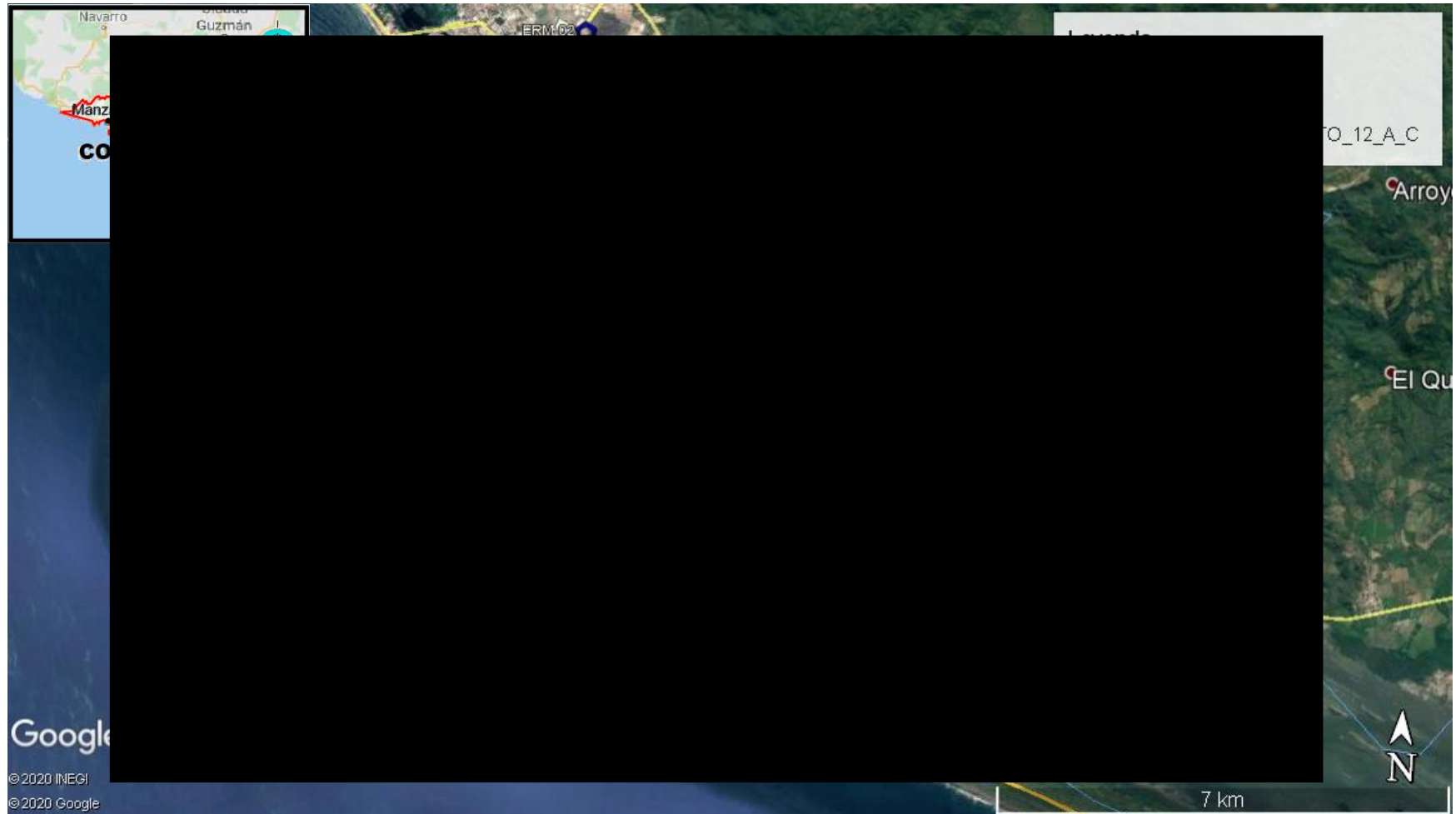
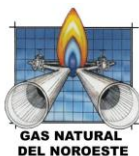


Figura 5.1. Croquis de ubicación del gasoducto, mostrando los vértices de interés. **UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP**



Para el proyecto se determinó la clase de localización, en base a lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-003-ASEA-2016, su numeral 5.1.1.1.1. Clases de localización. Se realizó el cadenamiento a lo largo de la trayectoria del Gasoducto cada 1,600 metros, así como un recorrido de campo, para determinar la clase de localización de toda la trayectoria del gasoducto, resultando lo siguiente:

Tabla 5.5. Determinación de la clase de localización de la trayectoria del gasoducto.		
Zonas para clasificación	Longitud de tramo (m)	Clase
ZONA 1	0+000 A - 0+115 A	4
Zonas para clasificación	Longitud de tramo (m)	Clase
ZONA 1	0+000 B - 1+600 B	4
ZONA 2	1+600 B - 3+200 B	4
ZONA 3	3+200 B - 4+800 B	4
ZONA 4	4+800 B - 6+400 B	4
ZONA 5	6+400 B - 8+000 B	4
ZONA 6	8+000 B - 9+600 B	4
ZONA 7	9+600 B - 11+200 B	4
ZONA 8	11+200 B - 12+800 B	4
ZONA 9	12+800 B - 14+400 B	4
ZONA 10	14+400 B - 14+833 B	4
Zonas para clasificación	Longitud de tramo (m)	Clase
ZONA 1	0+000 C - 1+263 C	4

Según la NOM-003-ASEA-2016, la localización Clase 4, se define como: el área unitaria en la que predominan construcciones de cuatro o más niveles incluyendo la planta baja, donde el tráfico vehicular es intenso o pesado y donde pueden existir numerosas instalaciones subterráneas.

En el **Anexo 3** se incluye el plano donde se detalla la trayectoria del gasoducto con la clase de localización determinada.



Descripción del sistema de protección catódica.

Se eligió el sistema de protección catódica (SPC) mediante ánodos de sacrificio de forma vertical por la resistividad del suelo y área a proteger. El Sistema Manzanillo tiene una longitud total de 16,960 metros lineales.

La protección catódica se ha utilizado para el control efectivo de la corrosión externa de estructuras metálicas. La protección con ánodo de sacrificio consiste en unir eléctricamente la estructura metálica que se trata de proteger con un metal más electronegativo que el acero enterrado en el mismo electrolito. Es completamente indispensable la existencia del electrolito, que completa el sistema para que se realice el proceso.

Resistividad del terreno. El método utilizado para el levantamiento de resistividad del suelo en campo, es el método de cuatro electrodos de Wenner, en donde los electrodos se clavan en el suelo en línea recta y a una misma separación, la cual representa la resistencia del suelo a esa profundidad. Lo que se obtiene del equipo de medición, es el valor de resistencia del suelo. Para obtener el valor de resistividad del terreno se aplica la siguiente fórmula:

$$\rho = 2\pi \cdot S \cdot R$$

Donde:

ρ = Resistividad del suelo (Ω -cm).

R = Resistencia del suelo (Ω).

S = Separación de electrodos (cm).

La resistividad promedio del suelo en el área donde se encuentra el sistema es de 7,539 Ω -cm. La siguiente tabla proporciona datos indicativos de los efectos de corrosividad del suelo referidos a la resistividad del mismo:

Tabla 5.6 Relación entre resistividad y corrosividad del terreno.	
Resistividad del terreno Ω-cm	Corrosividad del terreno
0 – 1,000	Altamente corrosivo
1,001 – 5,000	Corrosivo
5,001 – 10,000	Poco corrosivo
10,001 – en adelante	Muy poco corrosivo

Densidad de corriente. Debido a que aún no se realiza el estudio de demanda de corriente en donde se ubica el ducto, no se cuenta con la densidad de corriente necesaria para obtener el potencial de -0.950 V, por lo que para los cálculos se tomó como referencia el valor de 0.4 mA/m², el cual es el valor de densidad de corriente y factor de daño del recubrimiento para 30 años de diseño para el tricapa de acuerdo a la norma internacional ISO 15589-1.

Se eligió el método por ánodo de sacrificio ya que este método es más conveniente cuando la demanda de corriente es poca y el área a proteger pequeña. Las ventajas que presenta el método de protección catódica por ánodo de sacrificio son las siguientes:

- No se requiere una fuente de energía externa para proteger el ducto.
- La distribución de corriente es uniforme.
- No hay riesgo de interferencia con otras estructuras.
- Libre de mantenimiento.
- Fácil sustitución de los ánodos.

Se colocarán camas anódicas, conformada por 2 ánodos de magnesio de 48 lb y separados a 3 metros entre sí, a cada 446 metros aproximadamente, la primera se colocará en el km 0+223, la segunda en el km 0+669, la tercera en el km 1+115 y así sucesivamente, a lo largo de la trayectoria de la línea de 12"Ø; a una profundidad igual o mayor que la del gasoducto, a una distancia mínima de 4 metros del ducto.

La unión del cable eléctrico de calibre 12 AWG, proveniente de la cama anódica en el ducto, se deberá unir mediante soldadura exotérmica. También se colocará una estación de registro de potencial (poste tipo R) junto con cada cama anódica instalada para la lectura de potencial.

5.1.3. De los pozos de exploración y extracción.

No aplica, ya que el Proyecto consiste en un gasoducto.

5.1.4. Transporte por medios distintos a ductos.

No aplica, ya que el Proyecto consiste en un gasoducto.

5.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

Las actividades de operación y mantenimiento se realizarán por personal capacitado y con experiencia. Sin embargo, como parte de los procedimientos operativos, se contará con manuales de operación y mantenimiento de las instalaciones.

Los Manuales de Operación y Mantenimiento se prepararán de acuerdo con las buenas prácticas de ingeniería, usando los manuales de instalación, operación y mantenimiento de los equipos individuales proporcionados por los proveedores de los equipos. Estos manuales estarán disponibles antes de la puesta en marcha del sistema para transporte, se revisarán y actualizarán periódicamente durante la etapa de operación del mismo, con el fin de que siempre reflejen todos los principios de ingeniería aplicables, la experiencia que va adquiriéndose, el conocimiento que se obtiene sobre el ducto en su operación, las consideraciones aplicables en materia de flujo de Gas Natural y las condiciones operativas del sistema.

En estos manuales se incluirán todos los planes de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, y los procedimientos de operación del sistema. Cada



componente del sistema se manejará individualmente, incluyendo la siguiente información para cada uno: antecedentes, requisitos reglamentarios y de las normas técnicas, aspectos ambientales, instrucciones y procedimientos técnicos detallados, programas de control y aseguramiento de la calidad, auditorías y aspectos administrativos, principalmente.

El Sistema está para operar a una presión de 298.69 PSI (21 Kg/cm²); con tuberías y conexiones en acero con recubrimiento tricapa polietileno bajo norma NRF-026-PEMEX-2008.

A continuación, se seccionará la descripción de la operación del gasoducto, explicando la operación principal de las ERM que lo conforman, así como las condiciones de operación de la tubería del gasoducto.

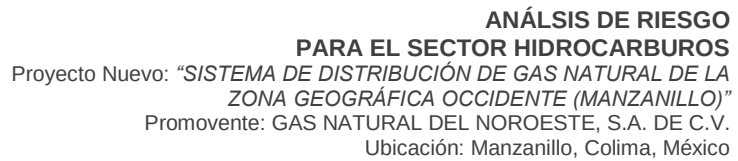
ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN "CITY GATE".

Las funciones principales de esta estación son:

- Recepción de gas proveniente del gasoducto del proveedor de una manera confiable y segura.
- Acondicionamiento del gas, eliminando impurezas que pudieran afectar la correcta operación de los diferentes equipos y sistemas que lo manejan.
- Medición del caudal de gas consumido para fines de facturación y cumpliendo con la precisión requerida.
- Regulación de la presión del gas, manteniendo un valor fijo a la salida de la ERM para cualquier condición de uso del combustible.

En la ERM "CITY GATE" se tendrán las siguientes condiciones de operación:

Presión máxima	957.23 Psi	(67.3 Kg/cm ²)
Presión mínima	472.21 Psi	(33.2 Kg/cm ²)



Después de los trenes de filtración se encuentra el tren de Medición, el cual cuenta con un Medidor Tipo Tubo de medición de 6" de Ø bridado RF ANSI 600 éste mismo lleva insertos en los que van instalados un termopozo el cual contiene un sensor de



temperatura, un manómetro de presión estática y en el "Fitting" se tienen tomas de presión las cuales estarán conectadas a un transmisor multivariable para sensor las señales de presión diferencial, presión estática y temperatura las cuales son procesadas electrónicamente y enviadas a un Computador Electrónico de Flujo, este último calculará el flujo de gas natural que esté pasando por la ERM y por medio de un sistema satelital se enlazara para su facturación. Dicho tren de medición cuenta con válvulas de bloqueo aguas arriba y aguas abajo para seccionarlo en caso de falla ó mantenimiento, esta operación se efectuará única y exclusivamente con previo aviso y con el permiso de nuestro proveedor. Paralelo al tren de medición se tendrá un espacio de las mismas dimensiones entre dos válvulas de bloqueo, en dicho espacio se tienen dos carretes que conforman el by-pass, el carrete más pequeño quedará fuera de la instalación y se colocarán bridas ciegas en el carrete largo y la válvula para evitar la extracción de gas sin ser medido, se ha diseñado de esta manera ya que en caso de ser necesario por alguna falla del tubo de medición o mantenimiento al mismo se instalara de manera provisional el carrete pequeño, antes mencionado, para permitir el paso de gas a la red, ésta operación se efectuará única y exclusivamente con previo aviso y con el permiso de nuestro proveedor.

Inmediatamente después del tren de medición tenemos una tee por donde se puede llevar el flujo de gas hacia los dos trenes de Regulación, los cuales comienzan con la instalación de una válvula de esfera, posteriormente se encuentra una válvula de corte automático de 4" de Ø en ANSI 600 con actuador neumático de doble acción para corte por alta y baja presión que sirve como válvula de corte a la entrada del tren de regulación que sensa la presión a la salida del tren. Aguas abajo de esta válvula se encuentra el primer regulador operado por un piloto, cuya función de hacer el primer paso de regulación. Posteriormente se tiene el segundo regulador (regulador monitor) operado con doble piloto uno de estos pilotos es utilizado para vigilar el desempeño del regulador trabajador, tercer regulador (regulador final) para



que en caso de falla de éste, el regulador monitor tome el control total de la presión de operación; finalmente, se encuentra el regulador trabajador operado por piloto cuya función es la regulación del sistema para entregar el gas a la presión requerida a la salida de la estación.

Cada tren de regulación tiene la capacidad de suministro del 100% de flujo. El tren Número Uno de regulación tendrá inicialmente una válvula de corte automático calibrada a 22.84 Kg/cm² (325 psi) para alta presión, y 16.8 Kg/cm² (238.95 psi) para baja presión, después el regulador No.1 tendrá el piloto No. 1 calibrado a 45.69 Kg/cm² (650 psi) primera fase, el regulador No.2 cuenta con dos pilotos, el piloto No. 1 calibrado 31.63 Kg/ cm² (450 psi) y el No.2 calibrado a 22.14 Kg/cm² (315 psi) segunda fase monitor. Seguido del tercer regulador (regulador trabajador) cuenta con un piloto calibrado a 21 Kg/cm² (298.69 psi), de tal manera, que si en el tren de regulación 1 , por el cual está fluyendo gas llegará a fallar el tercer regulador y/o trabajador, el regulador No.2 tomará el control de la presión el piloto No. 2, del regulador monitor; la regulación se realizará en dos fases con el regulador 1 y 2 bajando la presión de 45.69 Kg/cm² (650 psi) como primera fase y 22.14 Kg/cm² (315 psi) como segunda fase, y el piloto que estaba como monitor será el trabajador. Si por encima de eso de la misma manera fallara el regulador monitor (ahora trabajador) y sobrepasara la presión a la cual esta calibrado, la presión seguirá incrementándose hasta alcanzar la presión a la cual esta calibrada la válvula de corte automático por alta presión y cortara el flujo de gas por el tren de regulación en el cual está fluyendo gas que será el tren Num.1.

El tren de regulación Número dos tendrá cerrado el regulador trabajador (piloto No.4), 3ª fase debido a que estará censando una presión mayor a la que esta calibrado la cual es de 20.0 Kg/cm² (289.87 psi), al momento de que el flujo se corto por alta presión en el tren de regulación número uno, empezara a decrecer la presión en el sistema hasta alcanzar la presión a la que esta calibrado el piloto No.



4 del tren de regulación 2 el cual abrirá automáticamente permitiendo el flujo de gas por este tren y así continuar con el abastecimiento de gas a los socios industriales, a continuación se detallan las presiones a las cuales operara el tren de regulación número 2.

La válvula de corte automático estará calibrada a 26.01 Kg/cm² (370psi) para alta presión, por encima de la presión a la cual estará calibrada la válvula de seguridad de la estación, y 16.8 Kg/cm² (238.95 psi) para baja presión; después el regulador No.1 tendrá el piloto No. 1 calibrado a 45.69 Kg/cm² (650 psi) primera fase, el regulador No.2 cuenta con dos pilotos, el piloto No. 1 calibrado 31.63 Kg/cm² (450 psi) y el No.2 calibrado a 22.14 Kg/cm² (315 psi) segunda fase monitor. Seguido del tercer regulador (regulador trabajador) cuenta con un piloto calibrado a 20.0 Kg/cm² (289.87 psi), de tal manera, que si en el tren de regulación 2, por el cual está fluyendo gas llegará a fallar el tercer regulador y/o trabajador, el regulador No.2 tomará el control de la presión el piloto No. 2, del regulador monitor; la regulación se realizará en dos fases con el regulador 1 y 2 bajando la presión de 45.69 Kg/cm² (650 psi) como primera fase y 22.14 Kg/cm² (315 psi) como segunda fase, y el piloto que estaba como monitor será el trabajador. Si por encima de eso de la misma manera fallara el regulador monitor (ahora trabajador) del tren de regulación Núm. 2 y sobrepasara la presión a la cual esta calibrado, la presión seguirá incrementándose hasta alcanzar la presión a la cual esta calibrada la válvula de seguridad que es de 25.0 kg/cm² (355.5 psi) si por encima de eso la presión siguiera incrementándose hasta alcanzar la presión de 26.01 Kg/cm² (370psi) a la cual esta calibrada la válvula de corte automático del tren de regulación núm. 2 esta última cortara el flujo de gas por el tren de regulación.

Es decir que su funcionamiento será como se describe a continuación, si en el tren de regulación por el cual este fluyendo gas llegará a fallar el regulador tercera fase y/o trabajador, tomará el control de la presión el regulador monitor o regulador Num.

2; la regulación se realizará en dos fases con los reguladores 1 y 2, y la presión bajará de 45.69 Kg/cm² (650 psi) a 22.14 Kg/cm² (315 psi), si por encima de eso de la misma manera fallara el regulador monitor y sobrepasara la presión a la cual esta calibrado y siguiera aumentando la presión en la ERM hasta alcanzar la presión a la cual esta calibrada la válvula de seguridad 25.0 kg/cm² (355.5 psi) esta automáticamente se abriría, con esto se asegura que se pueda llegar a la ERM y poder realizar lo necesario en los trenes de regulación para seguir abasteciendo el gas a los socios industriales, si la válvula de seguridad no llegara a ser suficiente y la presión en la ERM siguiera aumentando hasta alcanzar la presión de calibración de la válvula de corte automático localizada aguas arriba de la regulación en el tren Núm. 2, está al censar la presión de calibración 26.01 Kg/cm² (370psi) automáticamente cerrara para asegurar que no se tendrá una sobre presión en todo el sistema y se cortara el flujo de gas a la red general.

Después de los trenes de regulación se encuentra una Tee donde se ubica la derivación hacia la válvula de seguridad antes mencionada.

Por último, aguas abajo del extremo recto lateral con dirección hacia la salida de la estación se tienen 4 insertos, el primero de ellos será toma de señal para la instalación de un manómetro, en el segundo se instalará un transmisor de presión que monitoreará la presión de salida de la estación, el tercer inserto será para tomar la presión hacia el tanque del equipo de odorización y el cuarto será para inyección del odorizante al gas natural para que sea transportado por el gasoducto ya odorizado.

Por último, se tiene la instalación de una válvula de compuerta de 6" de Ø, enseguida se tiene, entre la válvula de compuerta y la brida de inicio del gasoducto, se tiene una junta Pikotek para aislar eléctricamente la Estación de Regulación y



Medición de la corriente que se le imprime por la protección catódica y la electricidad estática que se genera por el flujo del gas natural.

ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN ALTA PRESIÓN TIPO 4.

Las funciones principales de esta estación son:

- Recepción de gas proveniente del gasoducto de una manera confiable y segura.
- Acondicionamiento del gas, eliminando impurezas que pudieran afectar la correcta operación de los diferentes sistemas que lo manejan.
- Regulación de la presión del gas, manteniendo un valor fijo a la salida de la ERM para cualquier condición de uso del combustible.
- Medición del caudal de gas consumido para fines de facturación.

El Gas Natural entrara a la ERM por medio de un tubo de DN 50 mm (2" de Ø) de acero al carbón en cedula 40, después filtrara el gas en un filtro tipo Coalescedor para limpiar el gas de impurezas que puedan dañar el correcto funcionamiento de los equipos sensibles como el medidor y el regulador; Antes de este se tiene instalada una válvula de cierre para alta presión calibrada a 4.0 Kg/cm² (56.89 Psi), como elemento de protección en caso de alguna sobrepresión, posteriormente se regulara la presión de entrada, bajándola de 21.0 Kg/cm² (298.69 Psi) a 3.0 Kg/cm² (42.66 Psi), después de regular el gas fluirá hacia el medidor, donde después haber sido medido el flujo de gas continua hacia la salida de la ERM.

En la parte inferior de la estación se encuentra ubicado el By-Pass General, el cual entrara en funcionamientos cuando sea necesario realizar mantenimiento a los equipos ya sea de filtración, regulación o medición, se dejara fluir el gas abriendo completamente la válvula de paso completo y posteriormente la regulación será controlada mediante la válvula de globo, vigilando la presión con los manómetros



ubicados aguas arriba y aguas debajo de esta válvula, antes de la salida misma se tiene una válvula de seguridad calibrada a 2.4 Kg/cm² (34.13 Psi), la cual se releva a la presión anterior en el dado caso de que el regulador fallara y se abriera por completo dejando pasar la presión de entrada a la ERM después de lo anterior el gas saldrá de la ERM para entrar a la Instalación de Aprovechamiento.

Para la Presión de entrada a 21 Kg/cm² (298.69 Psi), el regulador tiene la capacidad de suministrar el flujo máximo que se requiere de 300.00 m³/hr (10,594.40 SCFH).

ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN ALTA PRESIÓN TIPO 5.

Las funciones principales de esta estación son:

- Recepción de gas proveniente del gasoducto de una manera confiable y segura.
- Acondicionamiento del gas, eliminando impurezas que pudieran afectar la correcta operación de los diferentes sistemas que lo manejan.
- Regulación de la presión del gas, manteniendo un valor fijo a la salida de la ERM para cualquier condición de uso del combustible.
- Medición del caudal de gas consumido para fines de facturación

El gas natural entrara a la estación a través de una brida de DN 80 mm (3" de Ø), después el gas llegará a un filtro tipo "Y" para limpiarlo de impurezas que puedan llegar afectar en el correcto funcionamiento de los equipos delicados, posteriormente se regulará la presión de entrada, bajando la presión de 21 Kg/cm² (298.7 Psi) a 2.5 Kg/cm² (35.5 Psi), después de regular el flujo el gas fluirá hacia el medidor donde será medido, después el flujo de gas continua hacia la salida de la ERM.



En la parte central de la estación se encuentra el Tren de Regulación No. 2, mismo que entrará en función mediante el juego de válvulas antes de ambos trenes de regulación, esto para cuando sea necesario llevar a cabo trabajos de mantenimiento al carrete de regulación principal, y el cual estará regulando a las mismas presiones que el Tren de Regulación No. 1.

En la parte inferior de la ERM se localiza el By Pass General el cual se pondrá en funcionamiento cuando sea necesario realizar trabajos de mantenimiento en los equipos de toda la caseta, dejando pasar el flujo con la válvula de esfera y controlando el flujo a la salida de la estación con la válvula de globo de DN 50 mm (2" de Ø) monitoreando la presión con los manómetros localizados aguas abajo y aguas arriba de esta válvula; Antes de la salida misma se tiene una válvula de seguridad calibrada por arriba de la presión regulada, que es igual a 3.4 Kg/cm² (48 Psi) la cual se releva a la presión anterior en el dado caso de que el regulador fallara y se abriera por completo dejando pasar la presión de entrada a la ERM, después de lo anterior el gas saldrá de la ERM para entrar a la red de aprovechamiento.

La capacidad máxima de flujo de la ERM para una presión de entrada de 21 Kg/cm², dará un flujo de 750.00 m³/h.

VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO.

Las válvulas de seccionamiento reunirán las características siguientes:

1. Las válvulas de seccionamiento podrán confinarse, de ser necesario, en registros, siempre y cuando se evite la transmisión de cargas a la tubería y la inundación del registro.

2. Las válvulas de seccionamiento se encuentran debidamente soportadas y ancladas de acuerdo a un análisis de flexibilidad a fin de verificar que el estado de esfuerzos, no sobrepase los permisibles del material.
3. Todas las válvulas deben contar con un dispositivo que indique claramente la posición cerrada o abierta en que se encuentren; excepto las de retención, que deben tener marcado con una flecha el sentido de flujo.
4. Todas las válvulas deben contar con una inscripción en relieve o placa en la que se indique: marca, diámetro nominal, presión o clase y material del cuerpo.
5. Las válvulas de seccionamiento pueden confinarse en registros y los mecanismos de operación de la válvula deben quedar sobre el nivel del terreno.
6. Las válvulas de seccionamiento deben contar con un By-Pass que consta de dos válvulas adicionales perpendiculares a la línea, una aguas arriba y otra aguas abajo, que se unen con un arreglo de tubería y accesorios, cuyas funciones son permitir el paso de gas en el momento que se le dé mantenimiento a la válvula, permitir el desfogue tanto en el tramo que está aguas arriba como el que está aguas abajo de la válvula, y posteriormente volver a empacar la línea para empatar presiones antes de abrir nuevamente la válvula.

TUBERÍA DEL GASODUCTO.

La tubería del gasoducto tendrá una presión de diseño de 500 psi y una temperatura de diseño de 121°C, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 5.7. Características de operación de la tubería.			
Especificaciones de la tubería	Metros Lineales (Redondeado)	Presión de Diseño (psi)	Temperatura de Diseño (°C)
Tubería de 4" de diámetro API 5L Grado X42 con costura esp. 0.237" con recubrimiento tricapa	399	500	121
Tubería de 12" de diámetro API 5L Grado X52 con costura esp. 0.237" con recubrimiento tricapa	16,520	500	121

5.2.1. Materias Primas.

Para el Proyecto “***SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DE LA ZONA GEOGRÁFICA OCCIDENTE (MANZANILLO)***”, no se considera como tal el uso de materias primas, como se ha mencionado, el uso de la instalación es un gasoducto, el cual transportará y suministrará específicamente Gas Natural.

5.2.2. Productos y subproductos.

El gas natural llegará a la ERM “City Gate” por medio de un tubo de 6” de Ø proveniente de la interconexión al gasoducto del proveedor, no se lleva a cabo la elaboración de un producto como tal, ni el almacenamiento como tal, solamente el transporte y distribución del gas natural por medio del ducto, regulando los flujos y presiones a través de las estaciones de regulación y medición que se instalarán. El gasoducto principal será de acero en 12 pulgadas de diámetro (Interconectado con EOM) y con ramales en acero en diámetros 4” para la cobertura industrial, el sistema operará a una presión de 298.69 PSI (21 Kg/cm²). En la tabla presentada a continuación se especifican las características del gas natural, así como la masa estimada de almacenamiento en el gasoducto, según la memoria de cálculo desarrollada presentada en el Anexo 4, en base a las especificaciones técnicas del gasoducto:

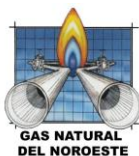


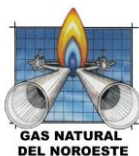
Tabla 5.8. Características del Gas Natural (gasoducto).										
Nombre del material	Etapas del proceso en la que se ocupa	No. CAS	Estado físico	C	R	E	T	I	B	Masa almacenamiento gasoducto (Ver Anexo 4)
Gas Natural	Sistema, todo el gasoducto	8006-14-2	Gas	X			X	X		16,963.67 kg

En el **Anexo 5** se incluye la Hoja de Seguridad del Gas Natural.

En la tabla siguiente se muestran las cantidades máximas de almacenamiento en comparación con las cantidades de reporte de los Primer y Segundo Listados de Actividades Altamente Riesgosas de la Federación:

Tabla 5.9. Materiales listados como actividades altamente riesgosas.				
Nombre de la Sustancia/ Material	Estado físico	Listado Actividad Altamente Riesgosa	Cantidad de Reporte	Masa almacenamiento gasoducto (Ver Anexo 4)
Gas Natural (Metano)	Gas	2°	500 kg	16,963.67 kg

Como se puede observar en la tabla anterior, el Gas Natural como tal no se encuentra incluida en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas de la Federación, sin embargo, el Metano, principal componente del gas natural sí está contemplado en el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas.



5.3. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.

5.3.1. Proyecto.

No Aplica.

5.3.2. Transporte por ductos.

El sistema tendrá una longitud total de 16,960 metros lineales, consistiendo en 2 líneas, una de 12” de diámetro con 16,560 m y otra de 4” con 400 m.

El área total que requiere la instalación del gasoducto es de 195,492.38 m², calculada como área buffer, de acuerdo a como se describe en la siguiente tabla, en donde se muestra el uso de suelo y vegetación de todo el trayecto del gasoducto:

Tabla 5.10. Cuadro DE “Área Buffer” para el proyecto.					
No.	Uso de Suelo y vegetación	Área (m ²)	Área (ha)	Forestal (CUS)	No forestal
1	Agricultura	1468.897	0.15		0.15
2	Agricultura	3,983.23	0.40		0.40
3	Agricultura	23,815.58	2.38		2.38
4	Agricultura	1,243.84	0.12		0.12
5	Agricultura	1,566.53	0.16		0.16
6	Agricultura	3,776.50	0.38		0.38
7	Agricultura	1,062.87	0.11		0.11
8	Agricultura	348.29	0.03		0.03
9	Área urbana	3,594.91	0.36		0.36
10	Área urbana	7,159.01	0.72		0.72
11	Área urbana	14,084.36	1.41		1.41
12	Área urbana	5,088.70	0.51		0.51
13	Área urbana	2,816.97	0.28		0.28
14	Área urbana	4,046.58	0.40		0.40
15	Derecho de Vía (DDV)	22,614.37	2.26		2.26
16	Derecho de Vía (DDV)	9,184.20	0.92		0.92
17	Derecho de Vía (DDV)	2,061.66	0.21		0.21
18	Derecho de Vía (DDV)	3,009.08	0.30		0.30
19	Derecho de Vía (DDV)	9,489.88	0.95		0.95

Tabla 5.10. Cuadro DE “Área Buffer” para el proyecto.					
No.	Uso de Suelo y vegetación	Área (m ²)	Área (ha)	Forestal (CUS)	No forestal
20	Derecho de Vía (DDV)	5,365.78	0.54		0.54
21	Derecho de Vía (DDV)	17,695.88	1.77		1.77
22	Derecho de Vía (DDV)	5,253.27	0.53		0.53
23	Direccionado	622.41	0.06		0.06
24	Direccionado	4,098.40	0.41		0.41
25	Direccionado	958.46	0.10		0.10
26	Direccionado	960.15	0.10		0.10
27	Direccionado	3,270.89	0.33		0.33
28	Direccionado	3,025.52	0.30		0.30
29	Direccionado	1,200.00	0.12		0.12
30	Direccionado	1,232.32	0.12		0.12
31	Direccionado	1,225.12	0.12		0.12
32	Direccionado	4,200.38	0.42		0.42
33	Direccionado	1,028.17	0.10		0.10
34	Direccionado	2,197.44	0.22		0.22
35	Direccionado	3,714.83	0.37		0.37
36	Selva Baja Caducifolia (SBC)	418.35	0.04	0.04	
37	Selva Baja Caducifolia (SBC)	3,829.37	0.38	0.38	
38	Selva Baja Caducifolia (SBC)	9,094.99	0.91	0.91	
39	Selva Baja Caducifolia (SBC)	2,503.14	0.25	0.25	
40	Selva Baja Caducifolia (SBC)	414.35	0.04	0.04	
41	Selva Baja Caducifolia (SBC)	1,375.00	0.14	0.14	
42	Selva Baja Caducifolia (SBC)	1,033.34	0.10	0.10	
43	Sin vegetación	68.31	0.01		0.01
44	Sin vegetación	291.09	0.03		0.03
Total		195,492.38	19.55	1.87	17.69

En el **Anexo 3**, se adjunta el plano del área buffer, donde también se pueden apreciar las diferentes zonas de interés a lo largo de todo el trayecto.

5.3.3. Aspectos del medio natural.

5.3.3.1. Vegetación terrestre.

Para la determinación de los Usos de Suelo y Vegetación presentes en la Sistema Ambiental (SAR) y en las superficies del área del proyecto se utilizó el sistema de clasificación de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación de la Serie VI del INEGI. Los

tipos de vegetación registrados en el SAR fueron: ***Agricultura de Riego Anual, Semipermanente, Permanente y de Temporal Anual, Selva Baja Caducifolia, Vegetación de Manglar, Vegetación de Dunas Costeras, Vegetación secundaria Arborea de Selva Baja Caducifolia y Vegetación secundaria arbustiva de Selva Baja Caducifolia, Vegetación secundaria arbustiva de Selva Mediana Subcaducifolia, Vegetación secundaria arbórea de Selva Mediana Subcaducifolia, Vegetación secundaria arbustiva de Manglar, Vegetación secundaria arbórea de Manglar y Vegetación Halófila Hidrófila*** (Figura IV.5, Tabla 1); mientras que en la superficie del área del proyecto la Serie VI presenta los tipos de vegetación: ***Agrícola y Selva Baja Caducifolia***.

Una vez realizados los recorridos en campo y corroborando la información con las herramientas de Sistemas de información geográfica (SIG) la superficie de área del proyecto, se actualizo y se determinaron los siguientes Usos de Suelo y Vegetación: ***Vegetación secundaria Selva Baja Caducifolia y Agrícola***. Por último, para el SAR se tomaron estos mismos tipos de vegetación para tener un análisis estadístico comparable, al realizarse los muestreos, en la revisión de la literatura y según los análisis vegetación de las parcelas, los Usos de Suelo y Vegetación Forestales.

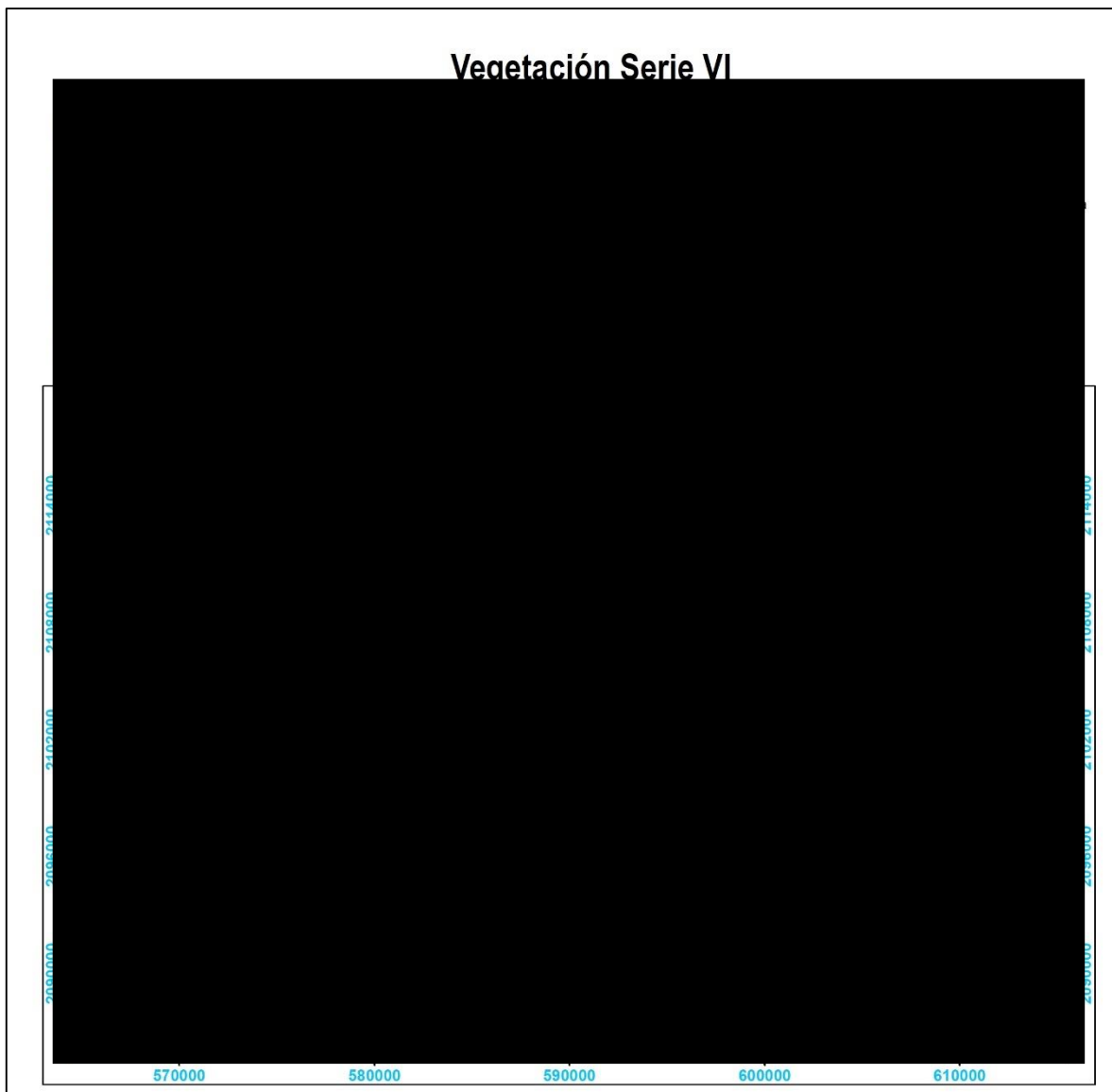


Figura 5.2. Tipos de vegetación de acuerdo con la Serie VI presentes en la SA. **UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP**

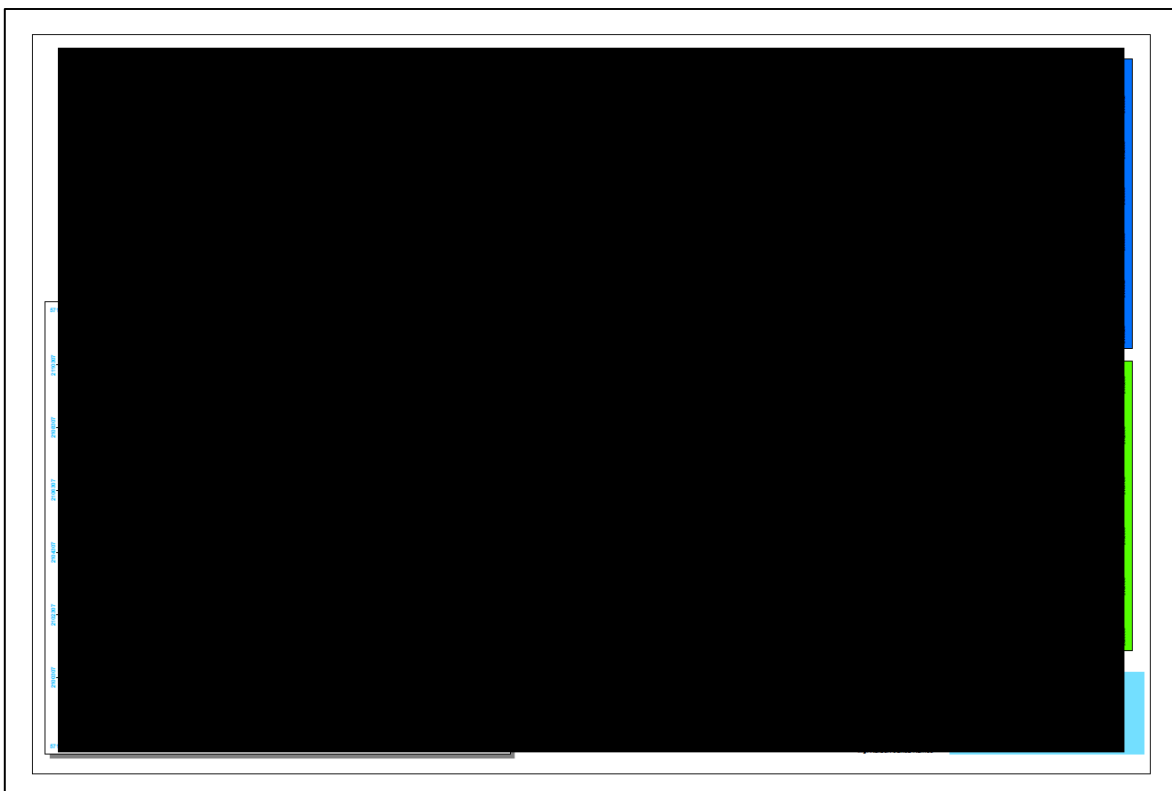


Figura 5.3. Usos de Suelo y vegetación de acuerdo con los muestreos y la fotointerpretación presentes en el CUS. **UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP**

Tabla 5.11. Usos de suelo y vegetación para el SA según la Serie VI.						
Clave	Tipo de Uso de Suelo	Estrato	Tipo	Superficie (ha)	Forestal (ha)	No Forestal (ha)
ADV	Área desprovista de vegetación			369.6063		369.6063
AH	Urbano Construido			2342.7316		2342.7316
H2O	Cuerpo de Agua			5712.9859		5712.9859
MKE	Mezquital Tropical			264.9781	264.9781	
PC	Pastizal Cultivado			388.2103		388.2103
PI	Pastizal Inducido			150.4466		150.4466
RAP	Agricultura de riego		Anual	2.3750		2.3750
RP	Agricultura de riego		Permanente	3107.2496		3107.2496
RSP	Agricultura de riego		Semipermanente y Permanente	6114.8732		6114.8732

Tabla 5.11. Usos de suelo y vegetación para el SA según la Serie VI.						
Clave	Tipo de Uso de Suelo	Estrato	Tipo	Superficie (ha)	Forestal (ha)	No Forestal (ha)
SBC	Selva Baja Caducifolia			179.8910	179.8910	
TP	Agricultura de Temporal		Permanente	0.1782		0.1782
TSP	Agricultura de Temporal		Semipermanente y Permanente	400.6110		400.6110
VHH	Vegetación Halófila - Hidrófila			4132.0098	4132.0098	
VM	Manglar			98.5427	98.5427	
VSa/SBC	Vegetación Secundaria de Selva Baja Caducifolia	Arbustivo		4396.5763	4396.5763	
VSA/SBC	Vegetación Secundaria de Selva Baja Caducifolia	Arbóreo		1799.2822	1799.2822	
VSa/SMS	Vegetación Secundaria de Selva Mediana Subcaducifolia	Arbustivo		427.1351	427.1351	
VSA/SM S	Vegetación Secundaria de Selva Mediana Subcaducifolia	Arbóreo		404.7886	404.7886	
VSa/VM	Vegetación Secundaria de Manglar	Arbustivo		65.8925	65.8925	
VSA/VM	Vegetación Secundaria de Manglar	Arbóreo		3.6490	3.6490	
VU	Vegetación de Dunas Costeras			885.9344	885.9344	
Total (ha)				31247.9474	12658.6798	18589.2676
Porcentaje (%)					40.51	59.49

Tabla 5.12. Usos de suelo y vegetación para el área del proyecto según fotointerpretación.		
N°	Uso de Suelo	ha
1	Área Desprovista de Vegetación	0.9559
2	Urbano Construido	4.3903
3	Cuerpo de Agua	0.1587
4	Agricultura de Riego	7.2055
5	Vegetación Secundaria de Selva Baja Caducifolia	6.7568
Total		19.4671

A continuación, se presenta por orden alfabético la descripción de la fotointerpretación y la Serie VI de INEGI de los usos de suelo y tipos de vegetación presentes en el área del proyecto y el SAR realizadas por INEGI en la “Guía para la



Interpretación de Cartografía de Uso de Suelo y Vegetación en la escala de 1: 250,000 de la Serie IV” los cuales serán utilizados a manera de referencia.

1.- Agricultura (AGR): En este rubro se presentan los diferentes tipos de agricultura que se desarrollan en nuestro país, se incluyen también, plantaciones forestales, bosques y pastizales cultivados. La información de este tema que se incluye en la Serie VI de Uso del Suelo y Vegetación se organiza bajo los siguientes criterios:

- Ocupación del terreno.
- Temporalidad del cultivo.
- Suministro de agua.

Por el tiempo de ocupación de los cultivos en el terreno, la actividad agrícola desarrollada podrá ser:

- **Permanente:** la ocupación del terreno para cultivo es mayor de cinco años.
- **Nómada:** la ocupación del terreno dura de uno a tres años y posteriormente se deja de utilizar. Este tipo de agricultura constituye una capa independiente en la información y en cierta forma virtual dado el pequeño tamaño de las parcelas y que forman un mosaico complejo con la vegetación aledaña.

De acuerdo con el suministro de agua a los cultivos, estos son de tres tipos:

- **Temporal:** cuando el agua necesaria para su desarrollo vegetativo es suministrada por la lluvia.
- **Riego:** cuando el suministro de agua utilizada para su desarrollo es obtenido por fuentes externas, por ejemplo, un pozo, una presa, etcétera.
- **Humedad:** cuando se aprovecha la humedad del suelo, independientemente del ciclo de las lluvias y que aún en época seca

conservan la humedad, por ejemplo, zonas inundables, como pueden ser los lechos de los embalses cuando dejan de tener agua. Las chinampas es un caso de este tipo.

Por su duración, los cultivos se clasifican en:

- **Anuales:** son aquellos cuyo ciclo vegetativo dura solamente un año, por ejemplo, maíz, trigo, sorgo.
- **Semipermanentes:** su ciclo vegetativo dura entre dos y diez años, como el caso de la papaya, la piña y la caña de azúcar.
- **Permanentes:** la duración del cultivo es superior a diez años, como el caso del agave, el coco y frutales como el aguacate.

De acuerdo con la clasificación anterior los diferentes tipos de agricultura podrán ser permanentes o nómadas, de acuerdo con el tiempo de ocupación del terreno, mientras que por el tiempo de duración del cultivo y la disponibilidad de agua se clasifican de la siguiente manera:

- Agricultura de temporal anual (TA).
- Agricultura de temporal anual y semipermanente (TAS).
- Agricultura de temporal anual y permanente (TAP).
- Agricultura de riego anual (RA).
- Agricultura de riego semipermanente y permanente (RSP).
- Agricultura de riego permanente (RP).
- Agricultura de riego anual y semipermanente (RAS).
- Agricultura de riego anual permanente (RP).
- Agricultura de humedad semipermanente (HS).
- Agricultura de humedad anual (HA).
- Agricultura de humedad anual y permanente (HAP)
- Agricultura de humedad permanente (HP).



- Agricultura de humedad anual y semipermanente (HSP).
- La agricultura nómada se considera como una variante de temporal.

2.- Selva Baja Caducifolia (SBC): Se distribuye en las partes bajas de la Llanura Costera del Pacífico (Sonora y Sinaloa), en algunas porciones costeras de Jalisco y Colima, en el norte de Yucatán y en la Llanura Costera del Golfo Norte (Tamaulipas), en el estado de Puebla y Oaxaca, las partes bajas de la cuenca del río Balsas y del Istmo de Tehuantepec.

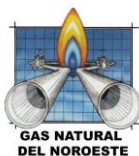
Se desarrolla en climas similares a los de la Selva Baja Caducifolia o ligeramente más secos, pero en climas más húmedos que los matorrales xerófilos, con marcadas características de aridez, con precipitaciones comunes del orden de 900 mm o ligeramente menores, aunque el rango va de 350 a 1 200mm y temperaturas medias anuales entre 20 y 27°C. Los climas en los que se presenta son Cálidos subhúmedos muy secos y Secos semicálidos. Se puede desarrollar sobre terrenos planos o muy ligeramente ondulados desde cerca del nivel del mar hasta los 1 000msnm. El material geológico que da soporte a esta selva puede estar constituido por calizas, margas o lutitas y material metamórfico. Los suelos en donde por lo regular crece, son más o menos arcillosos, con abundante materia orgánica y drenaje deficiente. Es una comunidad de porte bajo, dominada por árboles espinosos. La mayoría de las especies de esta selva están desnudas durante periodos prolongados en la temporada seca; sólo *Ebenopsis ebano*, una de las especies dominantes, queda sin hojas durante un lapso muy corto. Los componentes de estas selvas miden de 8 a 10m de alto y sólo eventualmente llegan a alcanzar 12m. Muchas de las especies más abundantes son leguminosas con ramas espinosas. Aparte del estrato arbóreo, se encuentra un estrato arbustivo de 2 a 4m de alto, bien desarrollado, pero falta casi completamente el estrato herbáceo.

Entre los elementos más importante están: *Acacia cornigera*, *Opuntia sp.*, *Stenocereus sp.*, *Crescentia cujete* (jícara), *Randia aculeata* (Cruceto), *Phyllostylon brasiliense* (cerón), *Cercidium sp.* (palo verde), *Ebanopsis ebano* (ébano), *Haematoxylon brasiletto* (Brasil, palo de Brasil), *Caesalpinia sp.* (cascalote, iguanero), *Pithecellobium dulce* (chukum, guamúchil), *Ziziphus* (amole, limoncillo), *Prosopis sp.* (mezquite), *Prosopis juliflora*, *Crescentia alata* (cuaulecomate), *Acacia pringlei*, *Sideroxylon palmeri*, *Bursera simaruba*, *Esenbeckia berlandieri*, *Ficus sp.*, *Achatocarpus nigricans*, *Sideroxylon verruculosum*, *Cephalocereus palmeri*, *Colubrina elliptica*, *Croton glabellus*, *Karwinskia humboldtiana*, *Morisonia americana*, *Mosiera ehrenbergii*, *Trichilia havanensis*, *Yucca treculeana*, *Zanthoxylum fagara*, *Bromelia pinguin*, *Parkinsonia praecox* (palo mantecoso), *Bursera odorata*, *B. submoniliformis*, *B. morelensis*, *B. linnae*, *Cyrtocarpa procera* (chupandía) *Amphipterygium adstringens*, *Ceiba parvifolia*, *Senna bicapsularis*, *Pseudosmodium andrieuxii*, *Gyrocarpus jatrophiifolius* y *Parkinsonia florida*.

3.- Vegetación Secundaria (VS): existen elementos de disturbio que alteran o modifican la estructura o incluso cambian la composición florística de la comunidad, entre alguno de esos elementos podemos citar: Incendios, huracanes, erupciones, heladas, nevadas, sequías, inundaciones, deslaves, plagas, variaciones climáticas, etcétera.

Así, las comunidades vegetales responden a estos elementos de disturbio o cambio modificando su estructura y composición florística de manera muy heterogénea, de acuerdo con la intensidad del elemento de disturbio, la duración de este y sobre todo de la ubicación geográfica del tipo de vegetación.

A lo largo de miles de años varias especies se han adaptado a cubrir, por decirlo de alguna manera, esas áreas afectadas en las cuales las condiciones ecológicas articulares de la comunidad vegetal se han alterado. En general cada comunidad



vegetal tiene un grupo de especies que cubren el espacio alterado, son pocas las especies que tienen un amplio espectro de distribución y aparecen en cualquier área perturbada. Estas especies forman fases sucesionales conocidas como “Vegetación Secundaria” que en forma natural y con el tiempo pueden favorecer la recuperación de la vegetación original.

Actualmente y a causa de la actividad humana, la definición y delimitación de vegetación secundaria se ha vuelto más compleja, ahora las áreas afectadas ocupan grandes superficies y variados ambientes, ya no son tan localizadas y a veces la presión es tanta que inhibe el desarrollo de esta provocando una vegetación inducida.

A causa de la complejidad para definir los tipos de fases sucesionales, dada su heterogeneidad florística, ecológica y su difícil interpretación, aún en campo; con base en las formas de vida presentes y su altura, se consideran tres fases:

- Vegetación Secundaria herbácea
- Vegetación Secundaria arbustiva
- Vegetación Secundaria arbórea

En la tabla a continuación se indica la presencia de fases de vegetación secundaria en los tipos de vegetación de México:

Tabla 5.13.			
Fases de vegetación secundaria en los tipos de vegetación de México.			
Tipo De Vegetación	Presencia De Fases Sucesionales (Vegetación Secundaria)		
	Arbórea	Arbustiva	Herbácea
Bosque de Ayarín	+	+	+
Bosque de Cedro	+	+	+
Bosque de Oyamel	+	+	+
Bosque de Pino	+	+	+

Tabla 5.13.			
Fases de vegetación secundaria en los tipos de vegetación de México.			
Tipo De Vegetación	Presencia De Fases Sucesionales (Vegetación Secundaria)		
	Arbórea	Arbustiva	Herbácea
Bosque de Pino-Encino	+	+	+
Bosque de Tásate	+	+	+
Matorral de Coníferas	-	+	+
Bosque de Encino	+	+	+
Bosque de Encino-Pino	+	+	+
Bosque Mesófilo de Montaña	+	+	+
Selva Alta Perennifolia	+	+	+
Selva Alta Subperennifolia	+	+	+
Selva Mediana Perennifolia	+	+	+
Selva Mediana Subperennifolia	+	+	+
Selva Baja Perennifolia	+	+	+
Selva Baja Subperennifolia	+	+	+
Selva Mediana Subcaducifolia	+	+	+
Selva Baja Subcaducifolia	+	+	+
Selva Mediana Caducifolia	+	+	+
Selva Baja Caducifolia	+	+	+
Matorral Subtropical	+	+	+
Selva Baja Espinosa Caducifolia	+	+	+
Selva Baja Espinosa Subperennifolia	+	+	+
Mezquital Tropical	+	+	+
Pastizal Natural	-	+	+
Pastizal Halófilo	-	+	+
Pastizal Gipsófilo	-	+	+
Pradera de Alta Montaña	-	+	+
Sabana	+	+	+
Vegetación de Desiertos Arenosos	-	+	+
Vegetación Halófila	-	+	+
Vegetación Gipsófila	-	+	+
Matorral Desértico Micrófilo	-	+	+
Matorral Desértico Rosetófilo	-	+	+
Matorral Crasicaule	+	+	+
Matorral Sarcocaula	-	+	+
Matorral Sarcocrasicaule	-	+	+
Matorral Sarcocrasicaule de Neblina	-	+	+
Matorral Rosetófilo Costero	-	+	+
Matorral Espinoso Tamaulipeco	+	+	+
Matorral Submontano	+	+	+

Tabla 5.13.			
Fases de vegetación secundaria en los tipos de vegetación de México.			
Tipo De Vegetación	Presencia De Fases Sucesionales (Vegetación Secundaria)		
	Arbórea	Arbustiva	Herbácea
Chaparral	-	+	+
Mezquital Xerófilo	-	+	+
Selva de Galería	+	+	+
Bosque de Galería	+	+	+
Vegetación de Galería	-	+	+
Manglar	+	+	+
Popal	-	-	-
Tular	-	-	-
Vegetación de Petén	+	+	+
Vegetación Halófila-Hidrófila	-	+	+
Bosque de Mezquite	+	+	+
Vegetación de Dunas Costeras	-	+	+
Palmar Natural	+	+	+
Pastizal Inducido	-	-	-
Sabanoide	-	-	-
Palmar Inducido	-	-	-
Bosque Inducido	-	-	-

5.3.3.2. Fauna.

Fauna silvestre.

Composición de especies.

Para el caso de la fauna silvestre, previo a los monitoreos en campo se revisó literatura acerca de anfibios, reptiles, aves y mamíferos que potencialmente pudieran distribuirse en la región y por ende en el predio donde se pretende establecer el proyecto.

El trabajo de campo para la determinación del inventario y descripción de los diferentes grupos de fauna consistió en la aplicación de distintas técnicas para conocer la composición de especies en el ecosistema (de manera paralela a las prácticas de caracterización de la vegetación), mismos que se señalan a continuación.

Los registros obtenidos mediante contacto visual principalmente y en segundo lugar auditivos. Las especies registradas fueron identificadas con la ayuda de binoculares Bushnell y fotografías obtenidas con cámaras digitales Nikon P510, P610 y P900 con acercamientos ópticos de hasta 83X.

Metodología utilizada para los muestreos.

- **Anfibios y Reptiles.**

La búsqueda no restringida es el método más simple y frecuentemente utilizado para determinar la composición de estos grupos, el cual consiste en efectuar caminatas diurnas y/o en horarios crepusculares en busca de ejemplares de interés, pero sin que existan mayores reglas para la búsqueda (excepto buscar en todos los lugares posibles), pudiendo aportar información de manera relativamente rápida acerca de la riqueza de especies y su abundancia relativa en el área muestreada. De esta manera, durante el establecimiento de las parcelas de muestreo para medir los atributos de la vegetación, así como durante los recorridos efectuados para establecer los monitoreos de aves y mamíferos, se registraron aquellas áreas que pudieran representar un hábitat potencial de refugio para los anfibios y reptiles, documentándose estos grupos por observación directa o indirecta (principalmente huellas), para evitar implementar técnicas de captura.

- **Aves.**

Para el monitoreo de las aves, se aplicó un muestreo sistemático llamado "Técnica de puntos de conteo" tal y como se observa en la siguiente Figura, el cual es uno de los más utilizados para obtener la composición de especies de una comunidad, y sirve además para monitorear en tiempo las variaciones de su abundancia en un ecosistema. Dicha técnica se desarrolla mejor en comunidades de matorral o en ecosistemas con existencia de especies maderables.

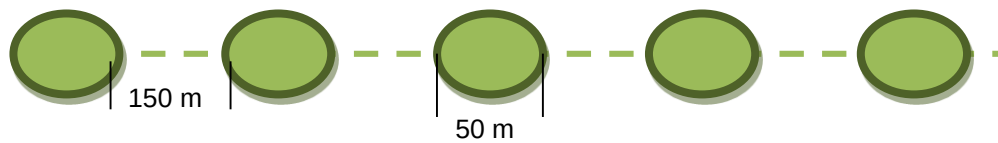


Figura 5.4. Diagrama ilustrativo del método de puntos de conteo.

El monitoreo se inicia avanzando 100 m en la vegetación, tratando de ubicar estaciones de observación en cada transecto, con un diámetro de 50 m cada una y a una distancia de 150 m entre ellas. Una vez definido el punto de conteo, se procede a registrar aquellas especies observadas y/o identificadas por su canto durante cinco a 10 minutos de observación en cada estación de conteo (el observador permanece en un punto fijo y toma nota de todas las aves vistas y oídas). La técnica se aplica durante las horas crepusculares y antes del mediodía, con la finalidad de cubrir una mayor cantidad de especies con diferentes hábitos. De la misma manera, en la distribución de los transectos, se considera su localización dentro de la vegetación, en espacios abiertos y en las orillas de la comunidad, para aprovechar el efecto borde y obtener así una mayor cobertura.

El observador debe acceder al punto de conteo causando el mínimo de perturbación a las aves y debe comenzar a contar tan pronto como llegue al punto. Los conteos por puntos son el principal método de monitoreo de aves terrestres en un gran número de países, debido a su eficacia en todo tipo de terrenos y hábitats, y a la utilidad de los datos obtenidos.

La anterior metodología fue tomada del "*Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*". A continuación, se presenta su ficha bibliográfica:

- Ralph, C. John; Geupel, Geoffrey R.; Pyle, Peter; Martin, Thomas E.; DeSante, David F; Milá, Borja. 1996. **Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres**. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159.



*Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S.
Department of Agriculture, 46 p.*

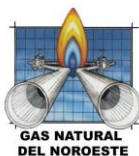
- **Mamíferos.**

La presencia de este grupo fue determinada mediante observaciones directas e indirectas (identificación de huellas y excretas), con la finalidad de evitar implementar técnicas de captura. Para lo anterior, se llevan a cabo recorridos en las horas del crepúsculo y antes del mediodía, motivo por lo cual, se utilizaron los transectos de aves para llevar a cabo también el monitoreo de mamíferos.

Sobre lo anterior, es importante señalar que el uso de transectos ha tomado una gran importancia en estudios de fauna silvestre, pudiendo ser implementados en desplazamientos para documentar biodiversidad de un área o para cuantificación de especies silvestres (Carrillo *et al.* 2000). Muchos estudios han hecho uso de esta técnica con resultados satisfactorios, no sólo en la búsqueda de rastros indirectos de fauna, sino además en los recorridos de avistamiento directo de los mismos, lográndose ambos tipos de registros.

La anterior metodología fue tomada de diversos documentos, como por ejemplo el denominado "*Evaluación de técnicas de campo para el monitoreo de fauna cinegética en la cuenca del río Valle, Chocó*" y "*Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*". A continuación, se presentan sus fichas bibliográficas:

- Chiriví-Henriquez, Adelaida. 2006. ***Evaluación de técnicas de campo para el monitoreo de fauna cinegética en la cuenca del río Valle, Chocó.*** Bogotá. D.C. 127 p.



- *Bautista, Z. Francisco; Delfín, G. Hugo; Palacio, P. José L; Delgado, C. María del C. 2004. **Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales**. México, D.F. 507 p.*

Resultados del Área del proyecto.

- **Abundancia relativa.**

Reptiles. En cuanto a la abundancia de las especies registradas en el grupo, se hace mención que fueron obtenidos un total de 28 avistamientos para siete especies, donde la especie mejor representada fue *Aspidocelis gularis* con siete registros.

Mamíferos. El grupo de los mamíferos estuvo representado por un total de 12 avistamientos de seis especies donde la especie mejor representada fue *Sciurus nayaritensis* con tres avistamientos. Se adjuntan los archivos de análisis de fauna en el anexo.

Aves. El grupo de las aves estuvo representado por un total de 131 avistamientos de 31 especies. La especie más abundante fue *Hirundo rustica* con 15 registros, se adjuntan los archivos de análisis de fauna en el anexo 5.

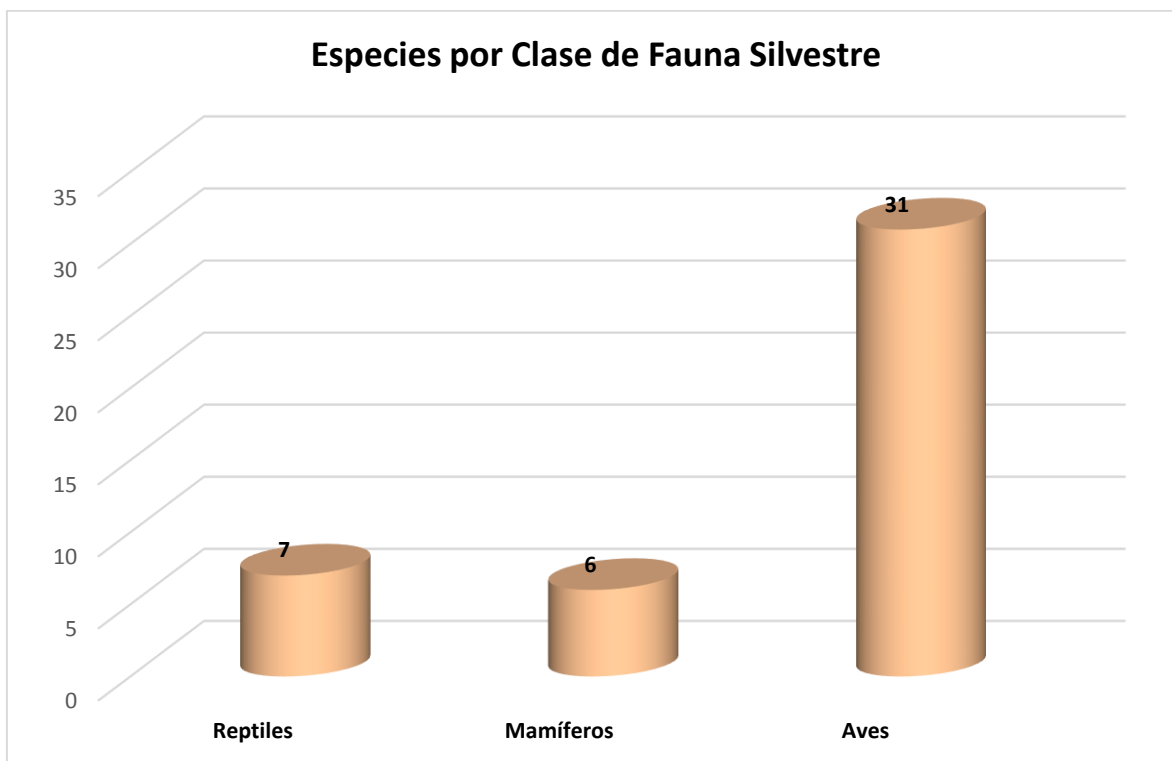


Figura 5.5. Distribución del número de especies por Clase.

- **Índices de diversidad.**

En las Tablas siguientes se presenta el nombre científico, nombre común, número de individuos, densidad relativa, estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010, listado de fauna potencial y los índices de diversidad, incluyendo índice de Shannon, Equidad y Diversidad Máxima.

Tabla 5.14.
Reptiles identificados en el área del proyecto, número de individuos, densidad relativa e Índice de Shannon-Wiener.

Reptiles								
Nombre científico	Nombre común	Individuos	Densidad relativa	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Shannon	Equitatividad (J)
<i>Anolis nebulosus</i>	Abaniquillo pañuelo del Pacífico	3	10.71	0.11	-2.23	-0.24	0.24	0.12
<i>Aspidocelis communis</i>	Huico moteado gigante	6	21.43	0.21	-1.54	-0.33	0.33	0.17
<i>Aspidocelis gularis</i>	Huico pinto del noreste	7	25.00	0.25	-1.39	-0.35	0.35	0.18
<i>Aspidocelis lineatissimus</i>	Huico de líneas de Jalisco	2	7.14	0.07	-2.64	-0.19	0.19	0.10
<i>Ctenosaura pectinata</i>	Iguana mexicana de cola espinosa	3	10.71	0.11	-2.23	-0.24	0.24	0.12
<i>Sceloporus melanorhinus</i>	Lagartija espinosa de hocico negro	5	17.86	0.18	-1.72	-0.31	0.31	0.16
<i>Urosaurus bicarinatus</i>	Lagartija de árbol del Pacífico	2	7.14	0.07	-2.64	-0.19	0.19	0.10
Total		28	100	1.00	-3.91	-1.84	1.84	0.95
Riqueza		7				1.95	Diversidad Máxima	

Tabla 5.15.
Mamíferos identificados en el área del proyecto, número de individuos, densidad relativa e Índice de Shannon-Wiener.

Mamíferos								
Nombre científico	Nombre común	Individuos	Densidad relativa	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Shannon	Equitatividad (J)
<i>Canis latrans</i>	Coyote	2	16.67	0.17	-1.79	-0.30	0.30	0.17
<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache norteno	2	16.67	0.17	-1.79	-0.30	0.30	0.17
<i>Nasua narica</i>	Coatí	1	8.33	0.08	-2.48	-0.21	0.21	0.12
<i>Procyon lotor</i>	Mapache	2	16.67	0.17	-1.79	-0.30	0.30	0.17
<i>Sciurus nayaritensis</i>	Ardilla de Nayarit	3	25.00	0.25	-1.39	-0.35	0.35	0.19
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo serrano	2	16.67	0.17	-1.79	-0.30	0.30	0.17
Total		12	100	1.00	-11.04	-1.75	1.75	0.98
Riqueza		6				1.79	Diversidad Máxima	

Tabla 5.16.
Aves identificadas en el área del proyecto, número de individuos, densidad relativa e Índice de Shannon-Wiener.

Aves								
Nombre científico	Nombre común	Individuos	Densidad relativa	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Shannon	Equitatividad (J)
<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de Cooper	1	0.76	0.01	-4.88	-0.04	0.04	0.01
<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	1	0.76	0.01	-4.88	-0.04	0.04	0.01
<i>Buteo plagiatus</i>	Aguililla gris	1	0.76	0.01	-4.88	-0.04	0.04	0.01
<i>Caracara cheriway</i>	Caracara quebrantahuesos	3	2.29	0.02	-3.78	-0.09	0.09	0.03
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	4	3.05	0.03	-3.49	-0.11	0.11	0.03
<i>Chlorostilbon auriceps</i>	Esmeralda occidental	1	0.76	0.01	-4.88	-0.04	0.04	0.01
<i>Columba livia</i>	Paloma doméstica	8	6.11	0.06	-2.80	-0.17	0.17	0.05
<i>Columbina inca</i>	Tortolita cola larga	7	5.34	0.05	-2.93	-0.16	0.16	0.05
<i>Columbina passerina</i>	Tortolita pico rojo	8	6.11	0.06	-2.80	-0.17	0.17	0.05
<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita canela	9	6.87	0.07	-2.68	-0.18	0.18	0.05
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común	2	1.53	0.02	-4.18	-0.06	0.06	0.02
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy	1	0.76	0.01	-4.88	-0.04	0.04	0.01
<i>Cyanocorax sanblasianus</i>	Chara de San Blas	2	1.53	0.02	-4.18	-0.06	0.06	0.02
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pijije alas blancas	5	3.82	0.04	-3.27	-0.12	0.12	0.04
<i>Dryobates scalaris</i>	Carpintero mexicano	3	2.29	0.02	-3.78	-0.09	0.09	0.03
<i>Fregata magnificens</i>	Fragata tijereta	7	5.34	0.05	-2.93	-0.16	0.16	0.05
<i>Helimaster constantii</i>	Colibrí picudo occidental	1	0.76	0.01	-4.88	-0.04	0.04	0.01
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta	15	11.45	0.11	-2.17	-0.25	0.25	0.07
<i>Icterus pustulatus</i>	Calandria dorso rayado	2	1.53	0.02	-4.18	-0.06	0.06	0.02
<i>Melanerpes chrysogenys</i>	Carpintero enmascarado	1	0.76	0.01	-4.88	-0.04	0.04	0.01
<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojos rojos	8	6.11	0.06	-2.80	-0.17	0.17	0.05
<i>Myiarchus cinerascens</i>	Papamoscas cenizo	1	0.76	0.01	-4.88	-0.04	0.04	0.01
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila pescadora	1	0.76	0.01	-4.88	-0.04	0.04	0.01
<i>Piaya cayana</i>	Cuculillo canelo	2	1.53	0.02	-4.18	-0.06	0.06	0.02

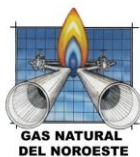


Tabla 5.16.
Aves identificadas en el área del proyecto, número de individuos, densidad relativa e Índice de Shannon-Wiener.

Aves								
Nombre científico	Nombre común	Individuos	Densidad relativa	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Shannon	Equitatividad (J)
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo	1	0.76	0.01	-4.88	-0.04	0.04	0.01
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mayor	9	6.87	0.07	-2.68	-0.18	0.18	0.05
<i>Rupornis magnirostris</i>	Aguililla caminera	1	0.76	0.01	-4.88	-0.04	0.04	0.01
<i>Streptopelia decaocto</i>	Paloma de collar turca	6	4.58	0.05	-3.08	-0.14	0.14	0.04
<i>Troglodytes aedon</i>	Saltapared común	1	0.76	0.01	-4.88	-0.04	0.04	0.01
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano pirirí	6	4.58	0.05	-3.08	-0.14	0.14	0.04
<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma alas blancas	13	9.92	0.10	-2.31	-0.23	0.23	0.07
Total		131	100	1.00	-119.78	-3.06	3.06	0.89
Riqueza		31				3.43	Diversidad Máxima	

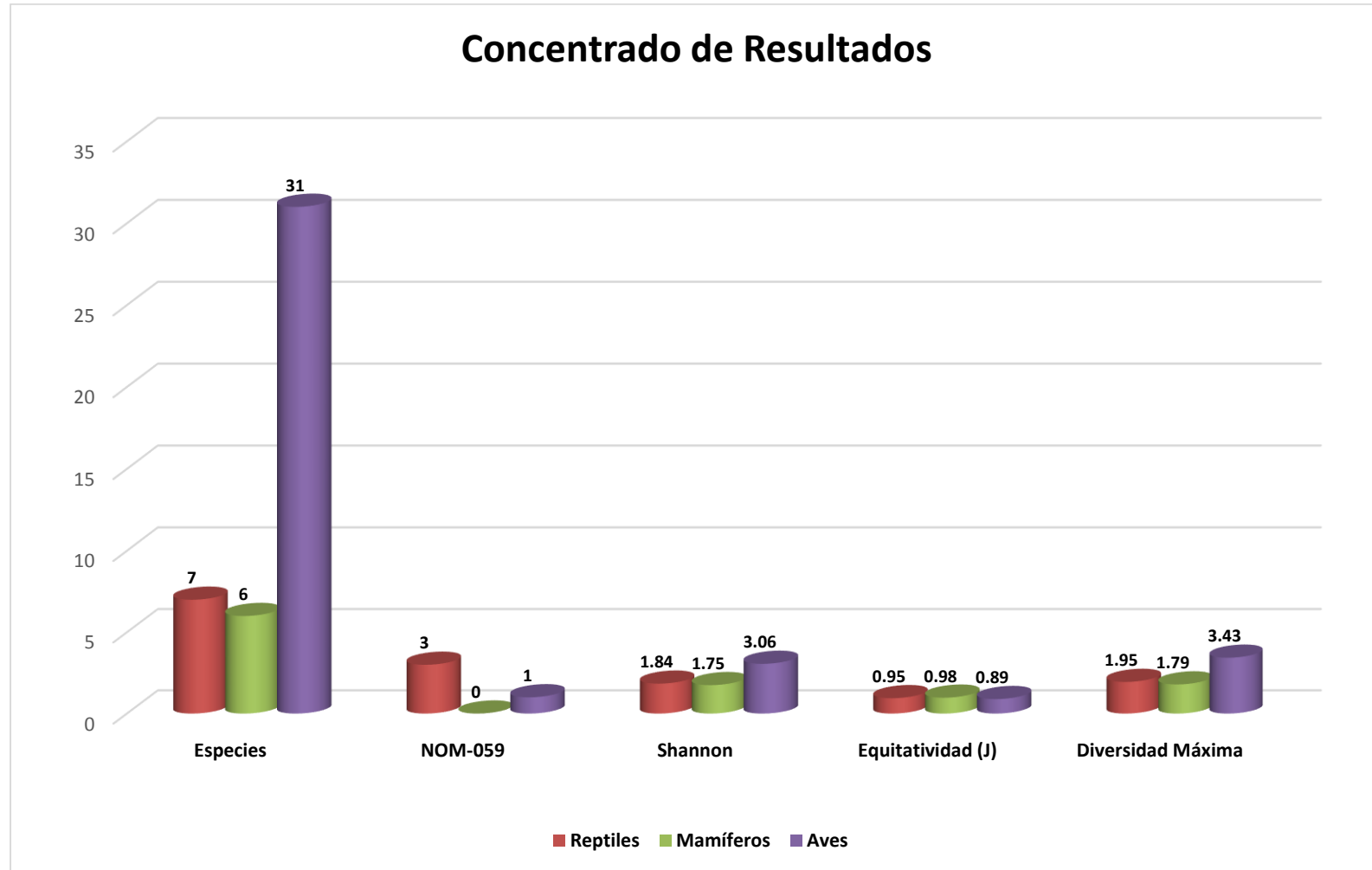


Figura 5.6. Concentrado de los resultados obtenidos para el área donde se pretende establecer el proyecto.

Interpretación.

Uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica es el de Shannon, también conocido como Shannon-Weaver (Shannon y Weaver, 1949). Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0.5 y 5, aunque su valor normal se encuentra entre 2 y 3; valores inferiores a 2 pueden ser clasificados como de baja diversidad y valores superiores a 3 pueden ser clasificados como diversos. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral, y los menores corresponden a las zonas desérticas.

De esta manera y con los resultados obtenidos, se observa que a excepción del grupo de las aves que se encuentra en una diversidad media ($H'3.06$), el resto de los grupos o clases de fauna silvestre cuenta con una diversidad baja.

Memoria de cálculo:

Se presenta Anexo el archivo de Excel correspondiente a la memoria de cálculo que incluye los resultados obtenidos para los valores presentados como índices de diversidad por grupo de fauna silvestre analizado en el área donde se pretende desarrollar el proyecto (Área del proyecto), incluyendo así mismo los valores de abundancia relativa en términos de densidad, su inclusión en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en el listado de los apéndices de CITES (archivo digital).

d) Especies en categoría de riesgo.

Para los muestreos realizados en el área del proyecto, se identificaron cuatro especies de fauna silvestre listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla 57), debido a lo cual se recomendará la ejecución de un programa de ahuyentamiento de especies de fauna silvestre, a fin de proteger cualquier individuo que pudiera observarse en el proyecto de manera previa y durante las labores de preparación del sitio y construcción.

Tabla 5.17. Especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en los muestreos realizados en el área del proyecto.				
Clase	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES
Reptiles	<i>Aspidocelis communis</i>	Huico moteado gigante	Sujeta a Protección Especial	
Reptiles	<i>Aspidoscelis lineattissimus</i>	Huico de líneas de Jalisco	Sujeta a Protección Especial	
Reptiles	<i>Ctenosaura pectinata</i>	Iguana mexicana de cola espinosa	Amenazada	
Aves	<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de Cooper	Sujeta a Protección Especial	II

- **Literatura consultada.**

- Aranda, M. 2000. *Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Primera edición. Instituto de Ecología A.C. México.*
- Bautista, Z. Francisco; Delfín, G. Hugo; Palacio, P. José L; Delgado, C. María del C. 2004. *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. México, D.F. 507 p.*
- Behler, J. L., King, F. W. 1979. *The Audubon Society Field Guide to North American Reptiles & Amphibians.*
- Carrillo, E., Wong, G. and Cuarón, A. 2000. *Monitoring mammal populations in Costa Rican protected áreas under different hunting restrictions. Conservation biology. 14 (6): 1580-1561.*
- Ceballos, Gerardo; Oliva, Giselle. 2005. *Los mamíferos silvestres de México. FCE, CONABIO, CONANP. Pp. 986. México, D.F.*
- CONABIO. 2001. *Listado de Regiones Terrestres Prioritarias de México. México D. F.*
- Conant, R. And Collins J. T.1998. *A Field Guide to Reptiles and Amphibians Eastern / Central North America. Thrid Edition. New York. U.S.A.*
- Chiriví-Henriquez, Adelaida. 2006. *Evaluación de técnicas de campo para el monitoreo de fauna cinegética en la cuenca del río Valle, Chocó. Bogotá. D.C. 127 p.*
- DOF. 2010. *NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías*

de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

- Kaufman, Kenn. 2005. *Guía de campo a las aves de Norteamérica*. Hillstar Editions L.C. Pp. 392. New York, U. S. A.
- National Geographic. 2017. *National Geographic, Field Guide to the birds of North America; seventh edition*. National Geographic, Washington DC. USA.
- Starker A., L. 1959. *Fauna silvestre de México*. 2ª Ed. Ed. PAX, México.
- Whitaker, J. O. 1996. *Field Guide to Mammals. Second edition*, National Audubon Society. New York, USA.
- Lemos-Espinal J. A. and Dixon J. R. 2013. *Amphibians and Reptiles of San Luis Potosí*. Eagle mountain publishing, LC. 300 p.

5.3.3.3. Suelos.

Los suelos del área de influencia del proyecto se clasifican como regosoles, a pesar de que el punto específico del proyecto los suelos presentan características diferentes por su cercanía a la línea de costa y que fueron formados por sedimentos aportados por la acción pluvial. Sin embargo, la carta estatal de suelos de INEGI identifica la zona como suelos del tipo Regosol, de textura media y se localizan tanto en la planicie como en la zona cerril que circunda manzanillo.

Los suelos Regosoles, presentan características jóvenes de poco desarrollo y alta permeabilidad. Se trata de suelos poco evolucionados que muestran propiedades flúvicas, es decir, que reciben regularmente nuevos sedimentos debido a las crecidas de los ríos y que cumplen una o las dos propiedades siguientes: tienen un contenido en carbono orgánico que decrece irregularmente hacia la base o que permanece constante sobre un 0.2% en una profundidad de 125 cm, o bien, existe una estratificación, debido al aporte de materiales durante las crecidas o inundaciones en al menos un 25% del volumen del suelo en los primeros 125 cm. Además, los Fluvisoles tienen como horizontes de diagnóstico un A ócrico, móllico

o úmbrico, un horizonte H hístico, un horizonte sulfúrico o materiales sulfídicos en los primeros 125 cm de profundidad. El perfil tipo es A-C.

Debe señalarse que su evolución y su desarrollo están condicionados al propio material originario no consolidado característico de los sedimentos aluviales, a la topografía llana, a la proximidad de la capa freática a la superficie y a la actividad humana desarrollada sobre los mismos. En la siguiente imagen se muestra lo antes mencionado.

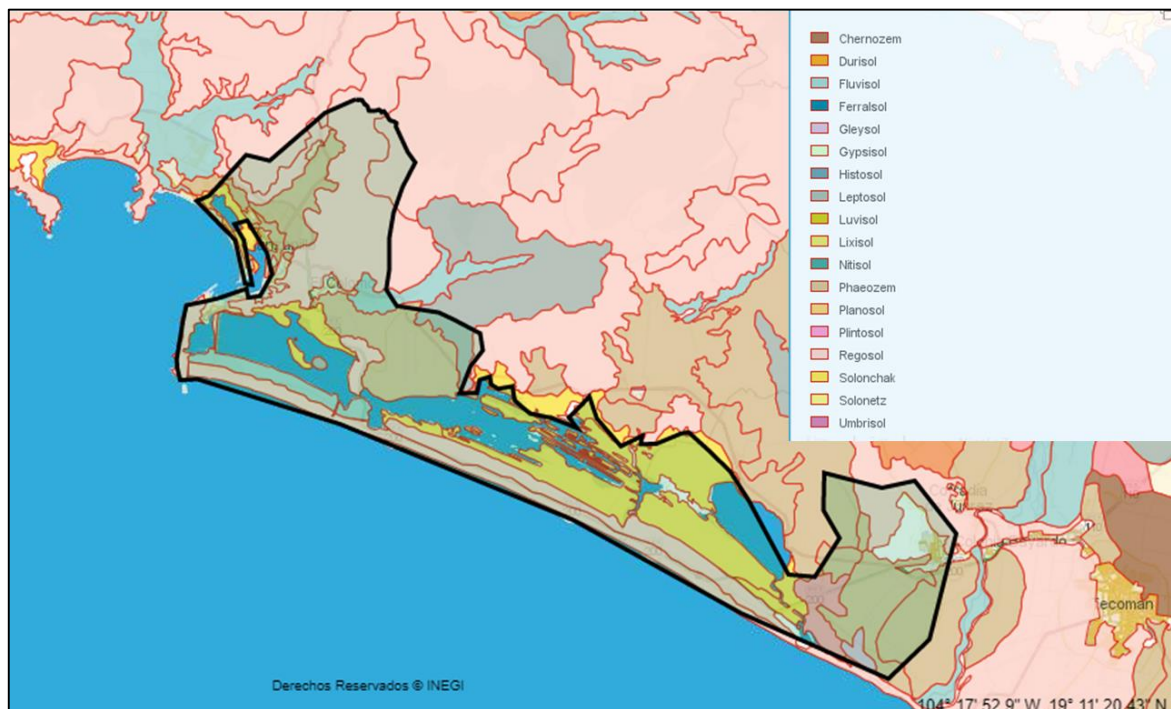


Figura 5.7. Tipos del suelo del SAR.

5.3.3.4. Geología y Geomorfología.

En general gran parte del estado de Colima se ubica sobre una gran plataforma formada por rocas cretácicas que sufrieron los efectos del tectonismo. Primero las rocas fueron plegadas y falladas por las fuerzas de compresión que actuaron a finales del cretácico e inicio del Terciario, posteriormente con los eventos efusivos



del Terciario Inferior y terciario Superior (INEGI, 1995). La Geología del sitio se encuentra ligada a la morfología del área, por lo que nos encontramos en la planicie costera. En esta zona se tienen depósitos aluviales, rocas sedimentarias, Gravas, arenas y arcillas con características hidrogeológicas de permeabilidad alta, clasificado como Qal, de acuerdo con la carta Geológica de INEGI. En el sitio no se localizan fallas ni fracturamientos, sin embargo la zona es altamente susceptible a la presencia de sismos e inundaciones. El predio en estudio se ubica muy próximo a la costa del océano pacífico, que con el pasar del tiempo y con el crecimiento de la mancha urbana se ganaron terrenos hacia la bahía de manzanillo, se formaron malecones frente a este terreno, lo que alejó considerablemente la línea actual de costa. Es por esto que con los datos que se obtuvieron en el estudio de mecánica de suelos, la estratigrafía que presenta el subsuelo es del tipo depósitos de playa, formadas por arenas en diferentes estados de compacidad y alternancias de gravillas y gravas, hasta encontrar el estrato resistente el cual presenta roca granítica intemperizada, cambiando a sana según se profundiza, la cual proviene del estrato rocoso del cerro ubicado en la parte posterior del predio del tipo Andesitas.

Sismicidad

Gran parte de la República Mexicana se encuentra sujeta a la actividad sísmica, debido a que está ubicada dentro de un área llamada Cinturón de Fuego del Pacífico, región donde ocurren la mayor parte de los fenómenos sísmicos y volcánicos del mundo y que bordea al Océano Pacífico. México está conformado por cuatro placas: dos grandes, la de Norteamérica, que va desde México hasta el Ártico y la del Pacífico, que además de incluir parte de México, incluye parte de Estados Unidos y casi todo el Pacífico Norte; una placa mediana, la de Cocos, que ocupa parte del Océano Pacífico, frente a las costas de México y Centroamérica, y se extiende al Sureste hasta Costa Rica; y la pequeña Placa de Rivera, que se

encuentra en la boca del Golfo de California. Las placas están en contacto y se desplazan entre sí, con movimientos relativos. Se deslizan paralelamente sobre sus márgenes por debajo de otras dando lugar al fenómeno de subducción (sistema de fallas), como la Placa de Norteamérica que cabalga sobre la de Cocos a una velocidad aproximada de 5 cm/año, cerca de la frontera con el Estado de Jalisco, y hasta 8.3 cm/año, cerca de la frontera México - Guatemala (Nava, 1987).

El Estado de Colima se encuentra en una región de alta probabilidad de ocurrencia de sismos. El Sur de México y Guatemala están entre las regiones de mayor sismicidad del mundo con un 3.1% de la energía sísmica total liberada mundialmente.

La actividad sísmica en la región se incrementa por la ocurrencia de sismos con focos submarinos, no solo a lo largo de la Trincheras Mesoamericana, sino en fallas principales del fondo del Pacífico como son: la Falla Clarión, que viniendo desde las Islas Revillagigedo cruza el estado de Oeste a Este en las vecindades del paralelo 19 N, ligeramente al Sur de Manzanillo; la Falla del Pacífico que inicia en las Islas Marías y cruza al estado de Noroeste a Sureste.

Los sistemas anteriores tienen una gran influencia en la actividad sísmica del estado, de la cual en la siguiente figura se presenta un ejemplo de sismos ocurridos en un cierto período (Servicio Sismológico Nacional).

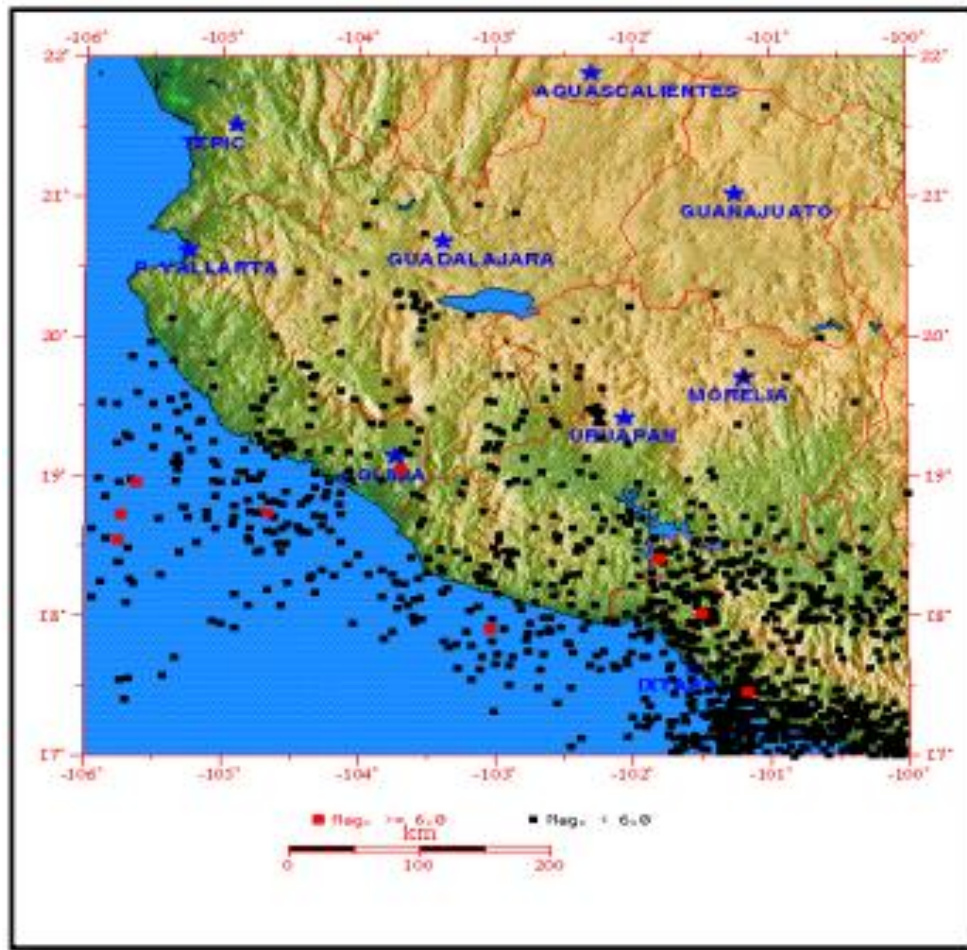


Figura 5.8. Sismos ocurridos en un cierto período (Servicio Sismológico Nacional).

En el sitio del proyecto no se localizan fallas, ni fracturamientos, sin embargo, la zona es altamente susceptible a la presencia de sismos insertándose en una zona tectónicamente activa, tal y como se ha manifestado en los sismos del 9 de octubre de 1995 y del 21 de enero del 2003, influenciada por el movimiento del fondo marino que ocurre frente a los litorales de Colima, sobre todo la característica geológica conocida como "Trinchera Mesoamericana". Otros rasgos importantes que influyen también en el área, son la zona de Fractura Clarión, zona de Fractura Rivera y la zona de Fractura Orozco.



De la experiencia sobre los efectos registrados en el Estado de Colima con respecto a los desastres causados por estos fenómenos naturales podemos mencionar: el terremoto ocurrido el 20 de enero de 1900, que causó daños a las viviendas y construcciones en la ciudad de Colima, y modificaciones apreciables en la Laguna de Cuyutlán, ocasionó 7 muertos y 77 heridos aproximadamente y un tsunami que aún se recuerda por los pueblerinos como "ola verde". El sismo del 18 de junio de 1932 causó daños materiales y humanos en la Ciudad de Colima y ocasionó la muerte de 10 personas y 98 heridos; el sismo ocurrido el 15 de abril de 1941 causó cuantiosos daños en el Estado de Colima, provocó la muerte de 24 personas y un gran número de heridos. El sismo registrado del 30 de enero de 1973, en el estado de Colima y parte del estado de Michoacán originó daños principalmente en las poblaciones de la costa de Manzanillo, Tecomán y Armería, también causó la pérdida de 46 vidas humanas y 505 heridos (Cruz Ortiz, 1989). El sismo ocurrido el 9 de octubre de 1995 causó numerosos daños a la infraestructura existente en la región, provocando la caída de un hotel, los techos de algunas gasolineras y otros edificios públicos fueron dañados seriamente; además, la fuerza del evento ocasionó el hundimiento diferencial del Boulevard Miguel de la Madrid.

5.3.3.5. Hidrología.

El área de estudio forma parte de la Región Hidrológica Costa de Jalisco (RH15) dentro de la cuenca Chacala - Purificación formada por los ríos Marabasco-Minatitlan. Específicamente el sitio del proyecto pertenece a la subcuenca de la laguna de Cuyutlán (a) la cual se forma en la Sierra de compleja al norte de la laguna de Cuyutlán.

La subcuenca de la Laguna de Cuyutlán representa el 59.09% de la superficie del municipio de Manzanillo y se compone de varios cauces de tipo intermitente, entre los que se encuentran los arroyos: Chandiablo, punta de agua, Miramar, El Zacate y Agua Blanca.

Los arroyos de la subcuenca tienen su origen en la Sierra Perote; sus cauces presentan direcciones noreste-suroeste. En el área de influencia del proyecto no se tienen corrientes principales y los escurrimientos generados en la zona montañosa adyacente son de tipo intermitente, sus gradientes hidráulicos son bajos, y las pendientes que los dominan son del orden de 15 a 35° de inclinación, por lo que se desaloja rápidamente principalmente hacia el mar.

Las avenidas más importantes se presentan de junio a octubre, con volúmenes máximos en el mes de septiembre, que en ocasiones llegan a ser extraordinarias debido a la cercanía con la costa y la presencia de ciclones de manera regular. El período de secas es de noviembre a Mayo; sin embargo, la presencia de lluvias invernales provoca en ocasiones aportaciones de consideración.



Figura 5.9. Hidrología del SA



Acuíferos.

Los acuíferos que conforman los valles costeros se les considera de tipo libre porque están constituidos de materiales aluviales cuya permeabilidad varía de alta a media; localmente presentan confinamientos o semiconfinamientos de los pozos y norias. El acuífero de la subcuenca Cuyutlán según el estudio hidrológico del estado de Colima – INEGI – 1995 – la zona geohidrológica Jalipa – Tapeixtles comprende una superficie de 10.4 km² en la cual se registran 17 aprovechamientos (pozos profundos para uso agropecuario, doméstico e industrial).

La profundidad media del nivel estático fluctúa de 40 a 5 m, dependiendo de la cota de la rasante del terreno según se sitúe conforme a su cercanía lejanía del mar; en el caso específico del sitio de proyecto la profundidad del nivel estático fluctúa de 20 a 5 m dependiendo, de la época del año, ya que durante el período de lluvias la profundidad es menor. El abatimiento promedio anual que se registra es 0.2 m teniéndose un volumen anual de extracción de 8 millones de m³ y la capacidad de recarga del acuífero es de 15 millones de m³, es decir, se cuenta con un excedente de 7 millones de m³ de agua aprovechable, en dicha cuenca geohidrológica.

La dirección general de las corrientes subterráneas es Noreste - Suroeste.

Las características del acuífero en el área de estudio, presenta rocas porosas con importancia hidrogeológica relativa de grande a pequeña. Presenta acuíferos continuos de extensión variable constituidos por sedimentos clásticos no consolidados de permeabilidad alta. El nivel estático del agua es menor a 3 m y presenta sólidos totales en 2000 ppm (calidad del agua).

La calidad del agua para usos potables de la mayoría de las muestras tomadas en estos valles, queda comprendida en la clasificación de agua dulce y tolerable y en menor cantidad salada, el total de sólidos disueltos es de 200 a 25000 partes por

millón. En todos los valles costeros la mayor parte de las muestras tomadas del agua para riego caen dentro de la clasificación C2 –S1 (aguas medianamente salinas y baja en sodio).

Zona marina.

Corrientes Oceánicas.

La corriente oceánica de mayor importancia frente a las Costas del Estado de Colima, es la Corriente de California. Esta, es una corriente fría que fluye hacia el sur a lo largo de la Península de California, siendo normalmente suave e influenciada por los vientos ocasionales. Después de fluir a lo largo de la Península de California, esta corriente cambia su dirección hacia el SW y se transforma en lo que se conoce como la Corriente Ecuatorial del Norte. Otra corriente de importancia frente a las costas de Colima, Jalisco y Michoacán es la corriente caliente que fluye hacia el norte, derivada de la Contracorriente Ecuatorial.

Las dos corrientes descritas anteriormente confluyen, frente a las Costas Mexicanas del Pacífico, hacia el sur de Michoacán en invierno y hacia el norte de dicho Estado en el verano. En el invierno, la porción de la Corriente de California que fluye hacia el sur hasta Acapulco, se llama la Corriente Mexicana. En el verano, la Corriente Contra ecuatorial que cambia su dirección al norte o noroeste de Michoacán, fluye hacia el norte a lo largo de las costas mexicanas occidentales.

La altura de la ola es de 2.5 metros y el período es de 8 y 14 seg-1. La altura máxima del oleaje producida por ciclones es del orden de los 9 metros. La marea es de tipo semi-diurna con un rango promedio de 0.70 metros. La temperatura en las aguas de las costas de Colima es oscila desde 25 C en abril a 31.4 C en septiembre y una salinidad promedio de 34.8 parte por mil en agosto y 35.61 partes por mil en junio (Morales-Blake, 1991).

Ciclo de mareas.

En la región de Manzanillo, las Mareas son de tipo semidiurno mixto, lo que quiere decir que ocurren dos bajamares y dos pleamares durante un día, pero con una desigualdad diaria en la elevación dos pleamares sucesivas. La zona presenta la peculiaridad de que las segundas pleamares y bajamares se amortiguan progresivamente en el tiempo a partir de la ocurrencia de las lunas nueva y llena para desaparecer uno o dos días antes de las cuadraturas lunares (cuarto creciente y cuarto menguante), donde la marea se torna al tipo diurno (ocurrencia de bajar y una pleamar en un período de 24h).

Dos o tres días después de la ocurrencia de las cuadraturas, la marea se convierte nuevamente al tipo semidiurno. Las fluctuaciones en la altura del nivel del mar por efecto de marea, definen los niveles de referencia aplicables al diseño y construcción del proyecto.

Los valores de las mareas se describen en las tablas y calendarios que publica anualmente la Estación Mareográfica de Ensenada. Las cuatro componentes principales de la marea son:

Tabla 5.18.	
Principales influencias para mareas, Manzanillo.	
Principal lunar, m2	0.152 m
Principal solar, s2	0.168 m
Lunisolar diurnal, k1	0.161 m
Principal lunar diurnal, o1	0.123 m

Tabla 5.19.		
Tabla de Mareas, Manzanillo.		
Pleamar Máxima Registrada	(P.M.R)	1.072 m
Nivel de Pleamar Media Superior	(N.P.M.S.)	0.742 m
Nivel de Pleamar Media	(N.P.M.)	0.664 m
Nivel Medio del Mar	(N.M.M.)	0.402 m



Nivel de Media Marea	(N.M.M)	0.403 m
Nivel de Bajamar Media	(N.B.M.)	0.152 m
Nivel de Bajamar Media Inferior	(N.B.M.I.)	0.000 m
Bajamar Mínima Registrada	(B.M.R.)	-0.434 m

**Fuente: Estación Mareográfica, Ensenada, B.C., 2004.*

Pleamar máxima registrada: nivel más alto registrado en una estación mareográfica debido a las fuerzas de marea periódicas, a la influencia de una onda sísmica (tsunami) o a efectos de condiciones meteorológicas extraordinarias.

Nivel de pleamar media superior (MHHW): media de la elevación más alta alcanzada de las dos pleamares diarias, estimada para el período de observaciones considerado.

Nivel de pleamar media (MHW): elevación promedio de todas las pleamares registradas durante el período considerado. Cuando el tipo de marea es diurna, este plano equivale a la pleamar media superior.

Nivel medio del mar: promedio de las alturas horarias durante el período considerado

Altura mínima registrada: descenso máximo registrado asociado probablemente a la ocurrencia de una ola sísmica (tsunami).

Bajamar mínima registrada: nivel más bajo registrado debido a las fuerzas de marea periódica, o también a que tenga influencia sobre la misma los efectos de condiciones meteorológicas.

Nivel de bajamar media inferior (MLLW): media de las más bajas de las dos bajamares diarias, estimada durante el período de observaciones. Este plano es el

que se utiliza como plano de referencia, para el pronóstico de mareas en la Costa del Pacífico y Golfo de California, mismo que utiliza COSAT and Geodetic Survey.

Nivel de bajamar media (MLW): promedio de todas las bajamares durante el periodo considerado. Cuando el tipo de mareas es diurno, este plano se calcula mediante el promedio de la bajamar más diaria, lo que equivale a la bajamar media inferior para regímenes semidiurnos.

Nivel de media marea (MTL): plano equidistante entre la pleamar media y bajamar media, se obtiene promediados estos dos valores

5.3.3.6. Características climáticas.

El clima predominante en la región de Manzanillo de acuerdo con la clasificación Koppen (1936) modificado por García (1964) es de tipo y Awo (W), cálido subhúmedo con lluvias en verano y sequía en invierno y una precipitación invernal menor al 5%. De los subhúmedos es el más seco, con un coeficiente P/T de 43.2. En la costa el clima cálido sub-húmedo es el más predominante. Este tipo de clima sostiene comunidades de vegetación como: selva baja caducifolia, selva caducifolia y bosques espinosos. Así como un clima Semiseco (Almería) sólo que este en menor proporción al sólo encontrarse en ciertas áreas del sistema ambiental. En la siguiente imagen se muestra los tipos de clima anteriormente mencionados.

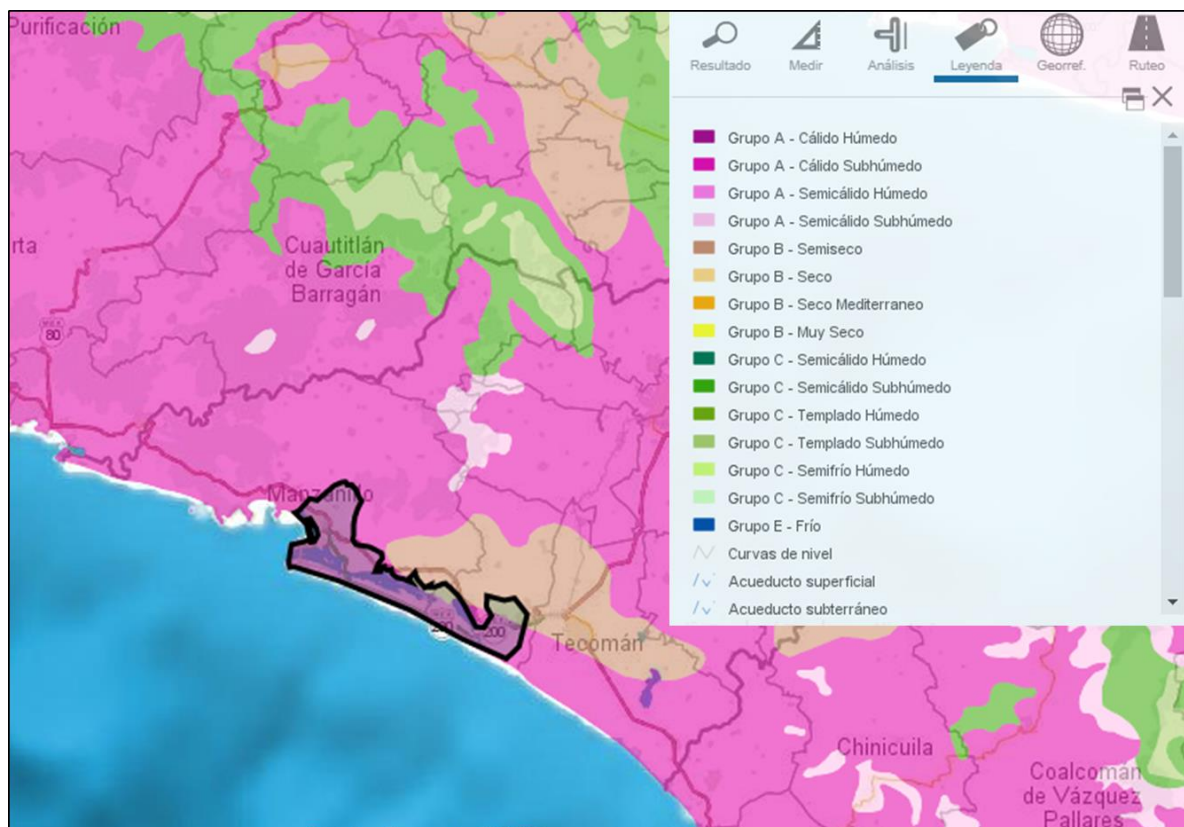


Figura 5.10. Unidades climáticas del SAR.

Temperatura promedio.

El Puerto de Manzanillo tiene una oscilación anual de las temperaturas medias mensuales menor a 5°C (isotérmico). La temperatura media anual es de 26.6°C, el mes más frío 24.5°C en febrero y el más cálido de 28.7°C septiembre (García, 1981). La temperatura máxima extrema media anual es de 32.9°C, habiéndose registrado la temperatura máxima extrema media mensual en junio de 1991 con 39°C. La temperatura mínima media anual es de 22.3°C. La temperatura mínima extrema promedio es de 19.8°C habiéndose registrado la mínima extrema media mensual en abril de 1945 con 13°C.



Precipitación promedio.

El clima que impera en la zona es de tipo tropical lluvioso, siendo el más seco de los cálidos sub-húmedos, el promedio anual de precipitación pluvial es de 500 mm, el cual presenta forma irregular, la temporada se inicia en junio y sus precipitaciones son torrenciales especialmente a fines de agosto y principios de septiembre para disminuir en el mes de diciembre.

El régimen de lluvias inicia en verano entre los meses de junio a noviembre. El mes más lluvioso es septiembre con 259.8 mm debido a la presencia de ciclones tropicales, mientras que abril es el mes más seco. La humedad relativa anual es en promedio de 70 por ciento.

Fenómenos climatológicos.

Vientos.

Los vientos dominantes son del Oeste y Norte y se dan en la estación de secas (noviembre a mayo). Por lo general son brisas suaves que se incrementan su velocidad en los meses de noviembre y diciembre con una velocidad media entre 4 y 4.5 m/seg. El viento marino del Sur-Este y Noreste domina en la época de lluvias (julio-septiembre), estos frecuentemente asociados con huracanes y alcanzan los 65 m/seg (González-Chavarín, 1988).

Tormentas tropicales, Ciclones y Huracanes.

Los huracanes son uno de los fenómenos naturales más peligrosos que se pudieran presentar en el área de estudio, durante los meses de mayo a noviembre, pudiéndose presentar vientos que pueden alcanzar más de 200 km./hr, los cuales son muy peligrosos para la población en general. La dirección del viento varía de acuerdo al paso del meteoro, de tal manera que es difícil marcar zonas de riesgo derivadas de este evento. Los vientos pueden afectar zonas muy amplias, pues en

ocasiones el radio de influencia del huracán puede ser de varios cientos de kilómetros e incluso, algunos ciclones penetran en tierra.

Los ciclones tropicales pueden presentarse en alguna de sus tres fases:

- I. Como depresión tropical con velocidades de vientos hasta de 65 km/hr;
- II. Como tormenta tropical con velocidades de vientos de 65 a 120 Km. /hr;
y
- III. Como huracán con velocidades arriba de 120 km/hr.

En la siguiente tabla se presenta un listado de algunas de las tormentas y ciclones importantes que han afectado el área de Manzanillo en los últimos 28 años. (Servicio Meteorológico Nacional).

Tabla 5.20. Listado de las tormentas y ciclones que han afectado Manzanillo.					
Fecha			Nombre	Velocidad Máxima (km/h)	Categoría en impacto
Día/s	Mes/es	Año			
14-20	Jun	1971	Bridget	85	TT
28-1	Ago-sep	1971	Lily	140	H1
1-8	Jun	1972	Annette*	65	TT
28-30	May	1974	Aletta	93	TT
10-12	Jul	1975	Eleanor	45	DT
31-4	May-jun	1979	Andrés	120	H1
23-30	Oct	1979	Ignacio	100	TT
27-31	Ago	1981	Irwin	55	DT
16-18	Sep	1991	Ignacio	95	TT
1-5	Oct	1992	Virgil	175	H2
7-10	Oct	1992	Winifred	175	H2
4-9	Jul	1993	Calvin*	165	H2
20-27	Jun	1996	Alma	160	H2
30-4	Oct	1996	Hernan	120	H1
26-12	Sep-oct	1997	Olaf*	45	TT
5-9	Sep	1999	Greg	120	H1
19-22	Sep	2000	Norman	75	TT
25-26	Sep	2002	Julio	65	TT
3-7	Ocyt	2003	Olaf	100	TT

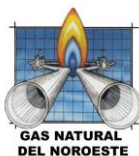


Tabla 5.20. Listado de las tormentas y ciclones que han afectado Manzanillo.					
Día/s	Fecha		Nombre	Velocidad Máxima (km/h)	Categoría en impacto
	Mes/es	Año			
3-6	Jul	2005	Dora	65	TT
13-17	Sep	2006	Lane	205	H3
8-15	Oct	2006	Norman*	55	DT
8-12	Oct	2008	Odile	100	TT

5.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.

Para la determinación de los riesgos ambientales que pudieran presentarse dentro de las instalaciones de la empresa se utilizaron los siguientes métodos de análisis de riesgos:

- Matriz de Identificación de Riesgos Potenciales (MIRP).
- Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP).

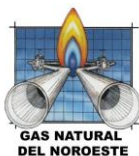
5.4.1. Identificación de peligros y jerarquización de escenarios de riesgo.

5.4.1.1. Análisis preliminar de peligros.

Matriz de Identificación de Riesgos Potenciales (MIRP).

En este método se utiliza una matriz en la cual se identifican los riesgos potenciales presentes en la operación de la empresa; clasificándolas por áreas o procesos que representan al eje horizontal de la matriz, mientras que el eje vertical representa un inventario o listado de potencialidades de riesgo agrupado por:

- Fuego
- Explosión
- Escape de material tóxico
- Radiación
- Ambiental



Cabe señalar que, como metodología de identificación de riesgos, es una herramienta útil y de fácil acceso que permite caracterizar de manera general los principales riesgos potenciales a manera de lista de verificación (check list).

Para el proyecto se verificaron los procesos mediante la aplicación de una matriz de identificación de condiciones que pueden derivar en situaciones de riesgo, se construyó una matriz para la operación del gasoducto en general.

A continuación, se presenta la Matriz de Identificación de Riesgos Potenciales para el gasoducto:

Tabla 5.21. Matriz de Identificación de Riesgos Potenciales para el gasoducto.	
Riesgo	Distribución de Gas Natural.
FUEGO	
Flamables en proceso o atmósfera	Distribución de Gas Natural
Combustión en el proceso	
Materiales pirofóricos	
Eléctrico (corto circuito)	
EXPLOSIÓN	
Ruptura física (Sobrepresión en recipientes o tuberías)	Distribución de Gas Natural
Ruptura mecánica	Ruptura en válvulas.
Mezclas flamables en lugares cerrados	
Mezclas flamables de gran tamaño en la atmósfera	Distribución de Gas Natural
a) Explosión de nube de vapor no confinado	Distribución de Gas Natural
b) Explosión de líquido hirviendo y vapor en expansión	
Descomposiciones violentas	
Reacciones autoacelerantes	
Otras reacciones exotérmicas	
Detonación de material condensado	
Polvos o rocíos en la atmósfera	
ESCAPE DE MATERIAL TÓXICO	
Compuestos tóxicos	
Compuestos carcinogénicos y mutagénicos	
Material asfixiante	Distribución de Gas Natural
Material corrosivo	

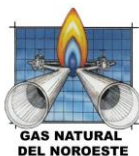


Tabla 5.21. Matriz de Identificación de Riesgos Potenciales para el gasoducto.	
Riesgo	Distribución de Gas Natural.
RADIACIÓN	
Térmica (calor o frío)	
Electromagnética	
Nuclear	
AMBIENTAL	
Ruidos	
Olores	
Aguas residuales	
Descargas atmosféricas	Gases de combustión
Generación de residuos industriales	Distribución de Gas Natural

5.4.1.2. Antecedentes de accidentes e incidentes de proyectos similares.

Si bien no pudieron ser localizados accidentes recientes ocurridos en instalaciones de este tipo, de la investigación que se realizó vía internet, se encontraron notas periodísticas de accidentes que involucran gasoductos o el manejo de gas natural. En la siguiente tabla se presenta un compilado de los antecedentes de accidentes e incidentes relacionados:

Tabla 5.22.
Antecedentes de Accidentes e Incidentes.

No.	Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia involucrada	Evento o Causa del Accidente o Incidente	Nivel de afectación (personal, medio ambiente, otros)	Acciones realizadas para su atención
1	15 de mayo de 2013.	Celaya, Guanajuato, México.	Gasoducto	Gas Natural	El operador de un retroexcavadora pico la tubería de gas ocasionando un flamazo que alcanzó a una cocina económica aledaña. ¹	Dejó tres personas heridas, dos de ellas de gravedad y provocó la evacuación de 300 personas de 85 viviendas en el fraccionamiento La Cantera.	Acudieron pick ups de la empresa Gas Natural, una ambulancia de la Cruz Roja y otra del Cuerpo de Rescate, además de máquinas del Cuerpo de Bomberos.
2	5 de marzo de 2014	Juárez, Chihuahua, México.	Gasoducto que corre por debajo de camellón de Av. Paseo de la Victoria y Jacarandas.	Gas Natural	Una de las máquinas retroexcavadoras que hacen trabajos del Plan de Movilidad Urbana rompió un trozo del gasoducto que corre por debajo del camellón en esa avenida. ²	El peligro causó que las autoridades de protección civil cerraran a la circulación vehicular el tramo comprendido entre las avenidas Manuel Gómez Morín y Ejército Nacional.	Acudieron cuatro pick ups de la empresa Gas Natural, una ambulancia de la Cruz Roja y otra del Cuerpo de Rescate, además de máquinas del Cuerpo de Bomberos.

¹ Fuente: El Universal.

² Fuente: El Diario mx: https://diario.mx/Local/2014-03-05_32c3df59/fuga-de-gas-provoca-cierre-de-paseo-de-la-victoria/

Tabla 5.22. Antecedentes de Accidentes e Incidentes.							
No.	Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia involucrada	Evento o Causa del Accidente o Incidente	Nivel de afectación (personal, medio ambiente, otros)	Acciones realizadas para su atención
3	12 de agosto de 2015.	García, Nuevo León, México.	Gasoducto.	Gas Natural.	Se suscitó una explosión e incendio en el gasoducto Escobedo-Santa Catarina, sin determinar la causa, se comenzó un análisis técnico y científico riguroso sobre las causas y daños producidos por el accidente para determinar las acciones que correspondan en materia de seguridad industrial y operativa. ³	Se confirmó el fallecimiento de cuatro trabajadores de la empresa particular que realizaba labores en la zona.	El incidente fue atendido por el equipo de Protección Civil del estado y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa), así como por bomberos municipales, estatales y voluntarios de la Terminal de Abastecimiento y Reparto Santa Catarina de Pemex.

³ Fuente: Excelsior.

**Tabla 5.22.
Antecedentes de Accidentes e Incidentes.**

No.	Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia involucrada	Evento o Causa del Accidente o Incidente	Nivel de afectación (personal, medio ambiente, otros)	Acciones realizadas para su atención
4	7 de marzo de 2018.	León, Guanajuato, México.	Gasoducto.	Gas Natural.	Explosión en un ducto de gas en el Boulevard Timoteo Lozano, en la colonia Portales de San Sebastián, en León, Guanajuato. El accidente ocurrió cuando se realizaban trabajos de repavimentación y una máquina retroexcavadora perforó el ducto por error, lo que ocasionó la explosión. ⁴	El fuego alcanzó más de cinco metros de altura. Se tuvo un desalojo de ocho viviendas por el incidente en el perímetro y se desalojaron dos escuelas, dos primarias. Tres personas resultaron heridas	Al lugar llegaron elementos de Protección Civil y bomberos de León, quienes después de rescatar a los lesionados, cerraron las válvulas de conducción para controlar el siniestro. Los equipos de emergencia trabajaron durante dos horas para controlaron el fuego y esperaron para que el combustible almacenado en el ducto se consumiera en su totalidad.

⁴ Fuente: Noticieros Televisa: <https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/explosion-gas-deja-tres-lesionados-leon-guanajuato/>



5.4.1.3. Identificación de peligros y de escenarios de riesgo.

Para realizar la identificación de los riesgos potenciales se seleccionó la metodología HAZOP (“HAZard and OPerability”), conocida también como Análisis de Operabilidad y Riesgos de los Procesos, la cual es una técnica que involucra la investigación de desviaciones del diseño o propósito de un proceso.

La técnica de Análisis de Operabilidad y Riesgo permite realizar una evaluación de forma estructurada e identificar un mayor número de problemas a través de un trabajo de grupo. A través de la participación de un equipo de trabajo, se pueden tomar en cuenta e incluir en múltiples puntos de vista. Esta metodología representa un método exhaustivo y obliga a la realización de varias sesiones para realizar la identificación de riesgos.

Debido a las ventajas que ofrece el Análisis de Operabilidad y Riesgo al proporcionar una técnica estructurada y facilitar el trabajo en equipo, el grupo de trabajo a cargo del presente estudio de riesgo la seleccionó para realizar la identificación de riesgos potenciales. Previo al inicio de su aplicación, se identificaron las situaciones que pudieran derivar en eventos de riesgo, a través de una matriz que permite revisar los procesos productivos a manera de una lista de verificación. Una vez desarrollada la matriz, el Análisis de Operabilidad y Riesgo fue desarrollado sobre aquellas operaciones en las que se identificaron condiciones que pudieran derivar en un riesgo.

La metodología consiste en utilizar un conjunto de palabras “guías” o “claves” (no, mayor, menor, etc.) con la finalidad de examinar desviaciones de las condiciones normales de un proceso en varios puntos clave (nodos) de todo el sistema. Dichas palabras “guías” se aplican a parámetros relevantes del proceso, tales como: flujo, temperatura, presión, composición, etc. para identificar las causas y consecuencias de desviaciones en estos parámetros de sus valores normales. Finalmente, la



identificación de las consecuencias, resulta en recomendaciones para mejorar el proceso. Estas pueden indicar modificaciones en el diseño, requerimientos en los procedimientos operativos, modificaciones en la documentación, mayor investigación, etc.

Palabras Clave

Un elemento esencial, en este proceso de cuestionamiento y análisis sistemático, es el uso de palabras guías o palabras claves para enfocar la atención del grupo sobre las desviaciones y sus posibles causas. Estas palabras “guías” se dividen en dos clases:

- Palabras primarias. Las cuales enfocan la atención en un proceso particular del intento de diseño o una condición o parámetro asociado con el proceso.
- Palabras secundarias. Las cuales al combinarse con las palabras primarias sugieren posibles desviaciones.

Las palabras primarias reflejan tanto el propósito, como aspectos operacionales. Palabras típicas orientadas al proceso, algunos ejemplos de ellas son los siguientes:

- | | | |
|--------------------|----------------------|------------------|
| • Flujo. | • Corrosión/erosión. | • Muestreo. |
| • Presión. | • Temperatura. | • Reducción. |
| • Viscosidad. | • Viscosidad. | • Nivel. |
| • Reacción. | • Composición. | • Composición. |
| • Instrumentación. | • Adición. | • Mezclado. |
| • Separación. | • Prueba. | • Mantenimiento. |

Las palabras típicas que consideran los aspectos de operabilidad del proceso, pudieran ser las siguientes:

- Aislamiento.
- Inspección.

- Purgado.
- Ventilación.
- Arranque.
- Mantenimiento.
- Drenaje.

Cuando las palabras secundarias se combinan con las primarias, sugieren desviaciones o problemas potenciales. Un listado estándar de las palabras utilizadas como secundarias se menciona a continuación en las siguientes tablas:

Tabla 5.23. Significado de palabras guías estándar.	
Palabra	Significado
No/Ninguna	Negación del intento de diseño
Más	Incremento cuantitativo
Menos	Decremento cuantitativo
Además de	Incremento cualitativo
Parte de	Decremento cualitativo
Reversa	Opuesto lógico del intento
Otro que	Sustitución completa

Tabla 5.24. Significado de palabras guías para procedimientos.	
Palabra	Significado
No	No realiza el paso u operación. Un paso u operación importante en el proceso se omite.
Más	Se hace más que lo especificado o requerido en un sentido cuantitativo (ej. se abre válvula completamente cuando se requiere sólo abrir parcialmente).
Menos	Se hace menos de lo especificado o requerido en un sentido cuantitativo (ej. purgar un depósito por 5 minutos en lugar de 10 minutos).
Además de	Se hace más de lo especificado en un sentido cualitativo. (ej. se abren las válvulas para varios tanques cuando sólo se requiere para una).

Tabla 5.24. Significado de palabras guías para procedimientos.	
Palabra	Significado
Parte de	Se realiza una parte de un paso en un sentido cualitativo (ej. se cierra solo una válvula cuando el procedimiento dice claramente que se cierran todo el grupo y se abra la válvula de sangrado).
Reversa	Se hace lo opuesto a lo especificado. (ej. se abre una válvula cuando el procedimiento dice que se debe de cerrar).
Otro que	Se hace algo diferente a lo requerido (ej. se abra la válvula equivocada).

El proceso de análisis HAZOP involucra aplicar de una manera sistemática, todas las combinaciones relevantes de palabras claves, al sistema o proceso bajo estudio, en un esfuerzo por descubrir problemas potenciales.

Los resultados se registran en un formato de tabla o matriz con los siguientes encabezados principales:

- Nodo/Paso.
- Parámetro.
- Guía.
- Desviación.
- Categoría –Causas.
- Categoría Consecuencias.
- Categoría-Salvaguarda.
- Categoría-Recomendación

Procedimiento de Aplicación

La secuencia que se utiliza es la siguiente:

- El proceso se secciona en nodos o pasos conforme a las actividades que se ven involucradas, (ejemplo: almacenamiento, bombeo, mezclado, enfriamiento, etc.)
- Se plantea una palabra clave primaria.

- Se plantea una palabra clave secundaria.
- Se plantea la desviación o problema derivado de la combinación de las palabras claves primarias y secundarias referentes al nodo en cuestión.
- Se plantean las causas potenciales que resultarían en la desviación. Para después agrupar las causas según su origen, estas pueden clasificarse conforme a las siguientes claves (categorías).

Como un ejemplo puede citarse “HUM – error en cálculo de capacidad del recipiente” (el factor humano fue causa para la desviación referida).

Tabla 5.25. Categorías de las causas.	
Clave	Categoría
HUM	Error/Factor humano
EQP	Falla de equipo
EXT	Evento externo
DIS	Distribución de la planta
FSA	Falla de salvaguarda
PRV	Evento previo

- Siguiendo con la secuencia, se deben plantear las consecuencias potenciales que resultarían, tanto como efecto de la desviación, como por efecto de la causa misma. Para después agrupar las consecuencias de acuerdo a su nivel de afectación, estas pueden clasificarse conforme a las claves (categorías) que se mencionan a continuación:

Tabla 5.26. Categorías de las consecuencias.	
Clave	Categoría
AMB	Afectación al Ambiente
PER	Afectación al Personal

Tabla 5.26. Categorías de las consecuencias.	
Clave	Categoría
PRP	Afectación a la Propiedad
OPE	Asuntos Operativos únicamente

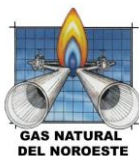
Como un ejemplo puede citarse “AMB - derrame del producto al suelo natural” (afectación al medio ambiente).

- En este punto se puede registrar cualquier equipo, instrumento o dispositivo protector, ya sea que prevenga la causa o salvaguarde contra consecuencias adversas. Para después agrupar las Salvaguardas según su fundamento, estas pueden clasificarse conforme a las claves (categorías) de la siguiente tabla:

Tabla 5.27. Categorías de las salvaguardas.	
Clave	Categoría
MNT	Mantenimiento
ADM	Administrativa
ING	Ingeniería

Como ejemplo, podemos citar “MNT- se aplica mantenimiento preventivo”.

- Cuando una causa creíble resulte en una consecuencia negativa, se debe anotar una recomendación para tomar alguna acción al respecto. Las acciones deben ser tomadas para eliminar las causas o para mitigar o eliminar las consecuencias. Es en esta etapa, que se consideran las consecuencias y sus salvaguardas asociadas. Cuando las medidas de protección son las adecuadas, entonces no se requiere tomar ninguna acción y esto se indica en



esta columna. Posteriormente, se procede a agrupar las recomendaciones según su fundamento, estas pueden clasificarse conforme a las siguientes claves (categorías):

Tabla 5.28. Categorías de las recomendaciones.	
Clave	Categoría
ING	Ingeniería/Diseño
PRO	Procedimiento/Software
MNT	Mantenimiento
GER	Gerencia
SEG	Seguridad
ADM	Administración/capacitación

En la figura siguiente se ilustra el proceso de implementación de la metodología de HAZOP.

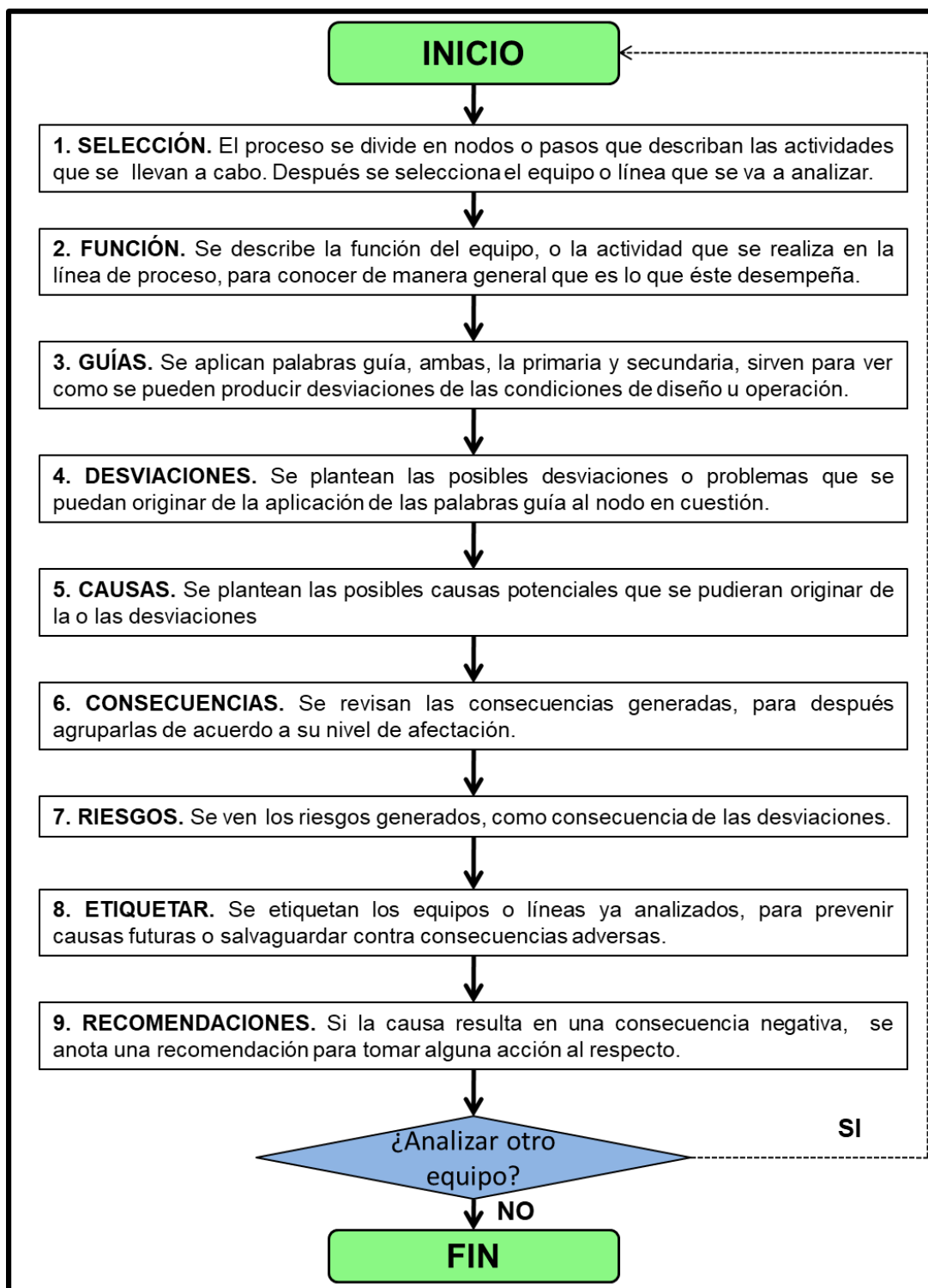


Figura 5.11. Diagrama de flujo del proceso de implementación del HAZOP.



Habiendo finalizado la identificación de riesgos a través de la matriz de identificación de riesgos potenciales, se procedió a identificar qué condiciones presentaban de forma común en las operaciones realizadas. El objetivo planteado por el grupo de trabajo para realizar esto, fue agrupar las áreas que presentan condiciones similares para simplificar la aplicación del Análisis de Operabilidad y Riesgos HAZOP, se determinó a partir de la Matriz de Identificación de Riesgo Potenciales (MIRP).

De acuerdo a la descripción realizada, el análisis HAZOP se aplicará sobre los siguientes sistemas:

1. Estaciones de Regulación y Medición.
2. Gasoducto (Gas Natural) en ducto de 12 pulgadas de diámetro y con ramales de 4 pulgadas de diámetro @ 21 kgf/cm².

De esta forma, el análisis que se presenta no pretende ser un análisis exhaustivo de riesgo, sino más bien sobre el comportamiento general de las operaciones donde se ve involucrado el trasvase de los combustibles.

Los resultados de la aplicación del análisis HAZOP se incluyen en la siguiente tabla que se presenta a continuación:



**ANÁLISIS DE RIESGO
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**
Proyecto Nuevo: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DE LA
ZONA GEOGRÁFICA OCCIDENTE (MANZANILLO)"
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.
Ubicación: Manzanillo, Colima, México

Tabla 5.29. Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS								
PROCESO:		Gasoducto						
SUSTANCIAS:		Gas Natural			ALCANCE:		ERM's. Gasoducto principal de 12" y ramales de 4".	
OBJETIVOS:		Transportar y suministrar gas natural a usuarios finales.			PLANOS:		Diagramas de Tuberías e Instrumentación.	
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación
1	1.- Estación de Regulación y Medición "City Gate", Válvula de compuerta de 6" de diámetro.	PRESIÓN	MAS	Mayor presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición.	AMB. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado. OPE. Sobrepresión de la línea.	ING. Válvula de cierre manual al inicio de la tubería. ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a válvulas, reguladoras, conexiones e instrumentación. ING - Verificar la instalación de valculas de bloqueo y agregar en el plano. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
2		PRESIÓN	MENOS	Menor presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición HUM-PRV. Fuga de gas en la ERM.	OPE. Disminución de presión de gas con potencial interrupción del servicio.	ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones.
3		PRESIÓN	NO	No hay presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición. HUM-PRV. Fuga de gas en la ERM.	OPE. Falta de gas y potencial interrupción del servicio. AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
4		FLUJO	MAS	Mayor flujo del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.)	AMB- OPE. Potencial sobrepresión de la línea. Potencial fuga, incendio ó explosión de gas natural liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	ING - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.

Tabla 5.29. (Continuación).
Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP).
GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V
ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS

PROCESO:		Gasoducto						
SUSTANCIAS:		Gas Natural				ALCANCE:	ERM's. Gasoducto principal de 12" y ramales de 4".	
OBJETIVOS:		Transportar y suministrar gas natural a usuarios finales.				PLANOS:	Diagramas de Tuberías e Instrumentación.	
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación
5	1.- Estación de Regulación y Medición "City Gate", Válvula de compuerta de 6" de diámetro.	FLUJO	MEVOS	Menor flujo del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.) HUM-PRV. Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, etc.).	OPE. Falta de gas y potencial interrupción del servicio. AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	ING - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
6		FLUJO	NO	No hay flujo del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.) HUM-PRV. Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, etc.).	OPE. Falta de gas y potencial interrupción del servicio. AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	ING - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
7		CORROSIÓN	MAS	Mayor corrosión en válvula.	HUM-EQP. Falta de mantenimiento, selección inadecuada de la tubería y/o accesorios y mala calidad del gas.	AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Sistemas de protección, recubrimiento de protección. MNT. Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	ING. Dar seguimiento a los programas de medición de espesores. MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. MNT-SEG. Dar seguimiento al monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.
8		CORROSIÓN	ADEMÁS DE	Presencia de contaminantes en el gas natural.	HUM. Falla en la calidad del gas natural.	OPE.- Potencial interrupción de la operación por problemas en calidad. OPE.- Mayor desgaste en la tubería por presencia de sustancias corrosivas en el gas natural. AMB-PER.- Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado por mayor corrosión en tuberías.	ING. Sistemas de protección, recubrimiento de protección. MNT. Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	ING. Dar seguimiento a los programas de medición de calidad del combustible y de los espesores de la tubería. MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. MNT-SEG. Continuar con el monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.



Tabla 5.29. (Continuación). Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS								
PROCESO:		Gasoducto						
SUSTANCIAS:		Gas Natural			ALCANCE:		ERM's. Gasoducto principal de 12" y ramales de 4".	
OBJETIVOS:		Transportar y suministrar gas natural a usuarios finales.			PLANOS:		Diagramas de Tuberías e Instrumentación.	
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación
9	2.- Gasoducto 12".	PRESIÓN	MAS	Mayor presión del gas natural en tubería.	HUM-EQP. Falla en válvula. HUM. Ruptura de tubería por error humano.	AMB. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado. OPE. Sobrepresión de la línea.	ING. Válvula de cierre en la trayectoria del gasoducto. ING. Indicadores de presión y temperatura en válvulas.	MNT- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a válvulas, reguladoras, conexiones e instrumentación. ING - Verificar la instalación de valculas de bloqueo y agregar en el plano. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
10		PRESIÓN	MENOS	Menor presión del gas natural en tubería.	HUM-EQP. Falla en válvula de esfera de paso completo. HUM-PRV. Fuga de gas en el trayecto.	OPE. Disminución de presión de gas con potencial interrupción del servicio.	ING. Indicadores de presión y temperatura.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones.
11		PRESIÓN	NO	No hay presión del gas natural en tubería.	HUM-EQP. Falla en válvula de esfera de paso completo. HUM-PRV. Fuga de gas en el trayecto.	OPE. Falta de gas y potencial interrupción del servicio. AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Indicadores de presión y temperatura.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
12		FLUJO	MAS	Mayor flujo del gas natural en tubería.	HUM-EQP. Falla en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, válvulas, etc.)	AMB- OPE. Potencial sobrepresión de la línea. Potencial fuga, incendio ó explosión de gas natural liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	ING - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.



Tabla 5.29. (Continuación). Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP). GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS								
PROCESO:		Gasoducto						
SUSTANCIAS:		Gas Natural			ALCANCE:		ERM's. Gasoducto principal de 12" y ramales de 4".	
OBJETIVOS:		Transportar y suministrar gas natural a usuarios finales.			PLANOS:		Diagramas de Tuberías e Instrumentación.	
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación
13	2.- Gasoducto 12".	FLUJO	MENOS	Menor flujo del gas natural en tubería.	HUM-EQP. Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, válvulas, etc.) HUM-PRV. Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, etc.).	OPE. Potencial interrupción del suministro. AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	ING - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
14		FLUJO	NO	No hay flujo del gas natural en tubería.	HUM-EQP. Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, válvulas, etc.) HUM-PRV. Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, etc.).	OPE. Potencial interrupción del suministro. AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	ING - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
15		CORROSIÓN	MAS	Mayor corrosión en la tubería.	HUM-EQP. Falta de mantenimiento, selección inadecuada de la tubería y/o accesorios y mala calidad del gas.	AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Sistemas de protección catódica. MNT. Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	ING. Dar seguimiento a los programas de medición de espesores. MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. MNT-SEG. Continuar con el monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.
16		CORROSIÓN	ADEMÁS DE	Presencia de contaminantes en el gas natural.	HUM. Falla en la calidad del gas natural.	OPE- Potencial interrupción de la operación por problemas en calidad. OPE- Mayor desgaste en la tubería por presencia de sustancias corrosivas en el gas natural. AMB-PER- Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado por mayor corrosión en tuberías.	ING. Medición de la calidad del gas natural. MNT. Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	ING. Dar seguimiento a los programas de medición de calidad del combustible y de los espesores de la tubería. MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. MNT-SEG. Continuar con el monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.

5.4.1.4. Jerarquización de escenarios de riesgos.

Una vez realizada la identificación de riesgos a través de la aplicación del análisis HAZOP, se procedió a jerarquizar aquellos eventos que pudieran derivar en un accidente de riesgo ambiental.

Para efectos de realizar la jerarquización, se utilizó una Matriz de Riesgos, la cual contempla los conceptos de Frecuencia y Severidad en las escalas que se indican en la siguiente tabla:

Tabla 5.30. Valores de frecuencia y severidad utilizados en la Jerarquización.			
Frecuencia (F)		Severidad (S)	
1	Una vez cada 50 años	1	Menor
2	Una vez cada 10 años	2	Apreciable
3	Una vez al año	3	Mayor
4	Una vez cada 6 meses	4	Severo
5	Una vez al mes	5	Catastrófico

Los eventos de riesgo que arrojaron consecuencias con afectación al medio ambiente (AMB) se analizan mediante las escalas asignadas para Frecuencia y Severidad aplicando la Calificación de Riesgos (Matriz de Riesgos) conforme a lo siguiente:

- Columna de Frecuencia (F). Se establece un valor del 1 al 5 para indicar la probabilidad potencial de ocurrencia de la desviación y sus consecuencias.
- Columna de Severidad (S). Se establece un valor del 1 al 5 para indicar la severidad potencial afectable por la desviación presentada y sus consecuencias. Para realizar esto se deben tomar en cuenta las características de peligrosidad del gas natural, así como las condiciones de su manejo.

- Columna de Riesgo (F X S). Este valor se obtiene al multiplicar los valores de Frecuencia y Severidad (magnitud del daño). A mayor resultado, mayor se considera el riesgo potencial presente.

En la siguiente tabla se incluye un ejemplo de la matriz de riesgos:

Tabla 5.31.						
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
F6	6	12	18	24	30	36
F5	5	10	15	20	25	30
F4	4	8	12	16	20	24
F3	3	6	9	12	15	18
F2	2	4	6	8	10	12
F1	1	2	3	4	5	6

Método de Cálculo
Riesgo = F * S
Rojo = No Tolerable
Amarillo = ALARP
Verde = Tolerable

Mediante el desarrollo de diferentes sesiones del grupo interdisciplinario de trabajo, se realizó la evaluación de cada uno de los eventos clasificados como de riesgo ambiental (AMB). El resultado se incluye en la Matriz de Jerarquización en la siguiente tabla:



Tabla 5.32.
Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP).
GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V
ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS

PROCESO:		Gasoducto									
SUSTANCIAS:		Gas Natural					ALCANCE:		ERM's. Gasoducto principal de 12" y ramales de 4".		
OBJETIVOS:		Transportar y suministrar gas natural a usuarios finales.					PLANOS:		Diagramas de Tuberías e Instrumentación.		
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación	F	S	Riesgo
1	1.- Estación de Regulación y Medición "City Gate", Válvula de compuerta de 6" de diámetro.	PRESIÓN	MAS	Mayor presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición.	AMB. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado. OPE. Sobrepresión de la línea.	ING. Válvula de cierre manual al inicio de la tubería. ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a válvulas, reguladoras, conexiones e instrumentación. ING - Verificar la instalación de valculas de bloqueo y agregar en el plano. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	6	6
2		PRESIÓN	MENOS	Menor presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición HUM-PRV. Fuga de gas en la ERM.	OPE. Disminución de presión de gas con potencial interrupción del servicio.	ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones.	1	2	2
3		PRESIÓN	NO	No hay presión del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en válvula de Estación de Regulación y Medición. HUM-PRV. Fuga de gas en la ERM.	OPE. Falta de gas y potencial interrupción del servicio. AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Indicadores de presión y temperatura en la ERM.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	2	2
4		FLUJO	MAS	Mayor flujo del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.)	AMB- OPE. Potencial sobrepresión de la línea. Potencial fuga, incendio ó explosión de gas natural liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	ING - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	5	5



Tabla 5.32. (Continuación).
Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP).
GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V
ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS

PROCESO:		Gasoducto									
SUSTANCIAS:		Gas Natural					ALCANCE:		ERM's. Gasoducto principal de 12" y ramales de 4".		
OBJETIVOS:		Transportar y suministrar gas natural a usuarios finales.					PLANOS:		Diagramas de Tuberías e Instrumentación.		
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación	F	S	Riesgo
5	1.- Estación de Regulación y Medición "City Gate", Válvula de compuerta de 6" de diámetro.	FLUJO	MENOS	Menor flujo del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.) . HUM-PRV. Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, etc.).	OPE. Falta de gas y potencial interrupción del servicio. AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	ING - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	2	2
6		FLUJO	NO	No hay flujo del gas natural en válvula.	HUM-EQP. Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, válvulas, etc.) . HUM-PRV. Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural (ERM, línea de suministro, etc.).	OPE. Falta de gas y potencial interrupción del servicio. AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	ING - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	1	1
7		CORROSIÓN	MAS	Mayor corrosión en válvula.	HUM-EQP. Falta de mantenimiento, selección inadecuada de la tubería y/o accesorios y mala calidad del gas.	AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Sistemas de protección, recubrimiento de protección. MNT. Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	ING. Dar seguimiento a los programas de medición de espesores. MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. MNT-SEG. Dar seguimiento al monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.	1	4	4
8		CORROSIÓN	ADEMÁS DE	Presencia de contaminantes en el gas natural.	HUM. Falta en la calidad del gas natural.	OPE- Potencial interrupción de la operación por problemas en calidad. OPE- Mayor desgaste en la tubería por presencia de sustancias corrosivas en el gas natural. AMB-PER.- Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado por mayor corrosión en tuberías.	ING. Sistemas de protección, recubrimiento de protección. MNT. Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	ING. Dar seguimiento a los programas de medición de calidad del combustible y de los espesores de la tubería. MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. MNT-SEG. Continuar con el monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.	1	3	3



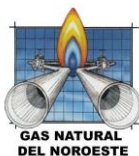
Tabla 5.32. (Continuación).											
Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP).											
GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V											
ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS											
PROCESO:		Gasoducto									
SUSTANCIAS:		Gas Natural				ALCANCE:		ERM's. Gasoducto principal de 12" y ramales de 4".			
OBJETIVOS:		Transportar y suministrar gas natural a usuarios finales.				PLANOS:		Diagramas de Tuberías e Instrumentación.			
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación	F	S	Riesgo
9	2.- Gasoducto 12".	PRESIÓN	MAS	Mayor presión del gas natural en tubería.	HUM-EQP. Falla en válvula. HUM. Ruptura de tubería por error humano.	AMB. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado. OPE. Sobrepresión de la línea.	ING. Válvula de cierre en la trayectoria del gasoducto. ING. Indicadores de presión y temperatura en válvulas.	MNT- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a válvulas, reguladoras, conexiones e instrumentación. ING - Verificar la instalación de valculas de bloqueo y agregar en el plano. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	6	6
10		PRESIÓN	MENOS	Menor presión del gas natural en tubería.	HUM-EQP. Falla en válvula de esfera de paso completo. HUM-PRV. Fuga de gas en el trayecto.	OPE. Disminución de presión de gas con potencial interrupción del servicio.	ING. Indicadores de presión y temperatura.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones.	1	6	6
11		PRESIÓN	NO	No hay presión del gas natural en tubería.	HUM-EQP. Falla en válvula de esfera de paso completo. HUM-PRV. Fuga de gas en el trayecto.	OPE. Falta de gas y potencial interrupción del servicio. AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Indicadores de presión y temperatura.	MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	2	2
12		FLUJO	MAS	Mayor flujo del gas natural en tubería.	HUM-EQP. Falla en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, válvulas, etc.)	AMB- OPE. Potencial sobrepresión de la línea. Potencial fuga, incendio ó explosión de gas natural liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	ING - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	5	5



**ANÁLISIS DE RIESGO
PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS**
Proyecto Nuevo: "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DE LA
ZONA GEOGRÁFICA OCCIDENTE (MANZANILLO)"
Promovente: GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V.
Ubicación: Manzanillo, Colima, México

Tabla 5.32. (Continuación).
Jerarquización del Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos (HAZOP).
GAS NATURAL DEL NOROESTE, S.A. DE C.V
ANÁLISIS DE RIESGOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS

PROCESO:		Gasoducto									
SUSTANCIAS:		Gas Natural					ALCANCE:		ERM's. Gasoducto principal de 12" y ramales de 4".		
OBJETIVOS:		Transportar y suministrar gas natural a usuarios finales.					PLANOS:		Diagramas de Tuberías e Instrumentación.		
No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guía	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación	F	S	Riesgo
13	2.- Gasoducto 12".	FLUJO	MENOS	Menor flujo del gas natural en tubería.	HUM-EQP. Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, válvulas, etc.) HUM-PRV. Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, etc.).	OPE. Potencial interrupción del suministro. AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	ING - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	2	2
14		FLUJO	NO	No hay flujo del gas natural en tubería.	HUM-EQP. Falla u obstrucción en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, válvulas, etc.) HUM-PRV. Fuga de gas en el sistema de suministro de gas natural (línea de suministro, etc.).	OPE. Potencial interrupción del suministro. AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Medidor de flujo y alarma de campo.	ING - Dar seguimiento a los mantenimientos preventivos de los medidores de flujo y alarmas, así como programas de calibración de dichos medidores. SEG- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.	1	1	1
15		CORROSIÓN	MAS	Mayor corrosión en la tubería.	HUM-EQP. Falta de mantenimiento, selección inadecuada de la tubería y/o accesorios y mala calidad del gas.	AMB-PER. Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado.	ING. Sistemas de protección catódica. MNT. Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	ING. Dar seguimiento a los programas de medición de espesores. MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. MNT-SEG. Continuar con el monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.	1	4	4
16		CORROSIÓN	ADEMÁS DE	Presencia de contaminantes en el gas natural.	HUM. Falla en la calidad del gas natural.	OPE- Potencial interrupción de la operación por problemas en calidad. OPE- Mayor desgaste en la tubería por presencia de sustancias corrosivas en el gas natural. AMB-PER.- Fuga y potencial incendio ó explosión del gas liberado por mayor corrosión en tuberías.	ING. Medición de la calidad del gas natural. MNT. Programas mantenimiento preventivo a tuberías y/o accesorios.	ING. Dar seguimiento a los programas de medición de calidad del combustible y de los espesores de la tubería. MNT. Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios. MNT-SEG. Continuar con el monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.	1	3	3



De acuerdo al análisis de riesgos y su jerarquización, todos los posibles escenarios identificados, son tolerables, en la siguiente tabla se presentan los escenarios de riesgo identificados a manejar, ordenados de mayor a menor nivel de riesgo.

Tabla 5.33. Escenarios de riesgo identificados.				
No.	Descripción del riesgo identificado	Nivel de Riesgo	Identificación del nodo o sistema	Sustancia involucrada
1	Mayor presión de gas natural en válvula.	ALARP	Estación de Regulación y Medición City Gate". Válvula de compuerta de 6" de diámetro.	Metano (Gas Natural.
2	Menor presión de gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición City Gate". Válvula de compuerta de 6" de diámetro.	Metano (Gas Natural.
3	No hay presión del gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición City Gate". Válvula de compuerta de 6" de diámetro.	Metano (Gas Natural.
4	Mayor flujo de gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición City Gate". Válvula de compuerta de 6" de diámetro.	Metano (Gas Natural.
5	Menor flujo de gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición City Gate". Válvula de compuerta de 6" de diámetro.	Metano (Gas Natural.
6	No hay flujo de gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición City Gate". Válvula de compuerta de 6" de diámetro.	Metano (Gas Natural.
7	Mayor corrosión en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición City Gate". Válvula de compuerta de 6" de diámetro.	Metano (Gas Natural.
8	Presencia de contaminantes en el gas natural.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición City Gate". Válvula de compuerta de 6" de diámetro.	Metano (Gas Natural.
9	Mayor presión de gas natural en tubería.	ALARP	Tubería de 12".	Metano (Gas Natural.
10	Menor presión de gas natural en tubería.	ALARP	Tubería de 12".	Metano (Gas Natural.
11	No hay presión del gas natural en tubería.	Tolerable	Tubería de 12".	Metano (Gas Natural.
12	Mayor flujo de gas natural en tubería.	Tolerable	Tubería de 12".	Metano (Gas Natural.
13	Menor flujo de gas natural en tubería.	Tolerable	Tubería de 12".	Metano (Gas Natural.
14	No hay flujo de gas natural en tubería.	Tolerable	Tubería de 12".	Metano (Gas Natural.
15	Mayor corrosión en tubería.	Tolerable	Tubería de 12".	Metano (Gas Natural.
16	Presencia de contaminantes en el gas natural.	Tolerable	Tubería de 12".	Metano (Gas Natural.

5.4.2. Análisis cuantitativo de riesgo.

5.4.2.1. Análisis de frecuencias.

Se realizará un análisis detallado de frecuencias para aquellos Escenarios de Riesgo que se hayan identificado y ubicado en las regiones de Riesgo "no tolerable y/o ALARP", dichos escenarios se tienen que derivar de la identificación de Peligros y jerarquización de Escenarios de Riesgo (análisis cualitativo de Riesgo). Al respecto, podrá utilizar Análisis árbol de Fallas y/o Análisis árbol de Eventos, u otra metodología que se considere pertinente y aplicable, de conformidad con las características del Proyecto y/o Instalación, en cualquier caso, deberá sustentar los criterios técnicos utilizados para la aplicación de la metodología utilizada. Asimismo, indicará las referencias bibliográficas o bases de datos utilizadas para la obtención de las frecuencias.

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 en sistemas de transporte.

Para la determinación del valor de probabilidad en componentes del sistema de transporte 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 5.34. Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas. ⁵		
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

A continuación, se realizará un análisis detallado de frecuencias para aquellos Escenarios de Riesgo que se hayan identificado y ubicado en las regiones de Riesgo “no tolerable y/o ALARP”, los cuales fueron los nodos 1 y 9 de acuerdo al análisis Hazop y la **Tabla 4.24** presentada anteriormente:

Tabla 5.35. Probabilidades de falla.			
Nodo	Desviación	Falla/Causa	Probabilidad de Falla
1	Mayor presión del gas natural en válvula.	Falla en válvula de compuerta de 6" de diámetro en la ERM “City Gate”.	1×10^{-3}
9	Mayor presión de gas natural en tubería.	Falla en válvula de gasoducto	1×10^{-3}
10	Menor presión de gas natural en tubería.	. Ruptura de tubería por error humano.	1×10^{-3}

5.4.2.2. Análisis de consecuencias.

5.4.2.2.1. Eventos de Riesgo Modelados.

A partir de la identificación de Riesgos mediante el HAZOP, se procedió a la determinación de los escenarios de simulación para cada una de las fallas de mayor

⁵ Fuente: Health and Safety Briefing No.26 a Sept. 2014. The Institution of Electrical Engineers.

riesgo en cada Nodo, por tal motivo, los escenarios de riesgo propuestos fueron los siguientes:

1. Fuga de Gas Natural en la válvula de compuerta de 6" de diámetro @26.01 kgf/cm², ruptura total, en la salida de la ERM "City Gate" con coordenadas UTM X: 580570, Y: 2100338, por sobrepresión en el sistema causada por una falla en un regulador.
2. Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas UTM X: 579518, Y: 2100764, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
3. Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm², por ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas UTM X: 579518, Y: 2100764, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
4. Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm², por ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas UTM X: 579518, Y: 2100764, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
5. Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas UTM X: 574603, Y: 2110145, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas.
6. Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo

UB-CR-FFCC-01 con coordenadas UTM X: 574603, Y: 2110145, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas.

7. Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 25% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas UTM X: 574603, Y: 2110145, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas.

Para realizar la descripción de los Radios de Afectación se modeló los efectos esperados a partir de la ocurrencia de los Eventos de Riesgo identificados y jerarquizados en el Análisis de Riesgos descrito en las secciones anteriores del presente capítulo.

Las modelaciones de explosión fueron hechas utilizando el Software SCRI Modelos en su Versión 4.3 y los eventos de incendio fueron hechos utilizando el Software SCRI Fuego en su Versión 1.3.

El funcionamiento del paquete computacional que se presenta, necesita de la alimentación de los datos meteorológicos y del escenario, los cuales a su vez son proporcionados por el usuario. Tomando con base estos datos, se desarrolla la estimación de los efectos que se pudieran generar por la dispersión de las nubes tóxicas, explosión o incendio, las cuales se originan accidentalmente de las liberaciones de los compuestos con características de riesgo. El software tiene diversas opciones para la utilización de los siguientes modelos.

- Modelos de dispersión y descarga.
- Modelos de inflamabilidad, incluyendo los efectos de radiación resultantes para los incendios de chorro "jet – fire", incendios de alberca y explosiones por la expansión de vapores de líquidos en ebullición "BLEVEs".

- Modelos de explosión para calcular la sobrepresión y los efectos generados por esta, a partir del método TNT.
- Modelos para el riesgo por la liberación de sustancias tóxicas.

Tomando como base los resultados que proporciona la aplicación de los modelos, podemos obtener las distancias máximas que puede traer consigo la afectación para las condiciones de interés. En la siguiente sección, podemos ver una descripción general de los eventos de riesgo considerados para este caso.

5.4.2.2.2. Eventos de Incendio.

En estos eventos, las principales afectaciones se deben a la radiación emitida por el fuego, produce daños desde leves hasta catastróficos, dependiendo de su intensidad.

En la siguiente tabla podemos ver el significado práctico de los niveles de radiación que establece la norma API 521, ésta contempla el valor de diseño permisible (K), así como las condiciones esperadas para el nivel de radiación equivalente a ese valor de diseño.

Tabla 5.36. Diseño sugerido para niveles de radiación de quemadores, excluyendo la radiación solar (API 521).		
Nivel de diseño permisible (K)		Condiciones
BTU/hr-ft ²	Kw/m ²	
5,000	15.77	Intensidad de calor en estructuras y áreas donde no se espera que los operadores realicen labores y haya protección contra calor radiante, por ejemplo, detrás de equipo.
3,000	9.46	Valor de K a la emisión de diseño en cualquier locación a la cual la gente tenga acceso (ejemplo: escalera bajo el quemador o en plataforma de servicio de una torre cercana). La exposición debe limitarse a pocos segundos, suficientes solo para retirarse de la zona.

Tabla 5.36. Diseño sugerido para niveles de radiación de quemadores, excluyendo la radiación solar (API 521).		
Nivel de diseño permisible (K)		Condiciones
BTU/hr-ft ²	Kw/m ²	
2,000	6.31	Intensidad de calor en áreas donde puedan requerirse acciones de emergencia, por parte de personal sin protección pero con ropa adecuada. Se considera que las acciones tengan una duración de hasta 1 minuto.
1,500	4.73	Intensidad de calor en áreas donde puedan necesitarse acciones de emergencia que mantengan duración de varios minutos. Dichas acciones se consideran que serán realizadas por personal sin protección pero con ropa adecuada.
500	1.58	Valor de K a la emisión de diseño en cualquier locación que el personal esté continuamente expuesto.

El Banco Mundial, nos proporciona reportes que declaran los efectos observados para diferentes niveles de radiación térmica. En la siguiente tabla se incluye esta información:

Tabla 5.37. Efectos de la radiación térmica (Banco Mundial).	
Efectos de radiación térmica (kW/m ²)	Efecto observado
37.5	Suficiente para causar daño a equipo de proceso.
25	Energía mínima para encender la madera en exposiciones indefinidamente largas (sin piloto).
12.5	Energía mínima para encender la madera con piloto, fusión de tubería de plástico.
9.5	Umbral de dolor alcanzado después de 8 segundos: quemaduras de segundo grado después de 20 segundos.
4	Suficiente para causar dolor a personal que no se cubra en 20 segundos, es posible la formación de ampollas en la piel (quemaduras de segundo grado); 0 letalidad.
1.6	No causará incomodidad por exposición prolongada.

Tomando como referencia la información que se presentó anteriormente, podemos ver que las especies de flora o la vegetación aún presente en la zona, en caso de ocurrencia de un incendio podrían verse afectadas del punto en donde se genere el

evento hasta la distancia en la que se encuentren 25 kW/m^2 , la cual representa la radiación a la cual se enciende la madera sin necesidad de tener presente un piloto.

En la norma API 521, nos mencionan la relación del tiempo durante el cual se experimenta la radiación y las consecuencias que puede sufrir la persona expuesta a ella. En la siguiente tabla se incluye el tiempo de exposición necesario para alcanzar el umbral de dolor.

Tabla 5.38. Tiempo de exposición necesario para alcanzar el umbral de dolor (API 521).		
Intensidad de radiación (BTU/hr-ft ²)	Intensidad de radiación (Kw/m ²)	Tiempo de umbral de dolor (segundos)
500	1.74	60
740	2.33	40
920	2.90	30
1,500	4.73	16
2,200	6.94	9
3,000	9.46	6
3,700	11.67	4
6,300	19.87	2

5.4.2.2.3. Eventos de Explosión.

En estos eventos, el efecto destructivo que se pueda ocasionar está dado por la formación de ondas de sobrepresión, éstas tienen un valor máximo en el punto donde se origina la explosión y disminuyen conforme nos alejamos de ese punto. Existe una relación en la magnitud de la explosión, ya que es directamente proporcional con la cantidad de material involucrado en la explosión. Podemos calcular las ondas de sobrepresión utilizando el modelo de explosión de TNT, el cual iguala la nube con una masa equivalente de TNT considerando la siguiente expresión:



$$m_{TNT} = \frac{m_A \times \Delta H_c}{1,120} \times f \quad \text{(Ecuación 5.1.)}$$

Dónde: m_{TNT} : masa equivalente de TNT (kg)

m_A : masa del material presente en la explosión (kg)

ΔH_c : calor de combustión del material (kcal/kg)

f: fracción de masa del material que explota (1 a 10%)

El modelo que utiliza el SCRI, determina el valor de la sobrepresión a partir de la masa equivalente de TNT empleando una aproximación a la gráfica de Kingery and Bulmash publicadas en *Lees, F. P., 1996, Loss prevention in the process industries, 2nd Edition*. Esta curva se incluye en la **Figura 4.32** para su consulta.

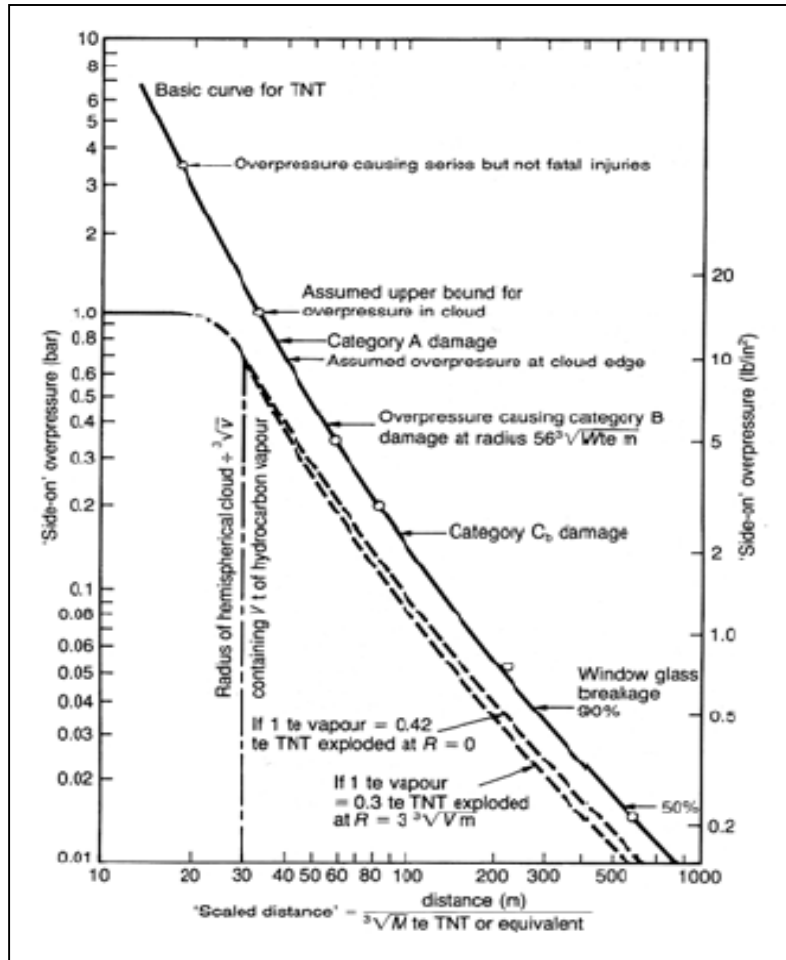
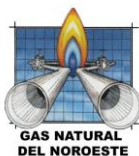


Figura 5.12. Gráfica para la sobrepresión de onda de choque ocasionada por la explosión de una nube de gas (Lees, F. P., 1996).

En la **Figura 5.12**, observamos una gráfica que permite obtener el valor de la distancia de referencia a partir de un valor de interés de la sobrepresión.

A partir de la distancia de referencia y de la masa equivalente de TNT podemos obtener el radio de la onda de sobrepresión desde la fuente de explosión, para lo cual se emplea la siguiente ecuación:

$$r = z \times m_{TNT}^{1/3} \quad (\text{Ecuación 5.2.})$$



Dónde: r : radio de sobrepresión (m)
 z : distancia de referencia (m)

En una onda de choque se genera la sobrepresión la cual produce efectos que pueden traducirse en un significado práctico, a partir de la estimación de las afectaciones que podrían generarse a partir de la detonación de un material. La tabla presentada más adelante, nos arroja un listado que muestra el significado práctico de diferentes niveles de sobrepresión calculados.

En el tema de las ondas de sobrepresión, la zona de alto riesgo se encuentra definida por una onda de sobrepresión de 1 psi, la cual es suficiente para producir la demolición parcial de casas. En el caso de la zona de amortiguamiento, ésta es definida por una onda de sobrepresión de 0.5 psi con la capacidad de causar la ruptura de vidrios de las ventanas.

Si se presenta que diversas especies de fauna transitaran en la zona, puede mencionarse que una sobrepresión de 0.02 psig ocasionaría un ruido que pudiera tomarse como un factor de disturbio. En el caso de una sobrepresión de 0.04 psig, se considera la presencia de un ruido fuerte con capacidad de generar fallas en el vidrio.

Tabla 5.39. Significado práctico de los niveles de sobrepresión.	
Presión (psig)	Daño producido
0.02	Ruido molesto (137 dB si es de baja frecuencia 10-15 Hz).
0.03	Ruptura ocasional de ventanas bajas que ya estén bajo tensión.
0.04	Ruido fuerte (143 dB), falla de vidrio por efecto sónico.
0.1	Ruptura de ventanas pequeñas bajo tensión.
0.15	Presión típica para ruptura de vidrio.

Tabla 5.39. Significado práctico de los niveles de sobrepresión.	
Presión (psig)	Daño producido
0.3	Distancia segura (probabilidad de 0.95 de que no haya daño serio después de este valor); límite de proyectiles; algún daño a techos de casas; 10% del vidrio de ventanas se rompe.
0.4	Daño estructural menor limitado.
0.5	Ventanas grandes y pequeñas se hacen añicos; daño ocasional a marcos de ventanas.
0.7	Daño menor a estructuras de casas.
1.0	Demolición parcial de casas, volviéndolas inhabitables.
1-2	Asbestos corrugados se hacen añicos; falla de sujetadores de paneles de aluminio o acero corrugado, después se doblan; sujetadores de paneles de madera (típicos en casas) fallan, los paneles se rompen.
1.3	Marcos de acero del revestimiento de edificios ligeramente distorsionados.
2	Colapso parcial de paredes y techos de casas.
2-3	Paredes de concreto o escoria, no reforzadas, se estrellan.
2.3	Límite inferior de daño estructural serio.
2.5	50% destrucción de la mampostería de casas.
3	Máquinas pesadas (3,000 lb) en edificios industriales sufrieron poco daño; edificio con marcos de acero distorsionado y arrancado de sus cimientos.
3-4	Demolición de edificio sin marcos o de paneles de acero; ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo.
4	Ruptura de revestimiento de edificios industriales ligeros.
5	Postes de madera para servicios partidos; prensa hidráulica alta (40,000 lb) en edificio ligeramente dañada.
5-7	Destrucción casi completa de casas.
7	Volcadura de vagones de ferrocarril cargados.
7-8	Paneles de ladrillo, 8-12 in de grosor, no reforzados, fallan por cizalla o flexión.
9	Vagón de ferrocarril cargado completamente demolido.
10-15	Probable destrucción total de edificios; máquinas herramienta pesadas (7,000 lb) desplazadas y dañadas seriamente, herramientas para maquinaria muy pesadas (12,000 lb) sobrevivieron.

5.4.2.2.4. Planteamiento de Escenarios y Modelos empleados.

A continuación, podemos ver las modelaciones de los eventos de riesgo que fueron identificados de acuerdo al análisis de riesgo aplicado a través del HAZOP y la posterior jerarquización de eventos. El método utilizado para la obtención de la cantidad de gas liberado para una de las rupturas planteadas se muestra a continuación, este procedimiento de cálculo fue aplicado al resto de los casos:

Tabla 5.40. Planteamiento de Escenarios y Modelos empleados.		
No. Caso	Clave del Escenario	Descripción
1	1A-VAL-6IN-100%	Fuga de Gas Natural de la válvula de compuerta de 6" de diámetro @26.01 kgf/cm ² , ruptura total, en la salida de la ERM "City Gate" con coordenadas UTM X: 580570, Y: 2100338, por sobrepresión en el sistema causada por una falla en un regulador.
2	2A-FUGA-12IN-100%	Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm ² , por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas UTM X: 579518, Y: 2100764, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
3	2B-FUGA-12IN-50%	Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm ² , por ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas UTM X: 579518, Y: 2100764, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
4	2C-FUGA-12IN-25%	Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm ² , por ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas UTM X: 579518, Y: 2100764, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
5	3A-FUGA-4IN-100%	Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm ² , por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas UTM X: 574603, Y: 2110145, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas.
6	3B-FUGA-4IN-50%	Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm ² , por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas UTM X: 574603, Y: 2110145, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas.
7	3C-FUGA-4IN-25%	Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm ² , por una ruptura del 25% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas UTM X: 574603, Y: 2110145, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas.

Ruptura total de la línea de gas natural.

Para este caso se modeló una ruptura catastrófica del ducto de conducción de gas natural, siendo el primer paso calcular la masa de gas liberado a partir de las condiciones a las cuales se transporta el combustible.

El flujo de gas liberado a través de un orificio en una línea de conducción puede obtenerse mediante la siguiente expresión:

$$\dot{m} = C_D A P_1 \sqrt{\frac{2 g_c M}{R_g T_1} \cdot \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \quad \text{Ecuación 5.3.}$$

Dónde: $\dot{m}$ = flujo de masa a través del orificio (masa/tiempo)

C_D = coeficiente de descarga (adimensional)

A = área del orificio de descarga (m^2)

P_1 = presión en la línea antes de la descarga (fuerza/área)

g_c = constante de gravitacional (fuerza/masa-aceleración)

M = peso molecular el gas (masa/moles)

k = relación de capacidad calorífica C_p/C_v (adimensional)

R_g = constante del gas ideal

T_1 = temperatura dentro de la línea de gas ($^{\circ}K$)

P_2 = presión en la línea después de la descarga

A medida que la presión P_1 va decreciendo observamos que el flujo alcanza un valor máximo, éste ocurre cuando la velocidad de la descarga de gas alcanza la velocidad del sonido. En este punto el flujo se vuelve independiente de la caída de presión y depende solamente de la presión que tiene el gas dentro de la línea. Por lo que la Ecuación 5.3 se transforma en la siguiente ecuación:

$$\dot{m} = C_D A P_1 \sqrt{\frac{k g_c M}{R_g T_1} \cdot \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{(k+1)}{(k-1)}}} \quad \text{Ecuación 5.4.}$$

El peso molecular del gas natural se obtuvo considerando la siguiente composición molar reportada en la hoja de seguridad que se incluye en el **Anexo 5**.

Tabla 5.41. Composición del gas natural.		
Material	% molar	Peso molecular (kg/mol)
Nitrógeno	0.2112	28.0135

Tabla 5.41. Composición del gas natural.		
Material	% molar	Peso molecular (kg/mol)
Metano	93.1825	16.0428
Dióxido de carbono	1.0693	44.0098
Etano	3.7239	30.0696
Propano	1.0586	44.0965
Butano	0.755	58.1234

La masa molecular M de una mezcla gaseosa se obtiene mediante la expresión:

$$M = \sum x_i M_i \quad \text{Ecuación 5.5.}$$

donde M_i y x_i son los pesos moleculares y la fracción de cada componente del gas natural mostrados en la tabla anterior. Sustituyendo los parámetros se tiene:

$$M = (0.002112)(28.0135) + (0.931825)(16.0428) + (0.010693)(44.0098) + (0.037239)(30.0696) + (0.010586)(44.0965) + (0.00755)(58.1234) = 17.5042427 \text{ kg/kmol}$$

Por otro lado la relación de capacidad calorífica k se obtuvo de acuerdo a su definición:

$$k = \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_p}{C_p - R_g} \quad \text{Ecuación 5.6.}$$

En la **Tabla VI.19** se incluyen los valores de capacidades caloríficas reportadas en la literatura, considerando una temperatura de 25°C.

Tabla 5.42. Constantes para la determinación del Cp del gas natural.	
Componente	Cp=J/mol°C
Nitrógeno	29.126

Tabla 5.42. Constantes para la determinación del Cp del gas natural.	
Componente	Cp=J/mol°C
Metano	35.679
Dióxido de carbono	37.243
Etano	52.390
Propano	73.466
Butano	98.345

Tomando como datos los cálculos de las capacidades caloríficas y la composición, se evaluó la capacidad calorífica del gas natural mediante la siguiente expresión:

$$C_p = \sum x_i C_{p_i} \quad \text{Ecuación 5.7.}$$

donde C_{p_i} y x_i son el peso molecular y fracción molar de cada componente del gas natural, al sustituirse estos parámetros se obtuvo el $C_p = 37.1775 \text{ J/mol°C}$.

Con el valor obtenido de la capacidad calorífica y utilizando la constante de los gases ideales en la ecuación de la relación de capacidad calorífica se obtuvo que $k = 1.29$.

Para el caso de una ruptura total del gasoducto obtendríamos el área del orificio con la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{Ecuación 5.8.}$$

donde D es el diámetro del orificio (m).

En la tabla que a continuación se presenta, se muestra un resumen con los valores de las variables involucradas en el cálculo del flujo de descarga de gas natural.

Tabla 5.43. Variables involucradas en el cálculo del flujo de descarga de gas.			
Símbolo	Valor	Unidades	Descripción
K	1.29	Adimensional	Relación de capacidad calorífica (C_p/C_v)
C_D	0.63	Adimensional	Coeficiente de descarga
g_c	1	kg m/ N s ²	Constante gravitacional
M	17.5	kg/mol	Peso molecular del gas
R_g	8,314.73	Pa m ³ / kmol K	Constante del gas ideal
T_1	298.15	K	Temperatura en la línea de gas
P_1	980,880.93	Pa	Presión en la línea de gas
A	0.01824	m ²	Área del orificio de descarga (6" diámetro)

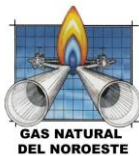
Tomando en cuenta un suministro continuo de gas natural en el gasoducto, la masa total liberada en una fuga estaría determinada por el flujo de descarga a través del orificio producido y por el tiempo de duración del evento.

En todas las modelaciones realizadas se empleó un tiempo de 5 minutos (300 segundos), tomando en cuenta que este valor representaría el tiempo máximo en el cual se controlaría la fuga ya que las válvulas cuentan con ese tiempo de respuesta al detectar un cambio de presión significativa. El personal a cargo del estudio de riesgo considera que, de acuerdo a los dispositivos de control de las instalaciones de las estaciones y las válvulas, este tiempo (5 minutos) sería suficiente para controlar una liberación extraordinaria de gas natural.

La masa de gas liberada se calculó a partir de la siguiente expresión:

$$m_{GN} = \dot{m} \cdot t \quad \text{Ecuación 5.9.}$$

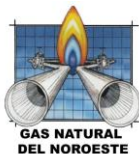
Escenarios a modelar y datos de alimentación al simulador (Gas Natural).



Para cada caso se calculó el flujo y la masa de gas que se liberaría debido a la fuga para un tiempo de respuesta de 5 min, en la **Tabla VI.21** se presentan los valores obtenidos para los diferentes casos analizados:

Tabla 5.44.
Masa de gas liberada debido a una ruptura en el gasoducto.

Caso	Clave del Escenario	Ruptura	Diámetro de tubería		Diámetro del orificio		Área transversal del orificio (m ²)	Presión (kgf/cm ²)	Flujo de descarga (kg/s)	Masa descargada en 5 min (kg)
			Nominal (in)	Interior (m)	(in)	(m)				
1	1A-VAL-6IN-100%	100%	6	0.1524	6	0.1524	0.018241469	26.01	50.6109	15,183.27
2	2A-FUGA-12IN-100%	100%	12	0.3048	12	0.3048	0.072965877	21	163.4503	49,035.09
3	2B-FUGA-12IN-50%	50%	12	0.3048	6	0.1524	0.018241469	21	40.8626	12,258.78
4	2C-FUGA-12IN-25%	25%	12	0.3048	3	0.0762	0.004560367	21	10.2156	3,064.68
5	3A-FUGA-4IN-100%	100%	4	0.1016	4	0.1016	0.00810732	21	18.1611	5,448.33
6	3B-FUGA-4IN-50%	50%	4	0.1016	2	0.0508	0.00202683	21	4.5403	1,362.09
7	3C-FUGA-4IN-25%	25%	4	0.1016	1	0.0254	0.000506707	21	1.1351	340.53



Para llevar a cabo las simulaciones de los eventos fue necesario tomar ciertas consideraciones. A continuación, se presentan aquellas que permanecen constantes, en caso de aplicar en el modelo de simulación respectivo:

- Las características físicas y químicas del fluido permanecen constantes respecto al tiempo y están descritas en las Hojas de Seguridad de cada sustancia (**Anexo 5**).
- Para los datos climatológicos, se obtuvieron los datos históricos promedio para el año 2020. Se utilizó una temperatura ambiente máxima promedio de 33° C, la cual se da durante la temporada calurosa que es la más larga; una humedad relativa de 75% y una velocidad del viento promedio de 12.58 km/h (3.5 m/s) con dirección predominante al Oeste. En el **Anexo 6** se presentan los datos meteorológicos de la región. En la siguiente tabla se presentan los datos de alimentación al simulador:

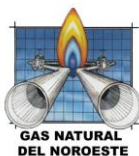


Tabla 5.45. Datos de Alimentación al Simulador para los Eventos de Riesgo Identificados.		
Evento	Parámetro	Datos
Condiciones climatológicas	Velocidad de vientos: Temperatura ambiente: Humedad relativa:	12.58 km/h = 3.5m/s 33 °C. 75 %
	Condiciones:	Estabilidad: Pasquill B (Inestable) Viento: 3.5 m/s Temperatura Amb: 33 °C H.R.: 75 % Día
Incendio	Coeficiente de descarga:	0.63
	Radiación de interés:	25 kW/m ² , Zona de Alto Riesgo (energía mínima para encender la madera en exposiciones indefinidamente largas (sin piloto). 5 kW/m ² , Zona de Amortiguamiento (suficiente para causar quemaduras de segundo grado). 1.4 kW/m ² , (No se espera alcanzar el umbral de dolor).
Explosión	Factor de eficiencia de explosividad:	0.03
	Sobrepresión de interés	1 psig (ocasiona ruido y daños estructurales) 0.5 psig (ocasiona ruido y ruptura de ventanas)

5.4.2.2.5. Resultados de las Modelaciones.

En el siguiente apartado se muestran los resultados de las modelaciones utilizando el Software SCRI Modelos en su Versión 4.3 y SCRI Fuego en su versión 1.3.1 de la empresa Dinámica Heurística.

Caso 1.

Clave de Escenario. 1A-VAL-6IN-100%

Fuga de Gas Natural en la válvula de compuerta de 6" de diámetro @26.01 kgf/cm², ruptura total, en la salida de la ERM "City Gate" con coordenadas UTM X: 580570, Y: 2100338, por sobrepresión en el sistema causada por una falla en un regulador.

Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 32.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m² a una distancia máxima de afectación de 29.48 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 70.8 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 132.57 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

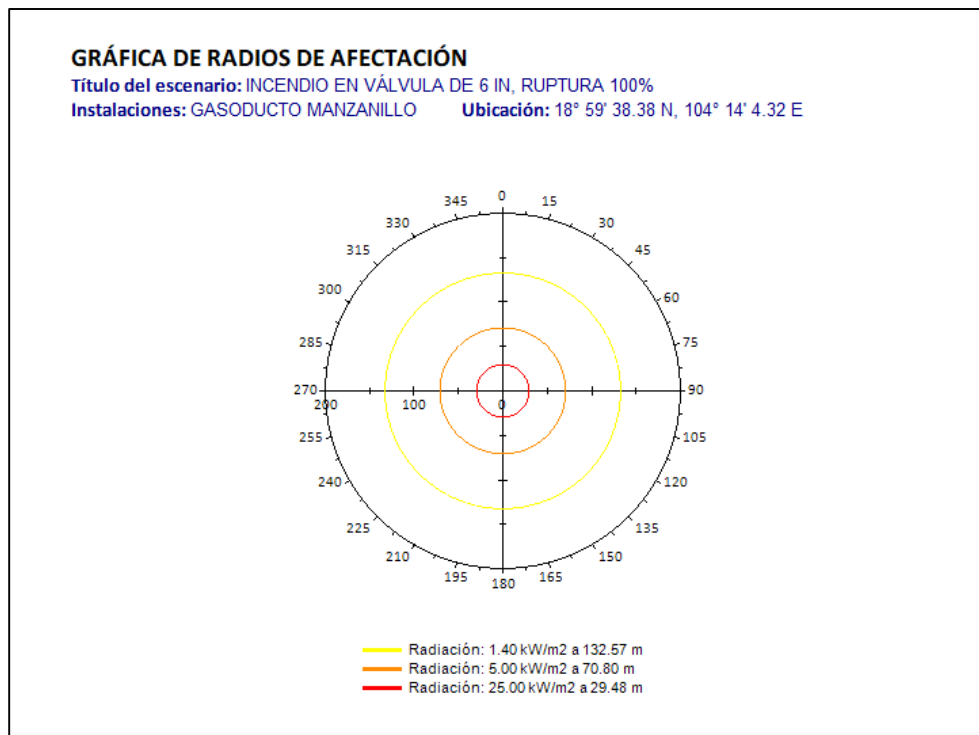


Figura 5.13. Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura de la válvula de compuerta de 6" @ 26.01 kg/cm².

Explosión.

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 206.6 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 347.8 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.

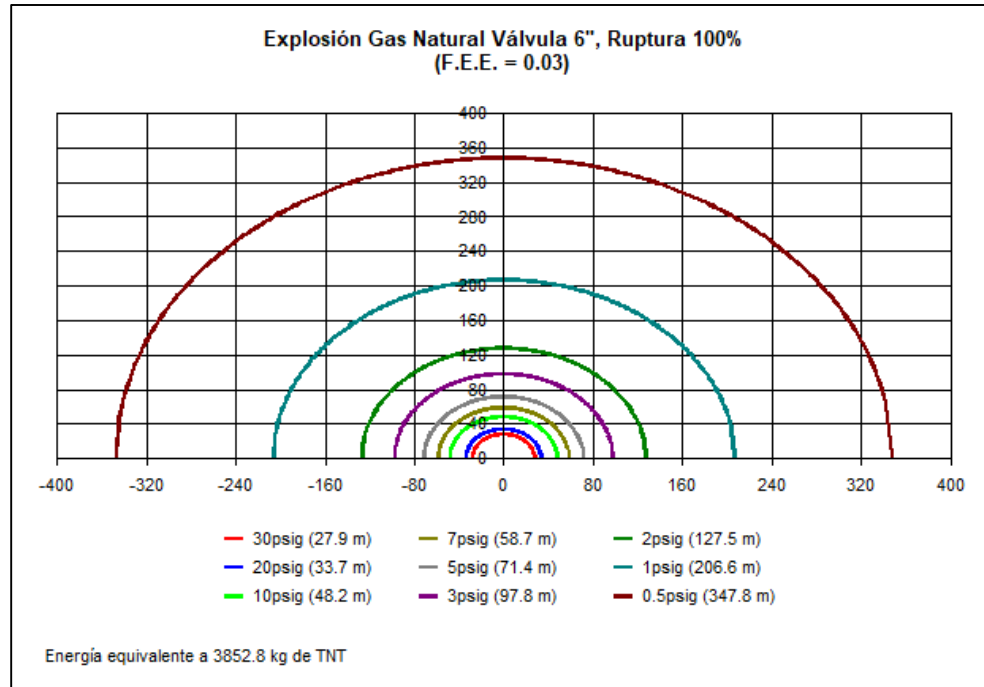


Figura 5.14. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión de gas natural originada por una fuga de gas natural por la ruptura de la válvula de compuerta de 6" @ 26.01 kg/cm².

Caso 2.

Clave de Escenario. 2A-FUGA-12IN-100%

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas UTM X: 579518, Y: 2100764, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.

Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 67.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m² a una distancia

máxima de afectación de 49.24 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 123.09 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 231.79 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

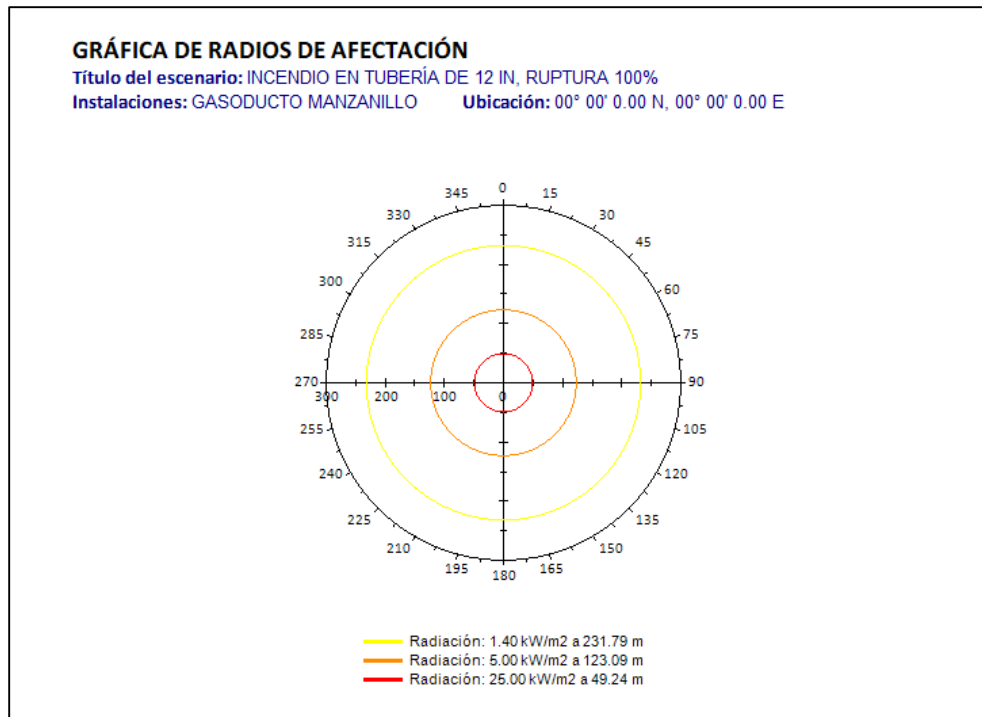


Figura 5.15. Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 100% de tubería de 12" @21 kgf/cm².

Explosión.

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 305.4 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas

habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 514.1 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.

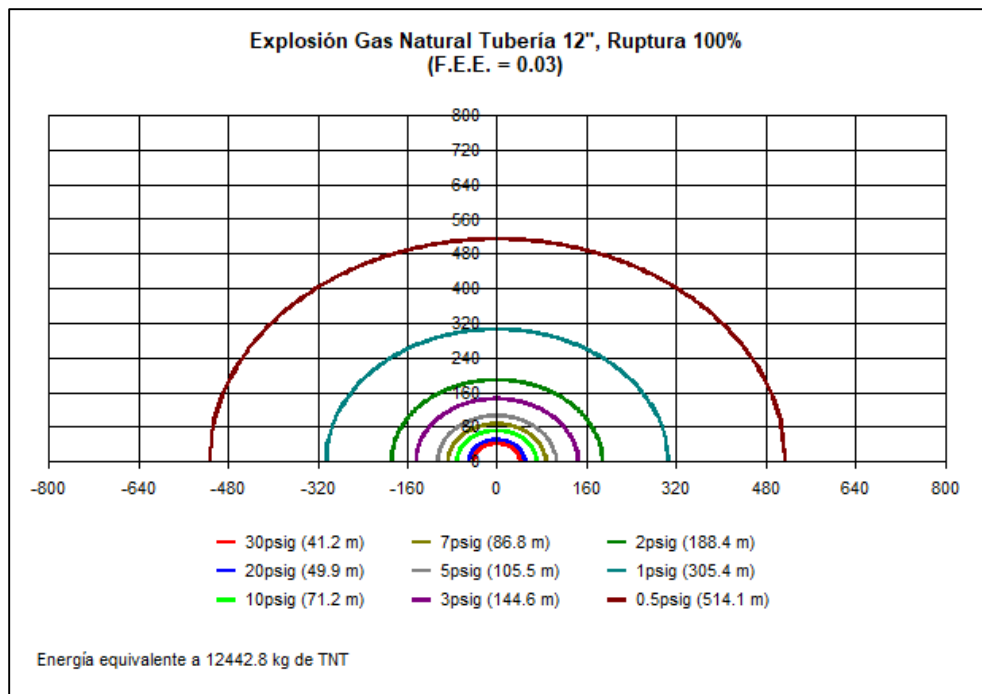


Figura 5.16. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 100% de tubería de 12" @21 kgf/cm².

Caso 3.

Clave de Escenario. 2B-FUGA-12IN-50%

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm², por ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas UTM X: 579518, Y: 2100764,

debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.

Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 32.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m² a una distancia máxima de afectación de 25.68 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 63.53 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 119.47 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

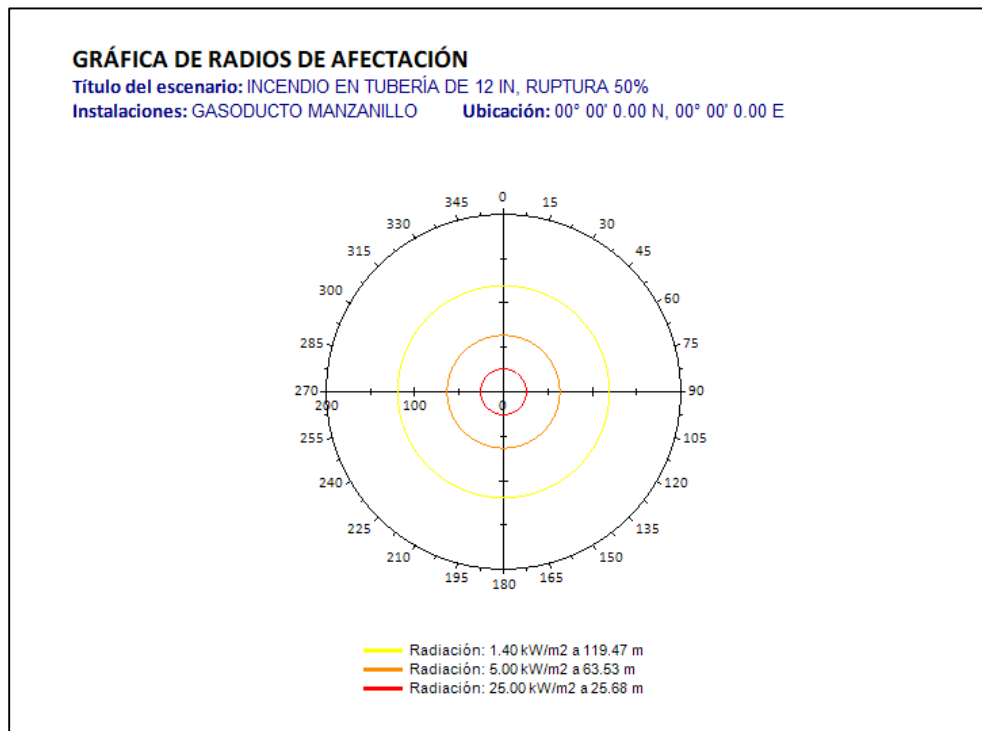


Figura 5.17. Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería de 12" @21 kgf/cm².

Explosión.

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 192.4 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 323.9 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.

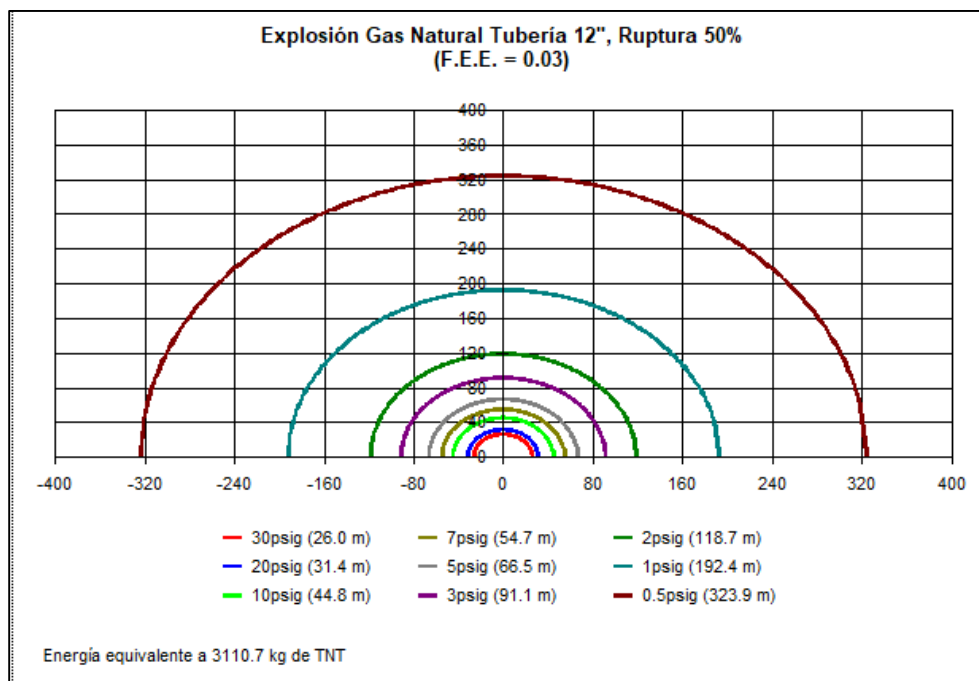


Figura 5.18. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería de 12" @21 kgf/cm².

Caso 4.

Clave de Escenario. 2C-FUGA-12IN-25%

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm², por ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas UTM X: 579518, Y: 2100764, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.

Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m² a una distancia máxima de afectación de 13.38 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 32.79 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 61.57 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

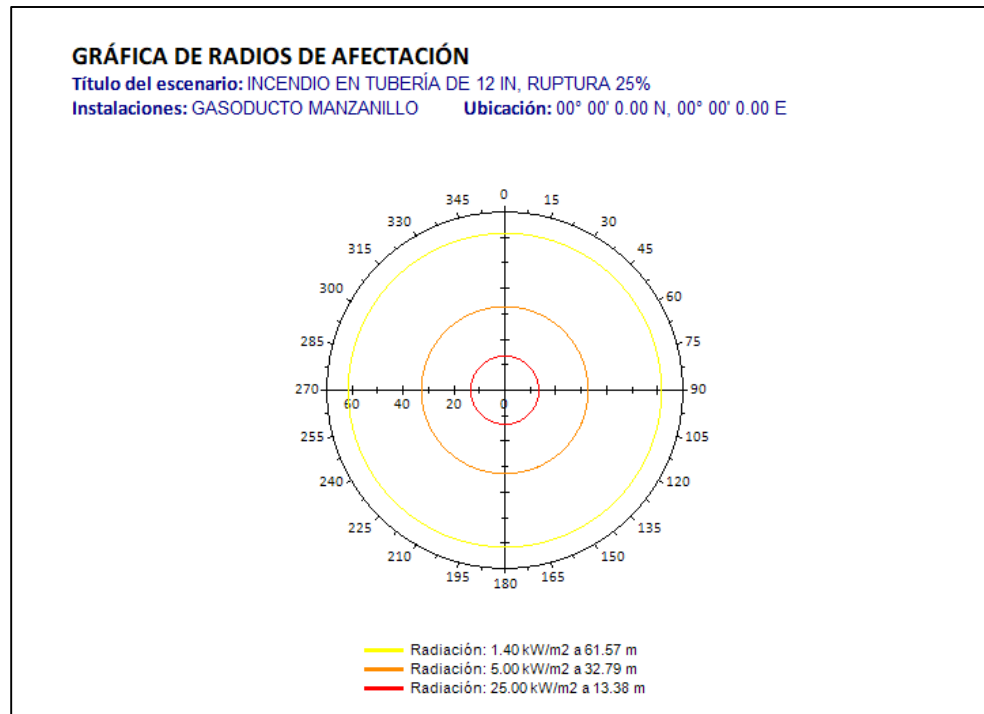


Figura 5.19. Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 25% de la tubería de 12" @21 kgf/cm².

Explosión.

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 121.2 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables. La zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 204.0 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las

ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.

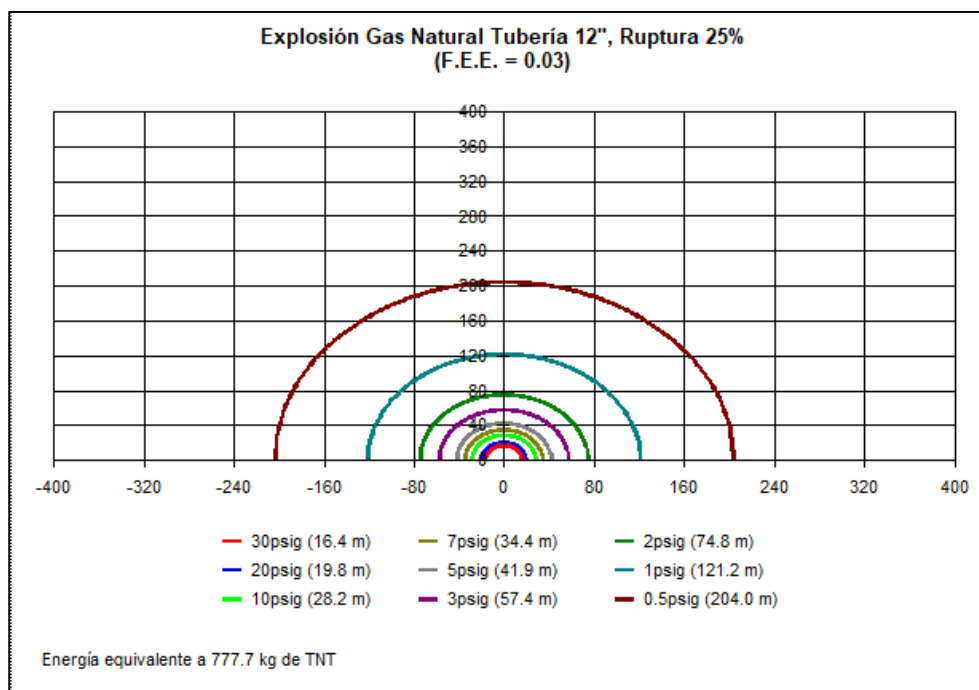


Figura 5.20. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 25% de la tubería de 12" @21 kgf/cm².

Caso 5.

Clave de Escenario. 3A-FUGA-4IN-100%

Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas UTM X: 574603, Y: 2110145, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas.

Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 21.6 m, a partir de la cual se generaría una

zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m^2 a una distancia máxima de afectación de 17.54 m, se generaría una radiación de 5 kW/m^2 a una distancia de 43.15 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2 , se daría a una distancia máxima de 81.07 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

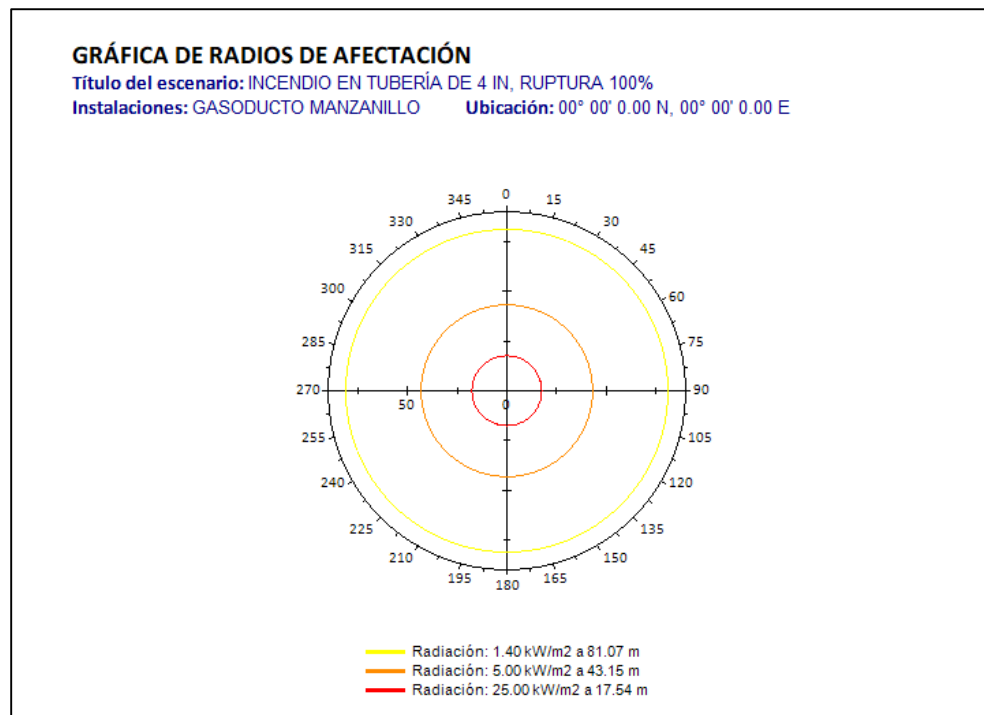


Figura 5.21. Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 100% de tubería de 4" @21 kgf/cm².

Explosión.

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 146.8 m hasta la cual alcanzaría una

sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 247.2 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.

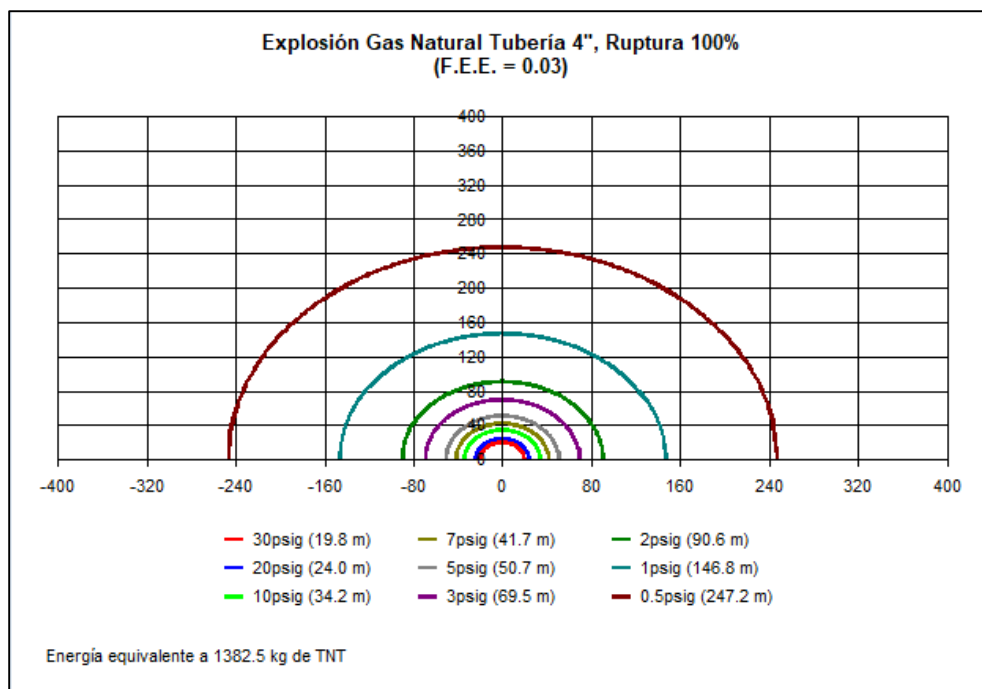


Figura 5.22. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 100% de tubería de 4" @21 kgf/cm².

Caso 6.

Clave de Escenario. 3B-FUGA-4IN-50%

Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas UTM X: 574603, Y: 2110145, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas.

Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m² a una distancia máxima de afectación de 9.13 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 22.27 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 41.78 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

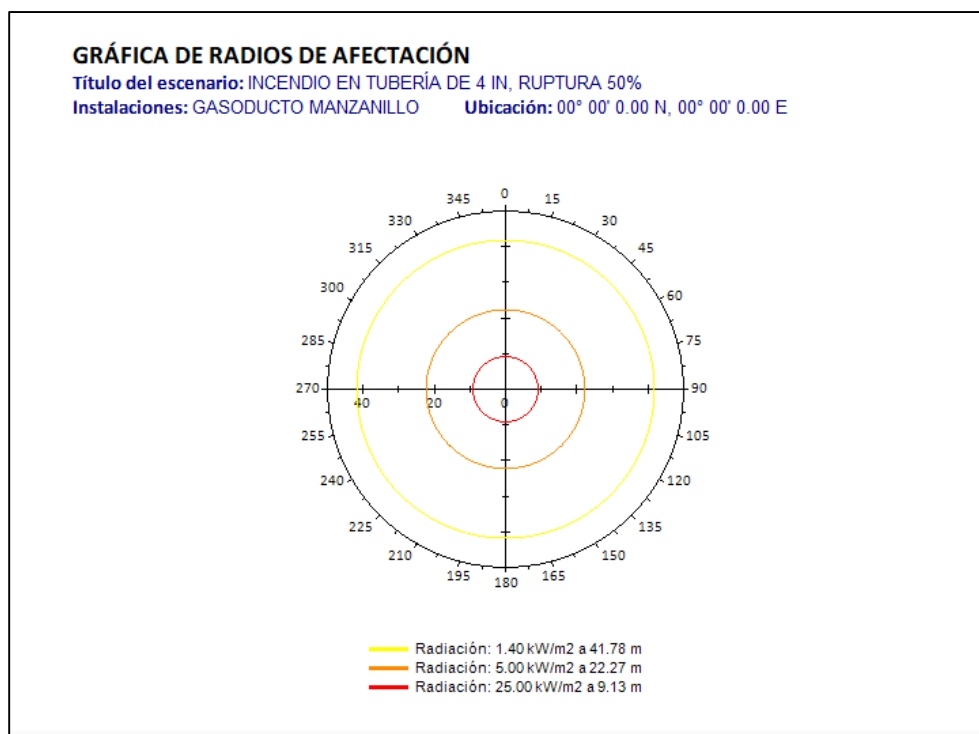


Figura 5.23. Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería de 4" @21 kgf/cm².

Explosión.

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 92.5 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 155.7 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.

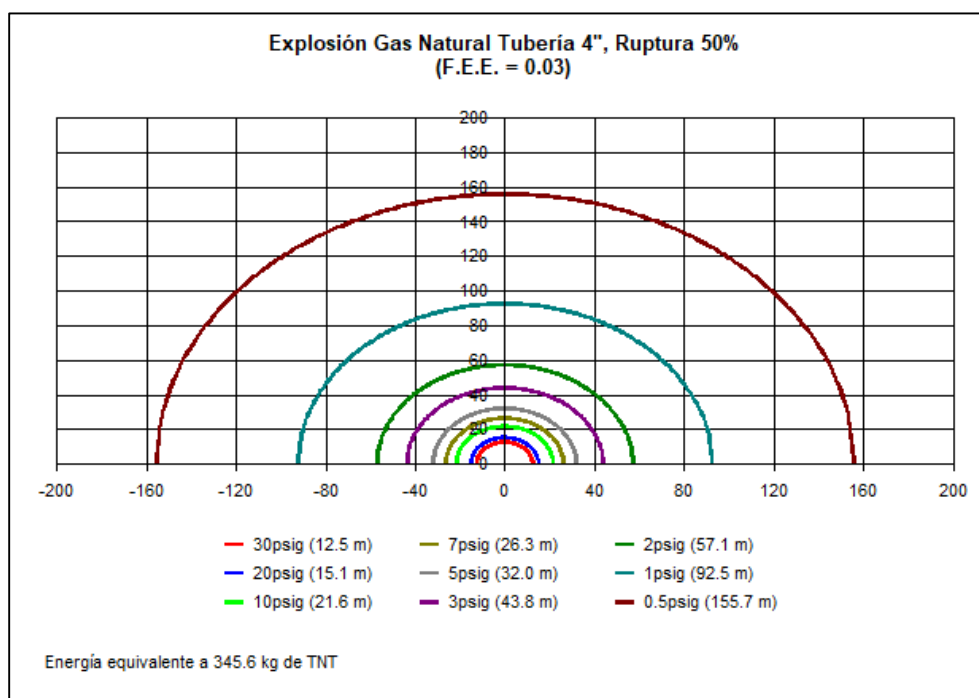


Figura 5.24. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería de 4" @21 kgf/cm².

Caso 7.

Clave de Escenario. 3C-FUGA-4IN-25%

Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas UTM X: 574603, Y: 2110145, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas.

Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 5.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m² a una distancia máxima de afectación de 4.75 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 11.49 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 21.53 m a partir del punto en que se genere la flama. En la siguiente figura se incluye una imagen que muestra la gráfica de los radios de afectación que se generarían.

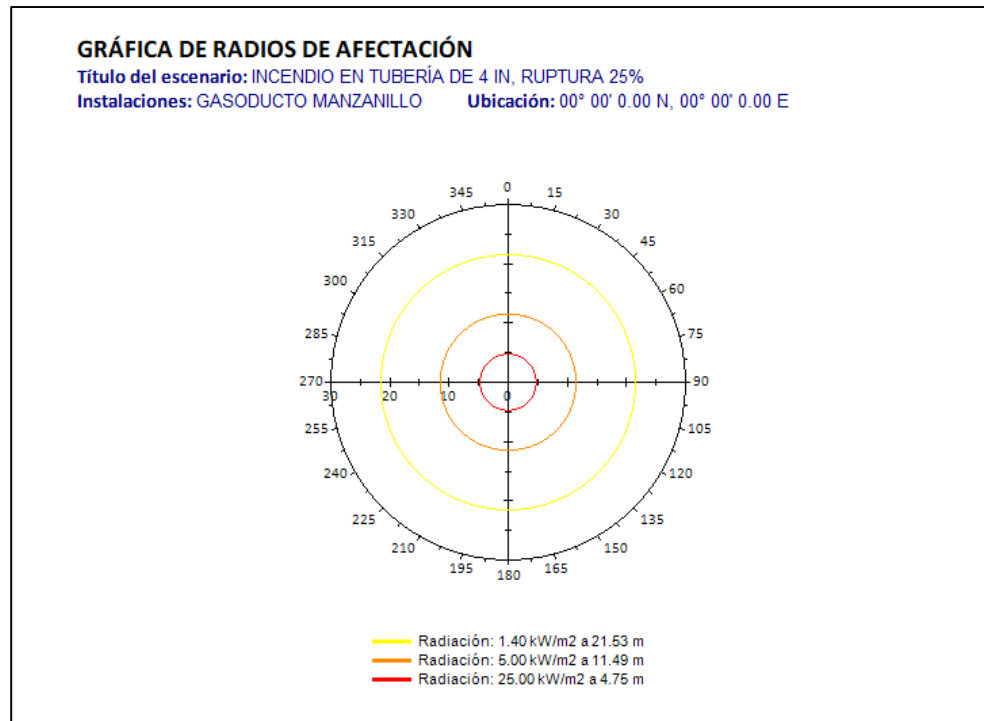


Figura 5.25. Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 25% de la tubería de 4" @21 kgf/cm².

Explosión.

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 58.3 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 98.1 m a partir del punto en el que se genere la fuga. En la siguiente figura se incluye la gráfica de las ondas de sobrepresión generada por un evento de las características antes mencionadas.

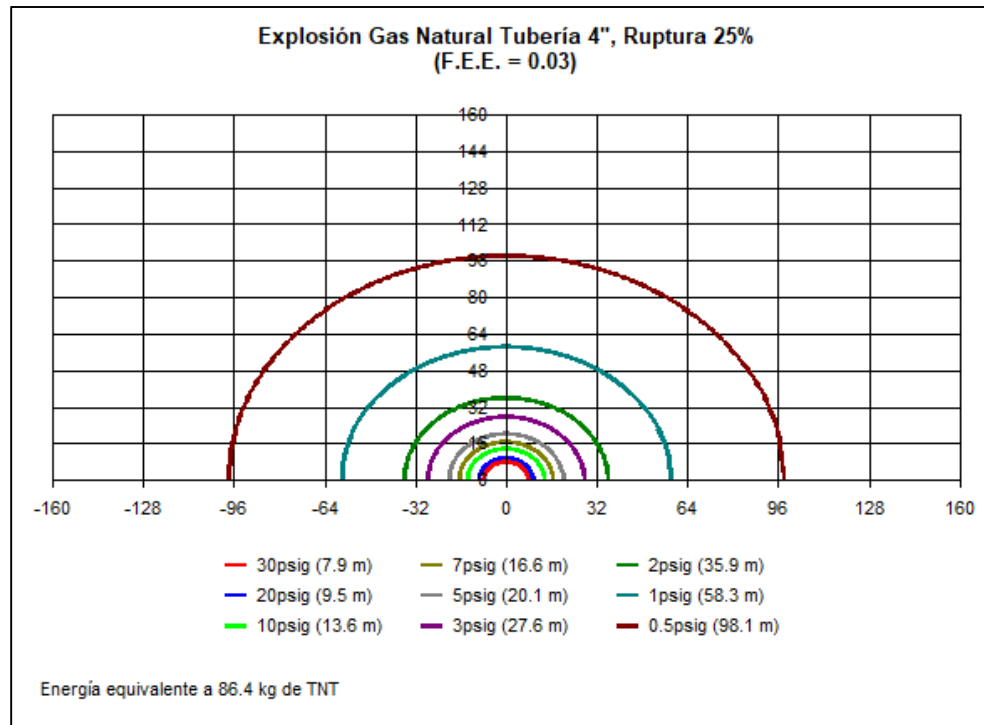


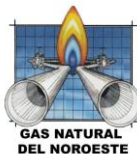
Figura 5.26. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 25% de la tubería de 4" @21 kgf/cm².



Resumen de resultados de las Simulaciones de Eventos de Riesgo.

Tabla 5.46. Resumen de resultados de las simulaciones de eventos de riesgo.																
Caso	Clave del Escenario	Ruptura	Diámetro de tubería		Diámetro del orificio		Área transversal del orificio (m²)	Presión (kgf/cm²)	Flujo de descarga (kg/s)	Masa descargada en 5 min (kg)	Incendio				Explosión	
			Nominal (in)	Interior (m)	(in)	(m)					Longitud de la flama	25 kw/m²	5 kw/m²	1.4 kw/m²	1 psi	0.5 psi
1	1A-VAL-6IN-100%	100%	6	0.1524	6	0.1524	0.01824	26.01	50.6109	15,183.27	32.4	29.48	70.8	132.57	206.6	347.8
2	2A-FUGA-12IN-100%	100%	12	0.3048	12	0.3048	0.07296	21	163.4503	49,035.09	67.4	49.24	123.09	231.79	305.4	514.1
3	2B-FUGA-12IN-50%	50%	12	0.3048	6	0.1524	0.01824	21	40.8626	12,258.78	32.4	25.68	63.53	119.47	192.4	323.9
4	2C-FUGA-12IN-25%	25%	12	0.3048	3	0.0762	0.0045	21	10.2156	3,064.68	16.2	13.38	32.79	61.57	121.2	204.0
5	3A-FUGA-4IN-100%	100%	4	0.1016	4	0.1016	0.0081	21	18.1611	5,448.33	21.6	17.54	43.15	81.07	146.8	247.2
6	3B-FUGA-4IN-50%	50%	4	0.1016	2	0.0508	0.0020	21	4.5403	1,362.09	10.8	9.13	22.27	41.78	92.5	155.7
7	3C-FUGA-4IN-25%	25%	4	0.1016	1	0.0254	0.0005	21	1.1351	340.53	5.4	4.75	11.49	21.53	58.3	98.1

En el **Anexo 7** se presentan los reportes de los resultados de todas las simulaciones efectuadas y en el **Anexo 8** se presentan los planos correspondientes a las áreas de afectación descritas para los eventos de riesgo simulados.



5.5. REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE CONSECUENCIA (RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN).

En el **Anexo 8** se adjuntan los planos de radios de afectación, en base a los resultados de las simulaciones realizadas en el punto anterior.

5.6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO.

5.6.1. Análisis de Vulnerabilidad.

En la siguiente tabla se describe, para las Zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento de sobrepresión y radiación, las posibles afectaciones a los receptores de Riesgo:

Tabla 5.47.
Afectaciones a los receptores de riesgo en las zonas de alto riesgo y amortiguamiento de los radios de afectación.

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
1A-VAL-6IN-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	Se puede observar vegetación dentro de la zona de afectación.	Válvulas de cierre manual, indicadores de presión y temperatura en la ERM.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia.
		Alto Riesgo	Se observan daños moderados en la vegetación y posibles daños a la carretera Colima-Manzanillo y Morelia Jilquipan dentro de la zona de afectación.		
		Amortiguamiento	Se observan daños leves en la vegetación y daños en la carretera Colima-Manzanillo y Morelia Jilquipan dentro de la zona de afectación.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	Se observan daños severos en vegetación, en la carretera Colima-Manzanillo y Morelia Jilquipan y alcance a un cuerpo de agua (lago Cuytlán) dentro de la zona de afectación.		
		Alto Riesgo	Se observan daños leves en vegetación, en la carretera Colima-Manzanillo y Morelia Jilquipan, un cuerpo de agua (lago Cuytlán) y la orrilla del mar dentro de la zona de afectación.		
		Amortiguamiento	Se observan daños severos solo en la carretera Colima-Manzanillo y en el puente Tepalcates y parte de vegetación en la zona de afectada.		
2A-FUGA-12IN-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	Se observan daños moderados en vegetación, en la carretera Colima-Manzanillo y en el puente Tepalcates en la zona de afectada.	Válvulas de seccionamiento en la trayectoria del ducto. Medidor de flujo y alarma de campo. Sistemas de protección catódica.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento, de medición de espesores, así como programas de calibración. Patrullaje de la franja del sistema.
		Alto Riesgo	Se observan daños leves a vegetación, en la carretera Colima-Manzanillo y en el puente Tepalcates y algunas viviendas de la colonia Aquarium, Manzanillo en la zona de afectada.		
		Amortiguamiento	Se observan daños severos a vegetación, en la carretera Colima-Manzanillo y en el puente Tepalcates, a un cuerpo de agua (lago Cuytlán) y viviendas de la colonia Aquarium, Manzanillo en la zona de afectada.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	Se observan daños leves a vegetación, en la carretera Colima-Manzanillo y en el puente Tepalcates, un cuerpo de agua (lago Cuytlán), al mar y algunas viviendas de la colonia Aquarium, Manzanillo en la zona de afectada.		

Tabla 5.47.
Afectaciones a los receptores de riesgo en las zonas de alto riesgo y amortiguamiento de los radios de afectación.

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
2B-FUGA-12IN-50%		Alto Riesgo	Se observan daños severos solamente en la carretera Colima-Manzanillo y en el puente Tepalcates y casi alcanza zonas con vegetación en la zona afectada.	Válvulas de seccionamiento en la trayectoria del ducto. Medidor de flujo y alarma de campo. Sistemas de protección catódica.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento, de medición de espesores, así como programas de calibración. Patrullaje de la franja del sistema.
		Amortiguamiento	Se observan daños moderados en vegetación y en la carretera Colima-Manzanillo y en el puente Tepalcates en la zona afectada.		
	Radiación	Alto Riesgo para equipos	Se observan daños leves en la carretera Colima-Manzanillo y en el puente Tepalcates y vegetación dentro de la zona de afectada.		
		Alto Riesgo	Se observan daños severos en la vegetación, en la carretera Colima-Manzanillo y en el puente Tepalcates y apenas alcanza las viviendas de la coloina Aquarium, Manzanillo dentro de la zona afectada.		
		Amortiguamiento	Se observan daños leves en la vegetación, en la carretera Colima-Manzanillo y en el puente Tepalcates, viviendas de la coloina Aquarium, Manzanillo y casi alcanza un cuerpo de agua (lago Cuytlán) dentro de la zona afectada.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	Se observan daños severos solo en la carretera Colima-Manzanillo y en el puente Tepalcates en la zona afectada.	Válvulas de seccionamiento en la trayectoria del ducto. Medidor de flujo y alarma de campo. Sistemas de protección catódica.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento, de medición de espesores, así como programas de calibración. Patrullaje de la franja del sistema.
		Alto Riesgo	Se observan daños moderados solo en la carretera Colima-Manzanillo y en el puente Tepalcates y casi llega a la zona con vegetación dentro de la zona afectada.		
		Amortiguamiento	Se observan daños leves en la carretera Colima-Manzanillo y en el puente Tepalcates y en vegetación dentro de la zona afectada.		
	Radiación	Alto Riesgo para equipos	Se observan daños severos hacia la carretera Colima-Manzanillo y en el puente Tepalcates y la zona afectada en la zona afectada.	Válvulas de seccionamiento en la trayectoria del ducto. Medidor de flujo y alarma de campo. Sistemas de protección catódica.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento, de medición de espesores, así como programas de calibración. Patrullaje de la franja del sistema.
		Alto Riesgo	Se observan daños leves hacia la carretera Colima-Manzanillo y en el puente Tepalcates, vegetación y viviendas de la colonia Aquarium, Manzanillo en la zona afectada.		

Tabla 5.47.
Afectaciones a los receptores de riesgo en las zonas de alto riesgo y amortiguamiento de los radios de afectación.

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
	Sobrepresión	Amortiguamiento	La zona afectada se encuentra dentro de una comunidad sin embargo, solo alcanza a afectar la avenida Lic. Miguel de la Madrid Hurtado.	Válvulas de seccionamiento en la trayectoria del ducto. Medidor de flujo y alarma de campo. Sistemas de protección catódica.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento, de medición de espesores, así como programas de calibración. Patrullaje de la franja del sistema.
		Alto Riesgo para equipos	La zona afectada se encuentra dentro de una comunidad por lo que afecta la avenida Lic. Miguel de la Madrid Hurtado y algunas viviendas de la colonia Parque Industrial Fondepport, Manzanillo.		
		Alto Riesgo	La zona afectada se encuentra dentro de una comunidad por lo que afecta la avenida Lic. Miguel de la Madrid Hurtado y algunas viviendas de la colonia Parque Industrial Fondepport, Manzanillo.		
		Amortiguamiento	La zona afectada se encuentra dentro de una comunidad por lo que afecta severamente la avenida Lic. Miguel de la Madrid Hurtado y algunas viviendas de la colonia Parque Industrial Fondepport, Manzanillo.		
3A-FUGA-4IN-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La zona afectada se encuentra dentro de una comunidad por lo que afecta leve la avenida Lic. Miguel de la Madrid Hurtado y algunas viviendas de la colonia Parque Industrial Fondepport, Manzanillo.	Válvulas de seccionamiento en la trayectoria del ducto. Medidor de flujo y alarma de campo. Sistemas de protección catódica.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento, de medición de espesores, así como programas de calibración. Patrullaje de la franja del sistema.
		Alto Riesgo	La zona afectada se encuentra dentro de una comunidad sin embargo, solo alcanza a afectar la avenida Lic. Miguel de la Madrid Hurtado		
		Amortiguamiento	La zona afectada se encuentra dentro de una comunidad sin embargo, solo alcanza a afectar la avenida Lic. Miguel de la Madrid Hurtado		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La zona afectada se encuentra dentro de una comunidad por lo que afecta la avenida Lic. Miguel de la Madrid Hurtado y algunas viviendas de la colonia Parque Industrial Fondepport, Manzanillo.	Válvulas de seccionamiento en la trayectoria del ducto. Medidor de flujo y alarma de campo. Sistemas de protección catódica.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento, de medición de espesores, así como programas de calibración. Patrullaje de la franja del sistema.
		Alto Riesgo	La zona afectada se encuentra dentro de una comunidad por lo que afecta severamente la avenida Lic. Miguel de la Madrid Hurtado y algunas viviendas de la colonia Parque Industrial Fondepport, Manzanillo.		

Tabla 5.47.
Afectaciones a los receptores de riesgo en las zonas de alto riesgo y amortiguamiento de los radios de afectación.

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
		Amortiguamiento	La zona afectada se encuentra dentro de una comunidad por lo que afecta leve la avenida Lic. Miguel de la Madrid Hurtado y algunas viviendas de la colonia Parque Industrial Fondepport, Manzanillo.		
3B-FUGA-4IN-50%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	La zona afectada se encuentra dentro de una comunidad sin embargo, solo alcanza a afectar la avenida Lic. Miguel de la Madrid Hurtado.		
		Alto Riesgo	La zona afectada se encuentra dentro de una comunidad sin embargo, solo alcanza a afectar la avenida Lic. Miguel de la Madrid Hurtado.		
		Amortiguamiento	La zona afectada se encuentra dentro de una comunidad por lo que afecta la avenida Lic. Miguel de la Madrid Hurtado y algunas viviendas de la colonia Parque Industrial Fondepport, Manzanillo.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	La zona afectada se encuentra dentro de una comunidad por lo que afecta severamente la avenida Lic. Miguel de la Madrid Hurtado y algunas viviendas de la colonia Parque Industrial Fondepport, Manzanillo.	Válvulas de seccionamiento en la trayectoria del ducto. Medidor de flujo y alarma de campo. Sistemas de protección catódica.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento, de medición de espesores, así como programas de calibración. Patrullaje de la franja del sistema.
		Alto Riesgo	La zona afectada se encuentra dentro de una comunidad por lo que afecta leve la avenida Lic. Miguel de la Madrid Hurtado y algunas viviendas de la colonia Parque Industrial Fondepport, Manzanillo.		
		Amortiguamiento	Se puede observar vegetación dentro de la zona de afectación.		
3C-FUGA-4IN-25%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	Se observan daños moderados en la vegetación y posibles daños a la carretera Colima-Manzanillo y Morelia Jilquipan dentro de la zona de afectación.		
		Alto Riesgo	Se observan daños leves en la vegetación y daños en la carretera Colima-Manzanillo y Morelia Jilquipan dentro de la zona de afectación.		
		Amortiguamiento	Se observan daños severos en vegetación, en la carretera Colima-Manzanillo y Morelia Jilquipan y alcance a un cuerpo de agua (lago Cuytlán) dentro de la zona de afectación.	Válvulas de seccionamiento en la trayectoria del ducto. Medidor de flujo y alarma	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento, de medición de espesores,

Tabla 5.47. Afectaciones a los receptores de riesgo en las zonas de alto riesgo y amortiguamiento de los radios de afectación.					
Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	Se observan daños leves en vegetación, en la carretera Colima-Manzanillo y Morelia Jilquipan, un cuerpo de agua (lago Cuytlán) y la orilla del mar dentro de la zona de afectación.	de campo. Sistemas de protección catódica.	así como programas de calibración. Patrullaje de la franja del sistema.
		Alto Riesgo	Se observan daños severos solo en la carretera Colima-Manzanillo y en el puente Tepalcates y parte de vegetación en la zona de afectada.		
		Amortiguamiento	Se observan daños moderados en vegetación, en la carretera Colima-Manzanillo y en el puente Tepalcates en la zona de afectada.		

5.6.2. Interacciones de riesgo.

En la siguiente tabla se describen las instalaciones que podrían ser potencialmente afectadas, ya que se encuentran en los radios de afectación de Zonas de Alto Riesgo de los escenarios de riesgo simulados para el proyecto:



Tabla 5.48.									
Instalaciones que podrían ser potencialmente afectadas por encontrarse en las zonas de alto riesgo de los radios de afectación.									
Clave del Escenario	Coordenadas UTM donde se presenta la fuga simulada		Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación (m)	Equipos o instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los equipos o instalaciones al punto de fuga (m)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
	X	Y							
1A-VAL-6IN-100%	580570	2100338	Alto Riesgo	Radiación	70.8	No se encuentran instalaciones industriales en el radio de afectación	-	Válvulas de cierre manual, indicadores de presión y temperatura en la ERM.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento a válvulas reguladoras, conexiones e instrumentación. Verificar la instalación de válvulas de bloqueo. Dar seguimiento a procedimientos de respuesta a emergencia.
				Sobrepresión	206.6	No se encuentran instalaciones industriales en el radio de afectación	-		
2A-FUGA-12IN-100%	579518	2100764	Alto Riesgo	Radiación	123.09	No se encuentran instalaciones industriales en el radio de afectación	-	Válvulas de seccionamiento en la trayectoria del ducto. Medidor de flujo y alarma de campo. Sistemas de protección catódica.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento, de medición de espesores, así como programas de calibración. Patrullaje de la franja del sistema.
				Sobrepresión	305.4	No se encuentran instalaciones industriales en el radio de afectación	-	Válvulas de seccionamiento en la trayectoria del ducto. Medidor de flujo y alarma de campo. Sistemas	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento, de medición de espesores, así como programas de

Tabla 5.48.

Instalaciones que podrían ser potencialmente afectadas por encontrarse en las zonas de alto riesgo de los radios de afectación.

Clave del Escenario	Coordenadas UTM donde se presenta la fuga simulada		Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación (m)	Equipos o instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los equipos o instalaciones al punto de fuga (m)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
	X	Y							
2B-FUGA-12IN-50%			Alto Riesgo	Radiación	65.53	No se encuentran instalaciones industriales en el radio de afectación	-	de protección catódica.	calibración. Patrullaje de la franja del sistema.
				Sobrepresión	192.4	No se encuentran instalaciones industriales en el radio de afectación	-		
2C-FUGA-12IN-25%			Alto Riesgo	Radiación	32.79	No se encuentran instalaciones industriales en el radio de afectación	-		
				Sobrepresión	121.2	No se encuentran instalaciones industriales en el radio de afectación	-		
3A-FUGA-4IN-100%	574603	2110145	Alto Riesgo	Radiación	43.15	No se encuentran instalaciones industriales en el radio de afectación	-	Válvulas de seccionamiento en la trayectoria del ducto. Medidor de flujo y alarma de campo. Sistemas de protección catódica.	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento, de medición de espesores, así como programas de calibración. Patrullaje de la franja del sistema.
				Sobrepresión	146.8	No se encuentran instalaciones industriales en el radio de afectación	-		

Tabla 5.48.

Instalaciones que podrían ser potencialmente afectadas por encontrarse en las zonas de alto riesgo de los radios de afectación.

Clave del Escenario	Coordenadas UTM donde se presenta la fuga simulada		Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación (m)	Equipos o instalaciones industriales presentes en el radio de afectación	Distancias de los equipos o instalaciones al punto de fuga (m)	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
	X	Y							
3B-FUGA-4IN-50%			Alto Riesgo	Radiación	22.27	No se encuentran instalaciones industriales en el radio de afectación	-		
Sobrepresión				92.5	No se encuentran instalaciones industriales en el radio de afectación	-			
3C-FUGA-4IN-25%			Alto Riesgo	Radiación	11.49	No se encuentran instalaciones industriales en el radio de afectación	-		
				Sobrepresión	58.3	No se encuentran instalaciones industriales en el radio de afectación	-		

5.7. REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGO.

No Aplica esta sección para el gasoducto.

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

5.8.1. Sistemas de seguridad.

Los sistemas de seguridad con los que se contará en el sistema de distribución de gas natural, son los especificados a continuación:

- SCADA. Se tendrá un sistema que permite monitorear vía remota el comportamiento de la presión en la ERM “City Gate”.
- Válvulas de seccionamiento.
- Medidores de presión en las Estaciones de Regulación y Medición.
- Equipos de seguridad, los especificados en el siguiente inventario de equipo de emergencias:

Tabla 5.49. Inventario de Equipo de Emergencias.					
No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
1	Exposímetro	RKI	NP. 204	1	PZ
2	Detector de Gas	HUBERG	METREX 3	1	PZ
3	Generador eléctrico	HONDA	No.PM0601100	1	PZ
4	Motobomba	TECUMSEH POWER	0H195EA	1	PZ
5	Carpa (con toldo y estructura)	CANOPI FACTORY	120648	1	PZ
6	Lámparas de mano	TRIPLE CROWN	606	4	PZ
7	Reflectores	SURTEK	136122	4	PZ
8	Máquina de electrofusión	CENTRAL	TERMOPLAST	1	PZ
9	Prensas hidráulicas de 8 a 6	FOOTAGE TOOLS	N.D.	2	PZ
10	Prensas hidráulicas de 6 a 4	CONECTRA	N.D.	2	PZ
11	Prensas manuales de 4 a 2	CONECTRA	MANUAL	2	PZ
12	Guillotinas de 8	REED MFG	N.D.	1	PZ

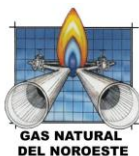


**Tabla 5.49.
Inventario de Equipo de Emergencias.**

No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
13	Guillotinas de 4	REED MFG	N.D.	1	PZ
14	Extensiones eléctricas de 120 v	URREA	N.D.	2	PZ
15	Juego de cables pasa corriente	AUTOZONE	N.D.	2	PZ
16	Varillas de cobre	N.D.	N.D.	4	PZ
17	Tripie o soportaría	N.D.	N.D.	1	PZ
18	Carrucha	YALE	COLUMBUS	1	PZ
19	Eslingas o sogas	N.D.	N.D.	4	PZ
20	Banderas trafico	N.D.	N.D.	4	PZ
21	Conos de señalamiento	TRUPER	N.D.	6	PZ
22	Cintas de advertencia	URREA	N.D.	5	PZ
23	Extintores para KIT	N.D.	N.D.	3	PZ
24	Juego de llaves para válvulas	N.D.	N.D.	2	PZ
25	Mangueras para motobomba	N.D.	N.D.	2	PZ
26	Marro de goma	N.D.	N.D.	1	PZ
27	Raspador de tubería	N.D.	N.D.	1	PZ
28	Machete	N.D.	N.D.	1	PZ
29	Serrucho	TRUPER	N.D.	1	PZ
30	Palas laguneras	TRUPER	N.D.	4	PZ
31	Palas cuadradas	TRUPER	N.D.	4	PZ
32	Picos	TRUPER	N.D.	2	PZ
33	Barra	N.D.	N.D.	1	PZ
34	Impermeables	URREA	N.D.	6	PZ
35	Cascos	MSD	N.D.	6	PZ
36	Lentes	MSD	N.D.	6	PZ
37	Guantes	N.D.	N.D.	6	PZ
38	Casacas	N.D.	N.D.	6	PZ
39	Tapones auditivos	N.D.	N.D.	10	PZ
40	Botas de hule	URREA	N.D.	6	PZ
41	Botas industriales	CLIFF	N.D.	2	PZ
42	Equipo de Aire Autonomo	MCA	N.D.	1	PZ
43	Respiradores Faciales	N.D.	N.D.	5	PZ
44	Traje tyvex	N.D.	N.D.	10	PZ
45	Alcohol isopropilico (litros)	N.D.	N.D.	3	PZ
46	Agua garrafon 20 ts.	SIERRA AZUL	N.D.	2	PZ

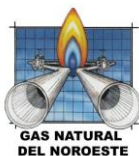


**Tabla 5.49.
Inventario de Equipo de Emergencias.**

No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
47	Papel (paquetes) toallas azules	SCOTT SHOP	N.D.	10	PZ
48	Jabón (Kg.)	BLANCA NIEVES	N.D.	1	PZ
49	Codo 2" Ø x 90° PE	CENTRAL	N.D.	4	PZ
50	Codo 4" Ø x 90°	CENTRAL	N.D.	4	PZ
51	Codo 8" Ø x 90°	CENTRAL	N.D.	2	PZ
52	Codo 4" Ø x 45°	CENTRAL	N.D.	2	PZ
53	Codo 8" Ø x 45°	CENTRAL	N.D.	2	PZ
54	Tapón 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
55	Tapón 4" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
56	Tapón 8" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
57	Válvulas 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
58	Válvulas 4" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
59	Válvulas 8" Ø	CENTRAL	N.D.	1	PZ
60	Tee 2" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
61	Tee 4" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
62	Tee 8" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
63	Reducción 3" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
64	Reducción 4" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
65	Reducción 8" Ø x 6" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
66	Tap tee 2" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
67	Tap tee 4" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
68	Tap tee 8" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
69	Coples de electrofusión 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	JGO
70	Coples de electrofusión 4" Ø	CENTRAL	N.D.	4	JGO
71	Coples de electrofusión 8" Ø	CENTRAL	N.D.	4	JGO
72	Tubería 2" Ø PE-3408 (rollo)	N.D.	N.D.	1	PZ
73	Tubería 4" Ø PE-3408 (tramo)	N.D.	N.D.	1	PZ
74	Tubería 8" Ø PE-3408 (tramo)	N.D.	N.D.	1	PZ
75	Split-Sleeve de 2" Ø (grapa)	FURMANITE	IPSCO	1	PZ
76	Split-Sleeve de 4" Ø (grapa)	FURMANITE	IPSCO	1	PZ
77	Split-Sleeve de 8" Ø (grapa)	PLIDTO	No. 2870315	2	PZ
78	Termofusionadora 2" a 4"	N.D	N.D.	1	PZ
79	Alineador de taping tee 2X2"	N.D	N.D.	1	PZ
80	Alineador de tubería de 2 y 4"	N.D	N.D.	1	PZ

Tabla 5.49. Inventario de Equipo de Emergencias.					
No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
81	Caja con herramienta antichispa diversa	AMPCO	BRONCE	2	PZ
82	Marro antichispa	AMPCO	N.D.	1	PZ
83	Juego de cuñas num. del 1 al 8	AMPCO	N.D.	1	PZ
84	Pericas antichispa no. 12	AMPCO	N.D.	2	PZ
85	Stilson antichispa no. 12	AMPCO	N.D.	2	PZ

En cuanto a las medidas de seguridad, se tendrá el cumplimiento de las siguientes normas STPS:

- NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
- NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
- NOM-019-STPS-2011, Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene
- NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
- Se realizarán dos simulacros por año: Simulacro de gabinete y simulacro mayor
- Se contará con un programa de capacitación en materia de seguridad.
- Toma de parámetros de operación del City Gate.
- Patrullaje de la franja de desarrollo del sistema.
- Descargo de información en el City Gate para promedios de medición.
- Inspección, verificación y prueba de válvula registro de interconexión.
- Inspección y verificación de equipos e instrumentos del City Gate.
- Inspección y verificación de equipos e instrumentos de las ERMs.



- Inspección y verificación de equipos e instrumentos de los registros de seccionamiento.
- Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones del cuarto de interconexión.
- Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones del City Gate.
- Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones de las ERMs.
- Monitoreo de emanaciones de gas natural en el interior de los registros de seccionamiento.
- Monitoreo de porcentaje de odorización en el sistema.
- Monitoreo de emanaciones de gas natural sobre la franja de desarrollo del sistema.
- Inspección en el incremento de la clase de localización.

5.8.2. Medidas preventivas.

Dentro de las medidas preventivas se consideran las siguientes capas de protección:

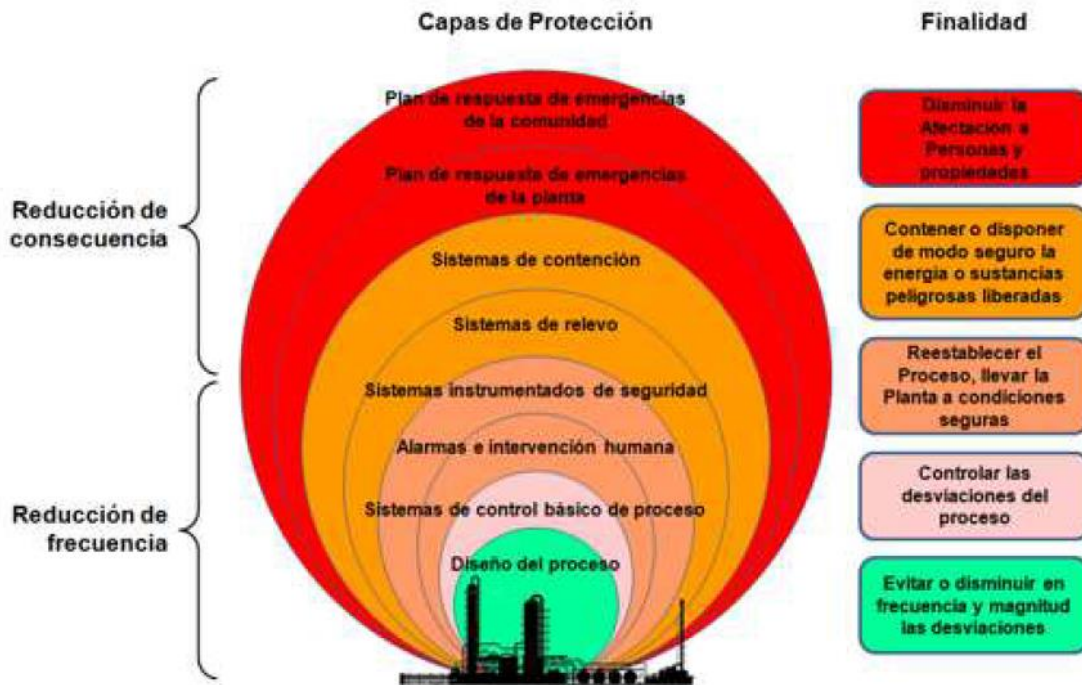


Figura 5.27. Capas de Protección (Medidas preventivas).

Con base al diagrama anterior, pueden clasificarse las salvaguardas con base en lo siguiente:

- a) Activas o pasivas.
- b) Preventivas (pre-release o antes de que la liberación del material ocurra).
- c) Mitigantes (post-release o después de que la liberación del material ocurra).

La empresa ha desarrollado una serie de procedimientos para la atención de emergencias y de procedimientos de seguridad, los cuales son descritos a continuación:

- Procedimientos de Emergencia:
 - PG-SYS-GEN-01, Plan de Respuesta a Emergencia.

Desarrollado como un plan de administración de crisis para regresar a condiciones normales y seguras de operación, evaluando el tiempo estimado para dos tipos de eventos: control de falla y reparación de falla.

- PO-SYS-GEN-06, Activación del Plan Integral de Seguridad.
Permite al personal, tener conocimiento de cómo actuar en caso de alguna situación de emergencia, de manera oportuna y segura, con la finalidad de minimizar y corregir las condiciones que representan un riesgo para la comunidad y la operación.
- PO-SYS-SGS-14, Procedimiento de Prevención y Combate de Incendios.
Permite al personal, tener conocimiento de cómo actuar ante una situación de emergencia de incendio, como prevenirlo de manera oportuna y segura, con la finalidad de minimizar y corregir las condiciones que representen un riesgo para el personal y sus instalaciones.
- PO-SYS-SGS-18, Plan Integral de Seguridad.
Establece los lineamientos para identificar los riesgos asociados a un sistema de distribución y/o transporte de gas natural, incluyendo la instalación del usuario final. Así mismo, establece el plan de prevención de riesgos, así como la metodología inherente al monitoreo y control de fugas de gas natural.
- PT-SYS-SGS-08, Plan de Emergencias en Obra.
Establece las directrices que permitan dar una respuesta oportuna y adecuada ante las situaciones de emergencia que se presenten durante las actividades de construcción.

➤ Procedimientos de Seguridad:



- PG-SYS-SGS-01, Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos.

Establece la metodología para identificar, evaluar, controlar y minimizar los peligros y riesgos a los que están expuestos los trabajadores al realizar sus actividades laborales en los diferentes centros de trabajo.

- PG-SYS-SGS-02, Investigación y Análisis de Accidentes e Incidentes.
Establece la metodología a implementar para llevar a cabo la investigación de accidentes e incidentes que ocurran en las instalaciones y/o frentes de trabajo, con el fin de reducir su ocurrencia.
- PO-SYS-SGS-16, Procedimiento: Búsqueda, Rescate y Clasificación de Lesionados.

Proporcionar a todo el personal que desarrolle actividades en las instalaciones, conocimientos necesarios para realizar la búsqueda y rescate de lesionados, que se pudieran presentar debido a una emergencia. Así mismo, se presentarán los criterios para que en caso de que una emergencia presente múltiples lesionados, se brinde atención de manera prioritaria a quien más lo amerite.

- PO-SYS-SGS-24, Revisión de Seguridad en la Operación.
Establece los requerimientos en materia de seguridad, previo al inicio y durante la operación del sistema de transporte o distribución de gas natural, para dar cumplimiento a las disposiciones señaladas por las diferentes dependencias, así como del sistema integral de gestión.
- PT-SYS-SGS-09, Manejo de Sustancias Químicas Peligrosas.
Establece los lineamientos para la identificación, almacenamiento, manejo y trasvase de las sustancias químicas peligrosas utilizadas en las actividades, instalaciones y servicios de la empresa.
- PT-SYS-SGS-10, Trabajos de Alto Riesgo.

Establece los lineamientos de seguridad a considerar para ejecutar trabajos de alto riesgo de los centros de trabajo.

- PT-SYS-SGS-13, Comisión de Seguridad e Higiene.

Establece los mecanismos para la integración, funcionamiento y responsabilidades de la Comisión de Seguridad e Higiene en los diferentes centros de trabajo de la empresa.

Una copia de todos estos procedimientos se adjunta en el **Anexo 9**.

Medidas de Restauración y Mitigación.

En el Plan de Contingencias en materia de Protección Civil/Atención a Emergencias que se realice para el establecimiento, también se deberá contemplar incluir las actividades y medidas tendientes a la restauración de las áreas y zonas afectadas (en caso de algún evento), en el apartado de recuperación después de terminada la emergencia, así como el retorno a condiciones normales de operación, donde se describan las acciones de:

- Limpieza y retiro de escombros, interna y externa, si fuera el caso.
- Disposición adecuada de todos los residuos que se generen de la limpieza.
- Reacomodo y restauración o reposición de maquinaria, equipo e instalaciones.
- Recuento de los daños en el exterior, para su restauración en coordinación con la autoridad competente.
- Reposición de los equipos y sistemas de emergencia que se hayan dañado.
- Evaluación del daño total causado por el evento, y en su caso, la reingeniería de las instalaciones con las adecuaciones y mejoras correspondientes.

5.8.3. Recomendaciones técnico – operativas.

En esta sección se indicarán claramente las recomendaciones técnico-operativas (que incluyan equipos, dispositivos, Sistemas de Seguridad y medidas preventivas) identificadas como oportunidades de mejora para reducir el Nivel de Riesgo, derivadas de la aplicación de la(s) metodología(s) para el Análisis y Evaluación de Riesgos (identificación de peligros y de Escenarios de Riesgo, jerarquización de Escenarios de Riesgo, análisis de frecuencias y consecuencias), a continuación se enlistan las principales recomendaciones derivadas:

- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a válvulas, reguladoras, conexiones e instrumentación.
- Verificar la instalación de válvulas de bloqueo y agregar en el plano.
- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones.
- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
- Dar seguimiento a los programas de medición de espesores.
- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios.
- Dar seguimiento al monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.
- Dar seguimiento a los programas de medición de calidad del combustible y de los espesores de la tubería.

5.9. CONCLUSIONES.

Una vez realizados los estudios de campo, la recopilación de información, la evaluación y análisis de riesgos y finalmente la simulación de los eventos de riesgo, el personal a cargo del presente estudio concluye que:

- El Proyecto lleva por nombre: **“SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DE LA ZONA GEOGRÁFICA OCCIDENTE (MANZANILLO)”**, el cual contempla instalar un sistema de distribución de gas natural por medio de ductos en la zona geográfica única, que consta de un gasoducto principal de acero en 12 pulgadas de diámetro (Interconectado con EOM) y con ramales en acero en diámetros 4” para la cobertura industrial, el sistema operará a una presión de 298.69 PSI (21 Kg/cm²). El proyecto se ubicará en el municipio de Manzanillo, en el Estado de Colima. El sistema tendrá una longitud total de 16,960 metros lineales, consistiendo en 2 líneas, una de 12” de diámetro con 16,560 m y otra de 4” con 400 m.
- Se realizó la identificación de los riesgos potenciales y posteriormente para la evaluación se seleccionó la metodología HAZOP (“HAZard and OPerability”), conocida también como Análisis de Operabilidad y Riesgos de los Procesos.
- Una vez realizada la identificación de riesgos a través de la aplicación del análisis HAZOP, se procedió a jerarquizar aquellos eventos que pudieran derivar en un accidente de riesgo ambiental. Para efectos de realizar la jerarquización, se utilizó una Matriz de Riesgos, la cual contempla los conceptos de Frecuencia y Severidad.
- Una vez realizada la identificación de los riesgos potenciales por la metodología HAZOP y de hacer la debida jerarquización, se detectó que los eventos con mayor probabilidad de ocurrencia ocurrían al tener una falla en

el sistema de trasvase, ya sea por daño mecánico de algún componente o por error humano al no realizar adecuadamente las conexiones; posteriormente se identificaron los siguientes eventos de riesgo:

- Fuga de Gas Natural en la válvula de compuerta de 6" de diámetro @26.01 kgf/cm², ruptura total, en la salida de la ERM "City Gate" con coordenadas UTM X: 580570, Y: 2100338, por sobrepresión en el sistema causada por una falla en un regulador.
- Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas UTM X: 579518, Y: 2100764, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
- Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm², por ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas UTM X: 579518, Y: 2100764, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
- Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm², por ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas UTM X: 579518, Y: 2100764, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
- Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas UTM X: 574603, Y: 2110145, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas.
- Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario

subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas UTM X: 574603, Y: 2110145, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas.

- Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 25% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas UTM X: 574603, Y: 2110145, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas.
- Se realizó el Análisis Detallado de consecuencias, por medio de las modelaciones de incendio y explosión, las cuales fueron hechas utilizando el Software SCRI Modelos en su Versión 4.5 y SCRI Fuego en su Versión 2.2, donde se obtuvieron los siguientes resultados:
 - Caso 1. Clave de Escenario. 1A-VAL-6IN-100%
Fuga de Gas Natural en la válvula de compuerta de 6" de diámetro @26.01 kgf/cm², ruptura total, en la salida de la ERM "City Gate" con coordenadas UTM X: 580570, Y: 2100338, por sobrepresión en el sistema causada por una falla en un regulador.

Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 32.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m² a una distancia máxima de afectación de 29.48 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 70.8 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 132.57 m a partir del punto en que se genere la flama.

Explosión.

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 206.6 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 348.7 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- Caso 2. Clave de Escenario. 2A-FUGA-12IN-100%

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas UTM X: 579518, Y: 2100764, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.

Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 67.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m² a una distancia máxima de afectación de 49.24 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 123.09 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 231.79 m a partir del punto en que se genere la flama.

Explosión.

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 305.4 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 514.1 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- Caso 3. Clave de Escenario. 2B-FUGA-12IN-50%

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm², por ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas UTM X: 579518, Y: 2100764, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.

Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 32.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m² a una distancia máxima de afectación de 25.68 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 63.53 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 119.47 m a partir del punto en que se genere la flama.

Explosión.

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 192.4 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 323.9 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- Caso 4. Clave de Escenario. 2C-FUGA-12IN-25%

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm², por ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas UTM X: 579518, Y: 2100764, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.

Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m² a una distancia máxima de afectación de 13.38 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 32.79 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 61.57 m a partir del punto en que se genere la flama.

Explosión.

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 121.2 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables. La zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 204.0 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- Caso 5. Clave de Escenario. 3A-FUGA-4IN-100%

Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas UTM X: 574603, Y: 2110145, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas.

Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 21.6 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m² a una distancia máxima de afectación de 17.54 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 43.15 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 81.07 m a partir del punto en que se genere la flama.

Explosión.

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 146.8 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 247.2 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- Caso 6. Clave de Escenario. 3B-FUGA-4IN-50%

Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas UTM X: 574603, Y: 2110145, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas.

Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m² a una distancia máxima de afectación de 9.13 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 22.27 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 41.78 m a partir del punto en que se genere la flama.

Explosión.

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 92.5 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 155.7 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- Caso 7. Clave de Escenario. 3C-FUGA-4IN-25%

Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas UTM X: 574603, Y: 2110145, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas.

Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 5.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m² a una distancia máxima de afectación de 4.75 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 11.49 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 21.53 m a partir del punto en que se genere la flama.

Explosión.

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 58.3 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 98.1 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- En base a los resultados obtenidos, se pudo observar que el escenario más catastrófico sería la explosión de la masa de gas natural descargada en caso de fuga por ruptura de la válvula de compuerta de 6" a la salida de la ERM "City Gate", se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 206.6 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 347.8 m a partir del punto en el que se genere la fuga.
- También, en base a los resultados de las modelaciones de los eventos de riesgo considerados, se realizó la representación en planos de los radios potenciales de afectación, en donde se aprecian las interacciones de riesgo con las colindancias más próximas.
- El Proyecto también contará con medidas preventivas para administrar los escenarios de riesgo, tales como: medidas preventivas en sistemas de control básico de proceso, alarmas de intervención humana, sistemas

instrumentados de seguridad, señalización y Plan de Contingencias en materia de Protección Civil.

- El efectuar las recomendaciones técnico-operativas ayudará a reducir la posibilidad de que se presenten cualquiera de los eventos de riesgo identificados, así como mitigar en algunos casos las posibles consecuencias derivadas de la ocurrencia del evento extraordinario.
- En general, se considera que el Proyecto contará con los recursos administrativos, tecnológicos y humanos para prevenir los eventos de riesgo identificados, por lo que deberán mantener todos los sistemas y dispositivos de seguridad, programas de mantenimiento, procedimientos de emergencia y reforzar los programas de capacitación destinados a la prevención y control de los eventos de riesgo.
- Adicionalmente a lo anterior, es necesario que los recursos metodológico-administrativos anteriores, sean actualizados y mejorados de acuerdo a las recomendaciones presentadas en este análisis, para que sean aún más funcionales.

5.10. RESUMEN EJECUTIVO.

El Proyecto “***SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL DE LA ZONA GEOGRÁFICA OCCIDENTE (MANZANILLO)***”, actualmente se encuentra en etapa de diseño.

Se contempla instalar un sistema de distribución de gas natural por medio de ductos en la zona geográfica única, que consta de un gasoducto principal de acero en 12 pulgadas de diámetro (Interconectado con EOM) y con ramales en acero en diámetros 4” para la cobertura industrial, el sistema operará a una presión de 298.69



PSI (21 Kg/cm²); con tuberías y conexiones en acero con recubrimiento tricapa polietileno bajo norma NRF-026-PEMEX-2008.

El proyecto es presentado por la empresa **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, y proyectado en el municipio de Manzanillo, Colima; apegado a la Norma NOM-003-ASEA-2016, que rige y estipula todo lo referente a los sistemas de distribución de gas natural.

Para la determinación de los riesgos ambientales que pudieran presentarse dentro de las instalaciones de la empresa se utilizaron los siguientes métodos de análisis de riesgos:

- Matriz de Identificación de Riesgos Potenciales (MIRP).
- Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP).

Habiendo finalizado la identificación de riesgos a través de la matriz de identificación de riesgos potenciales, se procedió a identificar qué condiciones presentaban de forma común en las operaciones realizadas. El objetivo planteado por el grupo de trabajo para realizar esto, fue agrupar las áreas que presentan condiciones similares para simplificar la aplicación del Análisis de Operabilidad y Riesgos HAZOP, se determinó a partir de la Matriz de Identificación de Riesgo Potenciales (MIRP).

De acuerdo a la descripción realizada, el análisis HAZOP se aplicará sobre los siguientes sistemas:

1. Estaciones de Regulación y Medición.
2. Gasoducto (Gas Natural) en ducto de 12 pulgadas de diámetro y con ramales de 4 pulgadas de diámetro @ 21 kgf/cm².



De esta forma, el análisis que se presenta no pretende ser un análisis exhaustivo de riesgo, sino más bien sobre el comportamiento general de las operaciones donde se ve involucrado el trasvase de los combustibles.

Una vez realizada la identificación de riesgos a través de la aplicación del análisis HAZOP, se procedió a jerarquizar aquellos eventos que pudieran derivar en un accidente de riesgo ambiental.

Para efectos de realizar la jerarquización, se utilizó una Matriz de Riesgos, la cual contempla los conceptos de Frecuencia y Severidad.

A partir de la identificación de Riesgos mediante el HAZOP, se procedió a la determinación de los escenarios de simulación para cada una de las fallas de mayor riesgo en cada Nodo, por tal motivo, los escenarios de riesgo propuestos fueron los siguientes:

Fuga de Gas Natural en la válvula de compuerta de 6” de diámetro @26.01 kgf/cm², ruptura total, en la salida de la ERM “City Gate” con coordenadas [REDACTED] por sobrepresión en el sistema causada por una falla en un regulador.
COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

1.

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12” de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas [REDACTED] debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera. COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

2.

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12” de diámetro @21 kgf/cm², por ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, en cruce carretero



subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas [REDACTED]
debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

3.

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm², por ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas [REDACTED]
debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

4.

Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas [REDACTED] debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas. COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

5.

Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 [REDACTED] debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas. COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

6.

Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 25% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas [REDACTED] debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas. COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

7.



Para realizar la descripción de los Radios de Afectación se modeló los efectos esperados a partir de la ocurrencia de los Eventos de Riesgo identificados y jerarquizados en el Análisis de Riesgos descrito en las secciones anteriores del presente capítulo.

Las modelaciones de explosión fueron hechas utilizando el Software SCRI Modelos en su Versión 4.3 y los eventos de incendio fueron hechos utilizando el Software SCRI Fuego en su Versión 1.3. Resultando los siguientes resultados:

Caso 1.

Clave de Escenario. 1A-VAL-6IN-100%

Fuga de Gas Natural en la válvula de compuerta de 6" de diámetro @26.01 kgf/cm², ruptura total, en la salida de la ERM "City Gate" con coordenadas [REDACTED] por sobrepresión en el sistema causada por una falla en un regulador. COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Incendio

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 32.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m² a una distancia máxima de afectación de 29.48 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 70.8 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 132.57 m a partir del punto en que se genere la flama.

Explosión

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 206.6 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 347.8 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

Caso 2.

Clave de Escenario. 2A-FUGA-12IN-100%

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas [REDACTED], debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera. COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Incendio

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 67.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m² a una distancia máxima de afectación de 49.24 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 123.09 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de



1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 231.79 m a partir del punto en que se genere la flama.

Explosión

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 305.4 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 514.1 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

Caso 3.

Clave de Escenario. 2B-FUGA-12IN-50%

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm², por ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas [REDACTED], debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera. COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Incendio

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 32.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m² a una distancia



máxima de afectación de 25.68 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 63.53 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 119.47 m a partir del punto en que se genere la flama.

Explosión

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 192.4 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 323.9 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

Caso 4.

Clave de Escenario. 2C-FUGA-12IN-25%

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 12" de diámetro @21 kgf/cm², por ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CARR-01 con coordenadas U [REDACTED] debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera. COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Incendio



Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 16.2 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m² a una distancia máxima de afectación de 13.38 m, se generaría una radiación de 5 kW/m² a una distancia de 32.79 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 61.57 m a partir del punto en que se genere la flama.

Explosión

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 121.2 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables. La zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 204.0 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

Caso 5.

Clave de Escenario. 3A-FUGA-4IN-100%

Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas [REDACTED], debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas. COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



Incendio

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 21.6 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m^2 a una distancia máxima de afectación de 17.54 m, se generaría una radiación de 5 kW/m^2 a una distancia de 43.15 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2 , se daría a una distancia máxima de 81.07 m a partir del punto en que se genere la flama.

Explosión

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 146.8 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 247.2 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

Caso 6.

Clave de Escenario. 3B-FUGA-4IN-50%

Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas [REDACTED] debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas. COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



Incendio

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 10.8 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kw/m^2 a una distancia máxima de afectación de 9.13 m, se generaría una radiación de 5 kw/m^2 a una distancia de 22.27 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2 , se daría a una distancia máxima de 41.78 m a partir del punto en que se genere la flama.

Explosión

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 92.5 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 155.7 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

Caso 7.

Clave de Escenario. 3C-FUGA-4IN-25%

Fuga de Gas Natural en ramal de 4" de diámetro @21 kgf/cm², por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, en cruce ferroviario subterráneo UB-CR-FFCC-01 con coordenadas [REDACTED] debido a golpe con



maquinaria pesada por obras de remodelación en las vías férreas. COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Incendio

Al generarse la fuga y encontrar una fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 5.4 m, a partir de la cual se generaría una zona de alto riesgo con una radiación en la periferia de 25 kW/m^2 a una distancia máxima de afectación de 4.75 m, se generaría una radiación de 5 kW/m^2 a una distancia de 11.49 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2 , se daría a una distancia máxima de 21.53 m a partir del punto en que se genere la flama.

Explosión

En caso de que la fuga no encuentre de inmediato una fuente de ignición cercana, se generaría una masa de nube explosiva durante 5 minutos, que es el tiempo de respuesta estimado para la atención de la emergencia. Con base en los resultados obtenidos de la modelación de nubes explosivas, se encontró que se generaría una distancia máxima de afectación de 58.3 m hasta la cual alcanzaría una sobrepresión de 1 psig, suficiente para causar daños estructurales a casas habitación volviéndolas inhabitables; la zona de amortiguamiento, definida con una sobrepresión de 0.5 psig se tendría a una distancia máxima de 98.1 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

SISTEMAS DE SEGURIDAD

Los sistemas de seguridad con los que se contará en el sistema de distribución de gas natural, son los especificados a continuación:

- SCADA. Se tendrá un sistema que permite monitorear vía remota el comportamiento de la presión en la ERM “City Gate”.
- Válvulas de seccionamiento.
- Medidores de presión en las Estaciones de Regulación y Medición.
- Equipos de seguridad, los especificados en el siguiente inventario de equipo de emergencias:

Tabla 5.50. Inventario de Equipo de Emergencias.					
No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
1	Exposímetro	RKI	NP. 204	1	PZ
2	Detector de Gas	HUBERG	METREX 3	1	PZ
3	Generador eléctrico	HONDA	No.PM0601100	1	PZ
4	Motobomba	TECUMSEH POWER	0H195EA	1	PZ
5	Carpa (con toldo y estructura)	CANOPI FACTORY	120648	1	PZ
6	Lámparas de mano	TRIPLE CROWN	606	4	PZ
7	Reflectores	SURTEK	136122	4	PZ
8	Máquina de electrofusión	CENTRAL	TERMOPLAST	1	PZ
9	Prensas hidráulicas de 8 a 6	FOOTAGE TOOLS	N.D.	2	PZ
10	Prensas hidráulicas de 6 a 4	CONECTRA	N.D.	2	PZ
11	Prensas manuales de 4 a 2	CONECTRA	MANUAL	2	PZ
12	Guillotinas de 8	REED MFG	N.D.	1	PZ
13	Guillotinas de 4	REED MFG	N.D.	1	PZ
14	Extensiones eléctricas de 120 v	URREA	N.D.	2	PZ
15	Juego de cables pasa corriente	AUTOZONE	N.D.	2	PZ
16	Varillas de cobre	N.D.	N.D.	4	PZ
17	Tripie o soportaría	N.D.	N.D.	1	PZ
18	Carrucha	YALE	COLUMBUS	1	PZ
19	Elingas o sogas	N.D.	N.D.	4	PZ
20	Banderas trafico	N.D.	N.D.	4	PZ
21	Conos de señalamiento	TRUPER	N.D.	6	PZ
22	Cintas de advertencia	URREA	N.D.	5	PZ
23	Extintores para KIT	N.D.	N.D.	3	PZ

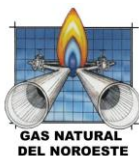


Tabla 5.50. Inventario de Equipo de Emergencias.					
No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
24	Juego de llaves para válvulas	N.D.	N.D.	2	PZ
25	Mangueras para motobomba	N.D.	N.D.	2	PZ
26	Marro de goma	N.D.	N.D.	1	PZ
27	Raspador de tubería	N.D.	N.D.	1	PZ
28	Machete	N.D.	N.D.	1	PZ
29	Serrucho	TRUPER	N.D.	1	PZ
30	Palas laguneras	TRUPER	N.D.	4	PZ
31	Palas cuadradas	TRUPER	N.D.	4	PZ
32	Picos	TRUPER	N.D.	2	PZ
33	Barra	N.D.	N.D.	1	PZ
34	Impermeables	URREA	N.D.	6	PZ
35	Cascos	MSD	N.D.	6	PZ
36	Lentes	MSD	N.D.	6	PZ
37	Guantes	N.D.	N.D.	6	PZ
38	Casacas	N.D.	N.D.	6	PZ
39	Tapones auditivos	N.D.	N.D.	10	PZ
40	Botas de hule	URREA	N.D.	6	PZ
41	Botas industriales	CLIFF	N.D.	2	PZ
42	Equipo de Aire Autonomo	MCA	N.D.	1	PZ
43	Respiradores Faciales	N.D.	N.D.	5	PZ
44	Traje tyvex	N.D.	N.D.	10	PZ
45	Alcohol isopropilico (litros)	N.D.	N.D.	3	PZ
46	Agua garrafon 20 ts.	SIERRA AZUL	N.D.	2	PZ
47	Papel (paquetes) toallas azules	SCOTT SHOP	N.D.	10	PZ
48	Jabón (Kg.)	BLANCA NIEVES	N.D.	1	PZ
49	Codo 2" Ø x 90° PE	CENTRAL	N.D.	4	PZ
50	Codo 4" Ø x 90°	CENTRAL	N.D.	4	PZ
51	Codo 8" Ø x 90°	CENTRAL	N.D.	2	PZ
52	Codo 4" Ø x 45°	CENTRAL	N.D.	2	PZ
53	Codo 8" Ø x 45°	CENTRAL	N.D.	2	PZ
54	Tapón 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
55	Tapón 4" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
56	Tapón 8" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
57	Válvulas 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ

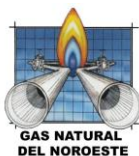


Tabla 5.50. Inventario de Equipo de Emergencias.					
No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
58	Válvulas 4" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
59	Válvulas 8" Ø	CENTRAL	N.D.	1	PZ
60	Tee 2" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
61	Tee 4" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
62	Tee 8" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
63	Reducción 3" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
64	Reducción 4" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
65	Reducción 8" Ø x 6" Ø	CENTRAL	N.D.	2	PZ
66	Tap tee 2" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
67	Tap tee 4" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
68	Tap tee 8" Ø x 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	PZ
69	Coples de electrofusión 2" Ø	CENTRAL	N.D.	4	JGO
70	Coples de electrofusión 4" Ø	CENTRAL	N.D.	4	JGO
71	Coples de electrofusión 8" Ø	CENTRAL	N.D.	4	JGO
72	Tubería 2" Ø PE-3408 (rollo)	N.D.	N.D.	1	PZ
73	Tubería 4" Ø PE-3408 (tramo)	N.D.	N.D.	1	PZ
74	Tubería 8" Ø PE-3408 (tramo)	N.D.	N.D.	1	PZ
75	Split-Sleeve de 2" Ø (grapa)	FURMANITE	IPSCO	1	PZ
76	Split-Sleeve de 4" Ø (grapa)	FURMANITE	IPSCO	1	PZ
77	Split-Sleeve de 8" Ø (grapa)	PLIDTO	No. 2870315	2	PZ
78	Termofusionadora 2" a 4"	N.D.	N.D.	1	PZ
79	Alineador de taping tee 2X2"	N.D.	N.D.	1	PZ
80	Alineador de tubería de 2 y 4"	N.D.	N.D.	1	PZ
81	Caja con herramienta antichispa diversa	AMPCO	BRONCE	2	PZ
82	Marro antichispa	AMPCO	N.D.	1	PZ
83	Juego de cuñas num. del 1 al 8	AMPCO	N.D.	1	PZ
84	Pericas antichispa no. 12	AMPCO	N.D.	2	PZ
85	Stilson antichispa no. 12	AMPCO	N.D.	2	PZ

En cuanto a las medidas de seguridad, se tendrá el cumplimiento de las siguientes normas STPS:

- NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
 - NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
 - NOM-019-STPS-2011, Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene
 - NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
 - Se realizarán dos simulacros por año: Simulacro de gabinete y simulacro mayor
 - Se contará con un programa de capacitación en materia de seguridad.
 - Toma de parámetros de operación del City Gate.
 - Patrullaje de la franja de desarrollo del sistema.
 - Descargo de información en el City Gate para promedios de medición.
-
- Inspección, verificación y prueba de válvula registro de interconexión.
 - Inspección y verificación de equipos e instrumentos del City Gate.
 - Inspección y verificación de equipos e instrumentos de las ERMs.
 - Inspección y verificación de equipos e instrumentos de los registros de seccionamiento.
 - Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones del cuarto de interconexión.
 - Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones del City Gate.
 - Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones de las ERMs.
 - Monitoreo de emanaciones de gas natural en el interior de los registros de seccionamiento.

- Monitoreo de porcentaje de odorización en el sistema.
- Monitoreo de emanaciones de gas natural sobre la franja de desarrollo del sistema.
- Inspección en el incremento de la clase de localización.

MEDIDAS PREVENTIVAS

La empresa ha desarrollado una serie de procedimientos para la atención de emergencias y de procedimientos de seguridad, los cuales son descritos a continuación:

➤ Procedimientos de Emergencia:

- PG-SYS-GEN-01, Plan de Respuesta a Emergencia.
Desarrollado como un plan de administración de crisis para regresar a condiciones normales y seguras de operación, evaluando el tiempo estimado para dos tipos de eventos: control de falla y reparación de falla.
- PO-SYS-GEN-06, Activación del Plan Integral de Seguridad.
Permite al personal, tener conocimiento de cómo actuar en caso de alguna situación de emergencia, de manera oportuna y segura, con la finalidad de minimizar y corregir las condiciones que representan un riesgo para la comunidad y la operación.
- PO-SYS-SGS-14, Procedimiento de Prevención y Combate de Incendios.
Permite al personal, tener conocimiento de cómo actuar ante una situación de emergencia de incendio, como prevenirlo de manera oportuna y segura, con la finalidad de minimizar y corregir las condiciones que representen un riesgo para el personal y sus instalaciones.
- PO-SYS-SGS-18, Plan Integral de Seguridad.

Establece los lineamientos para identificar los riesgos asociados a un sistema de distribución y/o transporte de gas natural, incluyendo la instalación del usuario final. Así mismo, establece el plan de prevención de riesgos, así como la metodología inherente al monitoreo y control de fugas de gas natural.

- PT-SYS-SGS-08, Plan de Emergencias en Obra.

Establece las directrices que permitan dar una respuesta oportuna y adecuada ante las situaciones de emergencia que se presenten durante las actividades de construcción.

➤ Procedimientos de Seguridad:

- PG-SYS-SGS-01, Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos.

Establece la metodología para identificar, evaluar, controlar y minimizar los peligros y riesgos a los que están expuestos los trabajadores al realizar sus actividades laborales en los diferentes centros de trabajo.

- PG-SYS-SGS-02, Investigación y Análisis de Accidentes e Incidentes.
Establece la metodología a implementar para llevar a cabo la investigación de accidentes e incidentes que ocurran en las instalaciones y/o frentes de trabajo, con el fin de reducir su ocurrencia.
- PO-SYS-SGS-16, Procedimiento: Búsqueda, Rescate y Clasificación de Lesionados.

Proporcionar a todo el personal que desarrolle actividades en las instalaciones, conocimientos necesarios para realizar la búsqueda y rescate de lesionados, que se pudieran presentar debido a una emergencia. Así mismo, se presentarán los criterios para que en caso de que una emergencia presente múltiples lesionados, se brinde atención de manera prioritaria a quien más lo amerite.

- PO-SYS-SGS-24, Revisión de Seguridad en la Operación.
Establece los requerimientos en materia de seguridad, previo al inicio y durante la operación del sistema de transporte o distribución de gas natural, para dar cumplimiento a las disposiciones señaladas por las diferentes dependencias, así como del sistema integral de gestión.
- PT-SYS-SGS-09, Manejo de Sustancias Químicas Peligrosas.
Establece los lineamientos para la identificación, almacenamiento, manejo y trasvase de las sustancias químicas peligrosas utilizadas en las actividades, instalaciones y servicios de la empresa.
- PT-SYS-SGS-10, Trabajos de Alto Riesgo.
Establece los lineamientos de seguridad a considerar para ejecutar trabajos de alto riesgo de los centros de trabajo.
- PT-SYS-SGS-13, Comisión de Seguridad e Higiene.
Establece los mecanismos para la integración, funcionamiento y responsabilidades de la Comisión de Seguridad e Higiene en los diferentes centros de trabajo de la empresa.

RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS.

las recomendaciones técnico-operativas (que incluyan equipos, dispositivos, Sistemas de Seguridad y medidas preventivas) identificadas como oportunidades de mejora para reducir el Nivel de Riesgo, derivadas de la aplicación de la(s) metodología(s) para el Análisis y Evaluación de Riesgos (identificación de peligros y de Escenarios de Riesgo, jerarquización de Escenarios de Riesgo, análisis de frecuencias y consecuencias), a continuación, se enlistan las principales recomendaciones derivadas:

- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a válvulas, reguladoras, conexiones e instrumentación.



- Verificar la instalación de válvulas de bloqueo y agregar en el plano.
- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo a reguladoras, manómetros y conexiones.
- Dar seguimiento a los procedimientos de respuesta a emergencia.
- Dar seguimiento a los programas de medición de espesores.
- Dar seguimiento a los programas de mantenimiento de tuberías y accesorios.
- Dar seguimiento al monitoreo del estado de las tuberías y programas de seguridad industrial.
- Dar seguimiento a los programas de medición de calidad del combustible y de los espesores de la tubería.

Se presenta el **Anexo 10** el Informe técnico del presente Análisis de Riesgos.



6. LISTADO DE ANEXOS.

A continuación, se enlistan los Anexos mencionados en el presente documento, así como los que sustentan la información presentada:

- Anexo 1.** Documentación legal de la empresa.
- Anexo 2.** Documentos del Responsable Técnico de la elaboración del estudio.
- Anexo 3.** Planos y DTI's.
- Anexo 4.** Memoria de cálculo de la capacidad máxima de almacenamiento del gasoducto.
- Anexo 5.** Hojas de Seguridad del Gas Natural.
- Anexo 6.** Datos meteorológicos de la región.
- Anexo 7.** Reportes SCRI de las simulaciones de los escenarios de riesgo.
- Anexo 8.** Planos de Radios de Afectación.
- Anexo 9.** Procedimientos de emergencia y de seguridad.
- Anexo 10.** Informe Técnico del Análisis de Riesgo.