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

ANÁLISIS DE RIESGO DEL SECTOR HIDROCARBUROS

PROYECTO:

SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL DE ACCESO ABIERTO, RAMAL SLRC

Junio de 2021

ASEA
AGENCIA DE SEGURIDAD, ENERGÍA Y AMBIENTE

Agencia de Seguridad,
Energía y Ambiente

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO **1**
2. ALCANCE **2**
3. GENERALIDADES **3**
4. DEFINICIONES **5**
5. CONTENIDO DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS **10**
5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 10
5.1.1. Proyecto *10*
5.1.2. Transporte por Duetos *10*
5.1.3. De los pozos de exploración y extracción *31*
5. 1.4. Transporte por medios distintos a *duetos* *31*
5.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO 32
5.2. *1. Materias Primas* *52*
5.2.2. *Productos y subproductos* *53*
5.3. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO 54
5. 3 1. Proyecto *54*
5.3.2. Transporte por duetos *54*
5.3.3. Aspectos del medio natural *56*
5.3.3.1. Vegetación *56*
Resultados del muestreo del Sistema Ambiental Regional (SAR) *60*
Análisis del fndice de Shannon en el SAR *66*
Análisis del fndice de IV/ por estrato vegetativo *66*
Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNA T-201 o *68*
Resultados del muestreo en el área de CUS *68*
Análisis del Índice de Shannon *75*
Análisis del fndice de IV/ por estrato vegetativo *75*
Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 ..... *77*
5.3.3.2.Fauna silvestre *77*
Composición de especies *77*
Metodología utilizada para los muestreos *78*
Anfibios y Reptiles *78*
Aves *78*
Mamíferos *79*
Resultados del SAR del proyecto *80*
Abundancia relativa *80*

fndices de diversidad 81
Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNA T-2010 85
Resultados del Area del proyecto 85
Abundancia relativa 85
fndices de diversidad 86
Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 90
5.3.3.3. Suelos 91
5. 3 3.4. Geología y Geomorfología 93
5.3.3.5. Hidrología 96
5 3 3 6 Características climáticas 103
Temperatura promedio 105
Precipitación promedio 105
Fenómenos climatológicos 106
5.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS 108
5.4.1. Identificación de peligros y jerarquización de escenarios de riesgo 108
5.4.1.1. Análisis preliminar de peligros 108
Matriz de Identificación de Riesgos Potenciales (MIRP) 108
5.4.1.2. Antecedentes de accidentes e incidentes de proyectos similares 110
5.4.1.3. Identificación de peligros y de escenarios de riesgo 113
5.4.1.4. Jerarquización de escenarios de riesgos 125
5.4.2. Análisis cuantitativo de riesgo 131
5.4.2.1. Análisis de frecuencias 131
5.4.2.2. Análisis de consecuencias 134
5.4.2.2.1. Eventos de Riesgo Modelados 134
5.4.2.2.2. Eventos de Incendio 137
5.4.2.2.3. Eventos de Explosión 139
5.4.2.2.4. Planteamiento de Escenarios y Modelos empleados 142
5.4.2.2.5. Resultados de las Modelaciones 151
5.5. REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE CONSECUENCIA (RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN) 173
5.6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO 173
5 *6 1 Análisis de Vulnerabilidad* 173
5.6.2. Interacciones de riesgo 178
5.7. REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGO 180

5.8. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO 180

5. 8 1. Sistemas de seguridad *180*

5. 8 2 Medidas preventivas *184*

5.8.3. Recomendaciones técnico- operativas *187*

5.9. CONCLUSIONES 188

5.10. RESUMEN EJECUTIVO 201

6. LISTADO DE ANEXOS 222

1. OBJETIVO.

El presente Proyecto tiene por nombre: ***"SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL DE ACCESO ABIERTO, RAMAL SLRC",*** el cual contempla instalar un sistema de transporte de gas natural por medio de duetos, ubicado en los municipios de Mexicali (Baja California Norte) y San Luis Río Colorado (Sonora), que constará de una gasoducto principal de acero en 24 pulgadas de diámetro y con ramales en acero en diámetros 6" para la cobertura industrial.

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 TRANSPORTE DE GAS NATURAL DE ACCESO ABIERTO, RAMAL SLRC",*** actualmente se encuentra en etapa de diseño.

El proyecto contempla instalar un sistema de transporte de gas natural por medio de duetos, ubicado en los municipios de Mexicali (Baja California Norte) y San Luis Río Colorado (Sonora), que consta de una gasoducto principal de acero en 24 pulgadas de diámetro y con ramales en acero en diámetros 6" para la cobertura industrial.

El proyecto es presentado por la empresa **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.,** y proyectado en el municipio de San Luis Río Colorado; apegado a la Norma NOM-007-ASEA-2016, que rige y estipula todo lo referente a los sistemas de transporte 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-Limite 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 Duetos.

Se contempla instalar un sistema de transporte de gas natural por medio de duetos, en los municipios de Mexicali (Baja California Norte) y San Luis Río Colorado (Sonora). El sistema tendrá una longitud total de 54,918.85 metros lineales, consistiendo en una línea principal de 24" de diámetro y una sección de 6" de diámetro, a una presión de diseño de 1,440 psi y temperatura de diseño de 121 °C.

Las instalaciones del gasoducto consistirán en:

1. Estación de Regulación y Medición "City Gate".
2. Estación de Medición, Regulación y Control 1, Tipo 2.
3. Estación de Medición, Regulación y Control 2, Tipo 3
4. Estación de Regulación y Medición 3, Tipo 4.
5. Tubería del Gasoducto.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas geográficas UTM (Datum: WGS84, Región: 11 S), de la ubicación los elementos superficiales del gasoducto:

Tabla 1. Coordenadas geográficas UTM de la ubicación de los elementos superficiales del gasoducto.

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Region: 11S	
			X	Y
REGISTRO DE INTERCONEXION				
1	Punto de Interconexión	0+000 A	[redacted]	
CITYGATE				
1	City Gate	0+000 A		
ESTACION DE REGULACION Y MEDICION				
1	ERM 01	54+903.85 A		
2	ERM 02	0+010 c		

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Region: 11S	
			X	Y
	VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO			
1	V.S. 01	22+650 A		
2	V.S. 02	27+099 A		
	VÁLVULAS DE DERIVACIÓN			
1	V.O. 01	0+005 B		
	TRAMPA DE RECIBOS/ENVÍO DE DIABLOS			
1	NORTE	0+000 A		
2	SUR 01	54+903.85A		
3	SUR 02	0+010 C		

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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: 11S), de la ubicación de los cruces del gasoducto:

Tabla 2. Coordenadas geográficas UTM de la ubicación de los cruces del gasoducto.

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Region: 11S	
			X	Y
	CRUCES LINEAS DE TRANSMISION			
1	UB-CR-LTR-01	13+050 A		
2	UB-CR-LTR-02	23+500 A		
3	UB-CR-LTR-03	27+350 A		
4	UB-CR-LTR-04	36+330A		
5	UB-CR-LTR-05	39+000 A		
6	UB-CR-LTR-06	41+670A		
	CRUCES CARRETEROS			
1	UB-CR-CRR-01	5+320 A		
2	UB-CR-CRR-02	9+010 A		
3	UB-CR-CRR-03	13+020 A		
4	UB-CR-CRR-04	13+580A		
5	UB-CR-CRR-05	23+530A		
6	UB-CR-CRR-06	27+580A		
7	UB-CR-CRR-07	31+825 A		
8	UB-CR-CRR-08	34+700A		
9	UB-CR-CRR-09	37+300 A		
10	UB-CR-CRR-10	49+793 A		
	CRUCES ARROYOS/ CANALES			
1	UB-CR-CNA-01	5+365A		
2	UB-CR-CNA-02	5+535A		
3	UB-CR-CNA-03	13+150 A		
4	UB-CR-CNA-04	13+618 A		
5	UB-CR-CNA-05	20+250A		
6	UB-CR-CNA-06	21+690A		
7	UB-CR-CNA-07	23+113 A		
8	UB-CR-CNA-08	23+130A		
9	UB-CR-CNA-09	24+300A		
10	UB-CR-CNA-10	24+470A		
11	UB-CR-CNA-11	25+800A		
12	UB-CR-CNA-12	25+150A		
13	UB-CR-CNA-13	25+305A		

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Reaión: 11S	
14	UB-CR-CNA-14	25+260 A		
15	UB-CR-CNA-15	26+054 A		
16	UB-CR-CNA-16	29+500A		
17	UB-CR-CNA-17	30+400A		
18	UB-CR-CNA-18	31+050 A		
19	UB-CR-CNA-19	31+730A		
20	UB-CR-CNA-20	31+882 A		
21	UB-CR-CNA-21	32+235 A		
22	UB-CR-CNA-22	33+150 A		
23	UB-CR-CNA-23	33+400 A		
24	UB-CR-CNA-24	34+000A		
25	UB-CR-CNA-25	35+500A		
26	UB-CR-CNA-26	36+380 A		
27	UB-CR-CNA-27	54+290 A		

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

En el **Anexo 3** se incluye el plano detallado de los cruces de líneas de transmisión, carreteros y arroyos/canales.

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas UTM (Datum: WGS84, Región: 11 S), de la ubicación de los puntos de inflexión del gasoducto:

Tabla 3. Coordenadas geográficas UTM de la ubicación de los puntos de inflexión del gasoducto.

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Reaión: 11S	
1	P.1. 01	0+000 A		
2	P.I. 02	0+085 A		
3	P.I. 03	0+500 A		
4	P.I. 04	1+000 A		
5	P.I. 05	1+500 A		
6	P.I. 06	2+000 A		
7	P.I. 07	2+500 A		
8	P.I. 08	3+000 A		
9	P.1. 09	3+500 A		
10	P.1.10	3+850 A		
11	P.I. 11	4+000 A		
12	P.I. 12	4+500 A		
13	P.I. 13	5+000 A		
14	P.I. 14	5+323 A		
15	P.I. 15	5+500 A		
16	P.I. 16	5+598A		
17	P.I. 17	5+655A		
18	P.I. 18	6 +000 A		
19	P.I. 19	6+500A		
20	P.I. 20	7+000 A		
21	P.I. 21	7+208 A		
22	P.I. 22	7+500 A		
23	P.I. 23	8+000 A		
24	P.I. 24	8+500 A		
25	P.I. 25	9+000 A		

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 11S	
			X	Y
26	P.I. 26	9+091 A		
27	P.I. 27	9+187 A		
28	P.I. 28	9+263 A		
29	P.I. 29	9+500 A		
30	P.I. 30	9+785 A		
31	P.I. 31	10+000A		
32	P.I. 32	10+500A		
33	P.I. 33	11+000 A		
34	P.I. 34	11+500 A		
35	P.I. 35	12+000A		
36	P.I. 36	12+121 A		
37	P.I. 37	12+268 A		
38	P.I. 38	12+426A		
39	P.I. 39	12+500A		
40	P.I. 40	12+541 A		
41	P.I. 41	12+736 A		
42	P.I. 42	12+892 A		
43	P.I. 43	13+000 A		
44	P.I. 44	13+027 A		
45	P.I. 45	13+273 A		
46	P.I. 46	13+463 A		
47	P.I. 47	13+500A		
48	P.I. 48	13+633 A		
49	P.I. 49	14+000A		
50	P.I. 50	14+441 A		
51	P.I. 51	14+500 A		
52	P.I. 52	15+000A		
53	P.I. 53	15+289 A		
54	P.I. 54	15+500 A		
55	P.I. 55	15+684 A		
56	P.I. 56	16+000A		
57	P.I. 57	16+500A		
58	P.I. 58	17+000 A		
59	P.I. 59	17+500 A		
60	P.I. 60	18+000 A		
61	P.I. 61	18+250 A		
62	P.I. 62	18+327 A		
63	P.I. 63	18+500A		
64	P.I. 64	19+000 A		
65	P.I. 65	19+500A		
66	P.I. 66	19+691 A		
67	P.I. 67	19+732A		
68	P.I. 68	20+000A		
69	P.I. 69	20+500A		
70	P.I. 70	21+000A		
71	P.I. 71	21+500 A		
72	P.I. 72	21+562 A		
73	P.I. 73	21+844A		
74	P.I. 74	22+000A		
75	P.I. 75	22+282 A		
76	P.I. 76	22+500A		
77	P.I. 77	22+573 A		
78	P.I. 78	22+209 A		
79	P.I. 79	22+297 A		
80	P.I. 80	23+000 A		
81	P.I. 81	23+154 A		
82	P.I. 82	23+500A		
83	P.I. 83	23+566A		
84	P.I. 84	24+000A		

[redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Reaión: 11S	
			X	Y
85	P.I. 85	24+500 A		
86	P.I. 86	25+000A		
87	P.I. 87	25+035A		
88	P.I. 88	25+345A		
89	P.I. 89	25+500A		
90	P.I. 90	25+708A		
91	P.I. 91	26+000A		
92	P.I. 92	26+023 A		
93	P.I. 93	26+101 A		
94	P.I. 94	26+500A		
95	P.I. 95	26+924A		
96	P.I. 96	27+000 A		
97	P.I. 97	27+071 A		
98	P.I. 98	27+133 A		
99	P.I. 99	27+235A		
100	P.I. 100	27+473A		
101	P.I. 101	27+500A		
102	P.I. 102	27+636A		
103	P.I. 103	28+000A		
104	P.I. 104	28+500A		
105	P.I. 105	28+697 A		
106	P.I. 106	28+940 A		
107	P.I. 107	29+000A		
108	P.I. 108	29+165A		
109	P.I. 109	29+500A		
110	P.I. 110	29+783 A		
111	P.I. 111	29+923 A		
112	P.I. 112	30+000 A		
113	P.I. 113	30+148 A		
114	P.I. 114	30+243A		
115	P.I. 115	30+322 A		
116	P.I. 116	30+500A		
117	P.I. 117	30+704 A		
118	P.I. 118	31+000A		
119	P.I. 119	31+070A		
120	P.I. 120	31+500 A		
121	P.I. 121	31+612 A		
122	P.I. 122	31+747 A		
123	P.I. 123	31+912 A		
124	P.I. 124	32+000 A		
125	P.I. 125	32+032A		
126	P.I. 126	32+500A		
127	P.I. 127	32+950A		
128	P.I. 128	33+000 A		
129	P.I. 129	33+168 A		
130	P.I. 130	33+214 A		
131	P.I. 131	33+387 A		
132	P.I. 132	33+500A		
133	P.I. 133	34+000A		
134	P.I. 134	34+500A		
135	P.I. 135	34+167 A		
136	P.I. 136	34+235A		
137	P.I. 137	35+000A		
138	P.I. 138	35+394 A		
139	P.I. 139	35+500 A		
140	P.I. 140	36+000A		
141	P.I. 141	36+280A		
142	P.I. 142	36+447 A		
143	P.I. 143	36+500A		

[redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Reaión: 11S
144	P.I. 144	36+625 A	
145	P.I. 145	37+000 A	
146	P.I. 146	37+500 A	
147	P.1. 147	37+871 A	
148	P.1. 148	38+000A	
149	P.1. 149	38+500A	
150	P.I. 150	38+836A	
151	P.I. 151	39+000 A	
152	P.1. 152	39+500 A	
153	P.1. 153	40+000A	
154	P.1. 154	40+053A	
155	P.I. 155	40+500A	
156	P.I. 156	41+000 A	
157	P.I. 157	41+427 A	
158	P.I. 158	41+500A	
159	P.I. 159	41+622 A	
160	P.I. 160	42+000A	
161	P.1. 161	42+500 A	
162	P.I. 162	43+000A	
163	P.I. 163	43+500A	
164	P.I. 164	44+000A	
165	P.I. 165	44+500 A	
166	P.I. 166	45+000 A	
167	P.I. 167	45+500 A	
168	P.I. 168	46+000 A	
169	P.I. 169	46+500A	
170	P.I. 170	47+000A	
171	P.1. 171	47+465 A	
172	P.I. 172	47+500 A	
173	P.I. 173	47+691 A	
174	P.1. 174	48+000A	
175	P.I. 175	48+500 A	
176	P.I. 176	49+000A	
177	P.I. 177	49+500A	
178	P.I. 178	50+000 A	
179	P.I. 179	50+500 A	
180	P.1. 180	51+000A	
181	P.I. 181	51+500A	
182	P.I. 182	52+000A	
183	P.I. 183	52+300A	
184	P.I. 184	52+407 A	
185	P.I. 185	52+500A	
186	P.I. 186	53+000 A	
187	P.I. 187	53+500A	
188	P.I. 188	54+000 A	
189	P.I. 189	54+332 A	
190	P.I. 190	54+411 A	
191	P.I. 191	54+500A	
192	P.I. 192	54+903.85A	
193	P.I. 193	0+000 B	
194	P.I. 194	0+005 B	
195	P.I. 195	o+ooo e	
196	P.I. 196	0+010 e	

[redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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: 11S), de la ubicación de los señalamientos del gasoducto:

Tabla 4. Coordenadas geográficas UTM de la ubicación de los señalamientos del gasoducto.

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Reglón: 11S	
			X	Y
1	P.S. 01	0+000 A	[redacted]	
2	P.S. 02	0+100 A		
3	P.S. 03	0+200 A		
4	P.S. 04	0+300 A		
5	P.S. 05	0+400 A		
6	P.S. 06	0+500 A		
7	P.S. 07	0+600 A		
8	P.S. 08	0+700 A		
9	P.S. 09	0+800 A		
10	P.S.10	0+900 A		
11	P.S. 11	1+000 A		
12	P.S. 12	1+100 A		
13	P.S. 13	1+200 A		
14	P.S.14	1+300 A		
15	P.S. 15	1+400A		
16	P.S. 16	1+500 A		
17	P.S.17	1+600 A		
18	P.S.18	1+700 A		
19	P.S.19	1+800 A		
20	P.S. 20	1+900 A		
21	P.S. 21	2+000 A		
22	P.S. 22	2+100 A		
23	P.S. 23	2+200 A		
24	P.S. 24	2+300 A		
25	P.S. 25	2+400 A		
26	P.S. 26	2+500 A		
27	P.S. 27	2+600 A		
28	P.S. 28	2+700 A		
29	P.S. 29	2+800 A		
30	P.S. 30	2+900 A		
31	P.S. 31	3+000 A		
32	P.S. 32	3+100 A		
33	P.S. 33	3+200 A		
34	P.S. 34	3+300A		

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Reglón: 11S	
			X	Y
35	P.S. 35	3+400A		
36	P.S. 36	3+500 A		
37	P.S. 37	3+600A		
38	P.S. 38	3+700 A		
39	P.S. 39	3+800A		
40	P.S. 40	3+900 A		
41	P.S. 41	4+000A		
42	P.S. 42	4+100A		
43	P.S. 43	4+200A		
44	P.S. 44	4+300A		
45	P.S. 45	4+400A		
46	P.S.46	4+500A		
47	P.S. 47	4+600A		
48	P.S. 48	4+700A		
49	P.S. 49	4+800A		
50	P.S. 50	4+900A		
51	P.S. 51	5+000A		
52	P.S. 52	5+100 A		
53	P.S. 53	5+200A		
54	P.S. 54	5+300 A		
55	P.S. 55	5+400 A		
56	P.S. 56	5+500 A		
57	P.S. 57	5+600 A		
58	P.S. 58	**5+700A**		
59	P.S. 59	5+800 A		
60	P.S. 60	5+900 A		
61	P.S. 61	6+000A		
62	P.S. 62	6+100 A		
63	P.S.63	6+200 A		
64	P.S. 64	6+300 A		
65	P.S. 65	6+400 A		
66	P.S.66	6+500A		
67	P.S. 67	6+600A		
68	P.S.68	6+700 A		
69	P.S. 69	6+800 A		
70	P.S. 70	6+900 A		
71	P.S. 71	7+000 A		
72	P.S. 72	7+100 A		
73	P.S. 73	7+200 A		
74	P.S. 74	7+300 A		

[redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 11S	
			X	y
75	P.S. 75	7+400 A		
76	P.S. 76	7+500 A		
77	P.S. 77	7+600 A		
78	P.S. 78	7+700 A		
79	P.S. 79	7+800 A		
80	P.S. 80	7+900 A		
81	P.S. 81	8+000 A		
82	P.S. 82	8+100 A		
83	P.S. 83	8+200A		
84	P.S. 84	8+300 A		
85	P.S. 85	8+400 A		
86	P.S. 86	8+500 A		
87	P.S. 87	8+600 A		
88	P.S. 88	8+700 A		
89	P.S. 89	8+800 A		
90	P.S. 90	8+900 A		
91	P.S. 91	9+000A		
92	P.S. 92	9+100 A		
93	P.S. 93	9+200 A		
94	P.S. 94	9+300 A		
95	P.S. 95	9+400 A		
96	P.S. 96	9+500 A		
97	P.S. 97	9+600 A		
98	P.S. 98	9+700A		
99	P.S. 99	9+800A		
100	P.S. 100	9+900A		
101	P.S. 101	10+000A		
102	P.S. 102	10+100A		
103	P.S. 103	10+200A		
104	P.S. 104	10+300A		
105	P.S. 105	10+400A		
106	P.S. 106	10+500 A		
107	P.S. 107	10+600A		
108	P.S. 108	10+700A		
109	P.S. 109	10+800 A		
110	P.S.110	10+900A		
111	P.S. 111	11+000 A		
112	P.S.112	11+100A		
113	P.S. 113	11+200 A		
114	P.S.114	11+300 A		

[redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 11S	
			X	y
115	P.S.115	11+400A	[redacted]	
116	P.S. 116	11+500 A		
117	P.S. 117	11+600A		
118	P.S. 118	11+700 A		
119	P.S. 119	11+800A		
120	P.S. 120	11+900 A		
121	P.S. 121	12+000A		
122	P.S. 122	12+100A		
123	P.S. 123	12+200A		
124	P.S. 124	12+300A		
125	P.S. 125	12+400A		
126	P.S. 126	12+500A		
127	P.S. 127	12+600A		
128	P.S. 128	12+700A		
129	P.S. 129	12+800A		
130	P.S. 130	12+900A		
131	P.S. 131	13+000A		
132	P.S. 132	13+100 A		
133	P.S. 133	13+200A		
134	P.S. 134	13+300A		
135	P.S. 135	13+400A		
136	P.S. 136	13+500A		
137	P.S. 137	13+600A		
138	P.S. 138	13+700A		
139	P.S. 139	13+800A		
140	P.S. 140	13+900A		
141	P.S. 141	14+000A		
142	P.S. 142	14+100A		
143	P.S. 143	14+200A		
144	P.S. 144	14+300A		
145	P.S. 145	14+400A		
146	P.S. 146	14+500A		
147	P.S. 147	14+600A		
148	P.S. 148	14+700A		
149	P.S. 149	14+800A		
150	P.S. 150	14+900A		
151	P.S. 151	15+000A		
152	P.S. 152	15+100A		
153	P.S. 153	15+200A		
154	P.S. 154	15+300A		

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 11S	
			X	Y
155	P.S. 155	15+400 A	[redacted]	
156	P.S. 156	15+500 A		
157	P.S. 157	15+600A		
158	P.S. 158	15+700A		
159	P.S. 159	15+800A		
160	P.S. 160	15+900A		
161	P.S. 161	16+000 A		
162	P.S. 162	16+100 A		
163	P.S. 163	16+200A		
164	P.S. 164	16+300A		
165	P.S. 165	16+400A		
166	P.S. 166	16+500A		
167	P.S. 167	16+600A		
168	P.S. 168	16+700A		
169	P.S. 169	16+800A		
170	P.S. 170	16+900A		
171	P.S. 171	17+000A		
172	P.S. 172	17+100 A		
173	P.S. 173	17+200A		
174	P.S. 174	17+300A		
175	P.S. 175	17+400A		
176	P.S. 176	17+500A		
177	P.S. 177	17+600A		
178	P.S. 178	17+700A		
179	P.S. 179	17+800A		
180	P.S. 180	17+900A		
181	P.S. 181	18+000A		
182	P.S. 182	18+100A		
183	P.S. 183	18+200A		
184	P.S. 184	18+300A		
185	P.S. 185	18+400A		
186	P.S. 186	18+500A		
187	P.S. 187	18+600A		
188	P.S. 188	18+700A		
189	P.S. 189	18+800A		
190	P.S. 190	18+900A		
191	P.S. 191	19+000A		
192	P.S. 192	19+100 A		
193	P.S. 193	19+200 A		
194	P.S. 194	19+300A		

[redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 11S	
			X	Y
195	P.S. 195	19+400 A	[redacted]	
196	P.S. 196	19+500 A		
197	P.S. 197	19+600 A		
198	P.S. 198	19+700 A		
199	P.S. 199	19+800 A		
200	P.S. 200	19+900 A		
201	P.S. 201	20+000 A		
202	P.S. 202	20+100 A		
203	P.S. 203	20+200 A		
204	P.S. 204	20+300 A		
205	P.S. 205	20+400 A		
206	P.S. 206	20+500 A		
207	P.S. 207	20+600 A		
208	P.S. 208	20+700 A		
209	P.S. 209	20+800 A		
210	P.S. 210	20+900 A		
211	P.S. 211	21+000 A		
212	P.S. 212	21+100 A		
213	P.S. 213	21+200 A		
214	P.S. 214	21+300 A		
215	P.S. 215	21+400 A		
216	P.S. 216	21+500 A		
217	P.S. 217	21+600 A		
218	P.S. 218	21+700 A		
219	P.S. 219	21+800 A		
220	P.S. 220	21+900 A		
221	P.S. 221	22+000 A		
222	P.S. 222	22+100 A		
223	P.S. 223	22+200 A		
224	P.S. 224	22+300 A		
225	P.S. 225	22+400 A		
226	P.S. 226	22+500 A		
227	P.S. 227	22+600 A		
228	P.S. 228	22+700 A		
229	P.S. 229	22+800 A		
230	P.S. 230	22+900 A		
231	P.S. 231	23+000 A		
232	P.S. 232	23+100 A		
233	P.S. 233	23+200 A		
234	P.S. 234	23+300 A		

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 11S	
			X	Y
235	P.S. 235	23+400 A		
236	P.S. 236	23+500 A		
237	P.S. 237	23+600 A		
238	P.S. 238	23+700 A		
239	P.S. 239	23+800 A		
240	P.S. 240	23+900 A		
241	P.S. 241	24+000 A		
242	P.S. 242	24+100 A		
243	P.S. 243	24+200 A		
244	P.S. 244	24+300 A		
245	P.S. 245	24+400 A		
246	P.S. 246	24+500 A		
247	P.S. 247	24+600 A		
248	P.S. 248	24+700 A		
249	P.S. 249	24+800 A		
250	P.S. 250	24+900 A		
251	P.S. 251	25+100 A		
252	P.S. 252	25+200 A		
253	P.S. 253	25+300 A		
254	P.S. 254	25+400 A		
255	P.S. 255	25+500 A		
256	P.S. 256	25+600 A		
257	P.S. 257	25+700 A		
258	P.S. 258	25+800 A		
259	P.S. 259	25+900 A		
260	P.S. 260	26+000 A		
261	P.S. 261	26+100 A		
262	P.S. 262	26+200 A		
263	P.S. 263	26+300 A		
264	P.S. 264	26+400 A		
265	P.S. 265	26+500 A		
266	P.S. 266	26+600 A		
267	P.S. 267	26+700 A		
268	P.S. 268	26+800 A		
269	P.S. 269	26+900 A		
270	P.S. 270	27+000 A		
271	P.S. 271	27+100 A		
272	P.S. 272	27+200 A		
273	P.S. 273	27+300 A		
274	P.S. 274	27+400 A		

[redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 11S	
			X	Y
275	P.S. 275	27+500 A	[redacted]	
276	P.S. 276	27+600 A		
277	P.S. 277	27+700 A		
278	P.S. 278	27+800 A		
279	P.S. 279	27+900 A		
280	P.S. 280	28+000 A		
281	P.S. 281	28+100 A		
282	P.S. 282	28+200 A		
283	P.S. 283	28+300 A		
284	P.S. 284	28+400 A		
285	P.S. 285	28+500 A		
286	P.S. 286	28+600 A		
287	P.S. 287	28+700 A		
288	P.S. 288	28+800 A		
289	P.S. 289	28+900 A		
290	P.S. 290	29+000 A		
291	P.S. 291	29+100 A		
292	P.S. 292	29+200 A		
293	P.S. 293	29+300 A		
294	P.S. 294	29+400 A		
295	P.S. 295	29+500 A		
296	P.S. 296	29+600 A		
297	P.S. 297	29+700 A		
298	P.S. 298	29+800 A		
299	P.S. 299	29+900 A		
300	P.S. 300	30+000 A		
301	P.S. 301	30+100 A		
302	P.S. 302	30+200 A		
303	P.S. 303	30+300 A		
304	P.S. 304	30+400 A		
305	P.S. 305	30+500 A		
306	P.S. 306	30+600 A		
307	P.S. 307	30+700 A		
308	P.S. 308	30+800 A		
309	P.S. 309	30+900 A		
310	P.S. 310	31+000 A		
311	P.S. 311	31+100 A		
312	P.S. 312	31+200 A		
313	P.S. 313	31+300 A		
314	P.S. 314	31+400 A		

[redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 11S	
			X	Y
315	P.S. 315	31+500 A	[redacted]	
316	P.S. 316	31+600 A		
317	P.S. 317	31+700 A		
318	P.S. 318	31+800 A		
319	P.S. 319	31+900 A		
320	P.S. 320	32+000 A		
321	P.S. 321	32+100 A		
322	P.S. 322	32+200 A		
323	P.S. 323	32+300 A		
324	P.S. 324	32+400 A		
325	P.S. 325	32+500 A		
326	P.S. 326	32+600 A		
327	P.S. 327	32+700 A		
328	P.S. 328	32+800 A		
329	P.S. 329	32+900 A		
330	P.S. 330	33+000 A		
331	P.S. 331	33+100 A		
332	P.S. 332	33+200 A		
333	P.S. 333	33+300 A		
334	P.S. 334	33+400 A		
335	P.S. 335	33+500 A		
336	P.S. 336	33+600 A		
337	P.S. 337	33+700 A		
338	P.S. 338	33+800 A		
339	P.S. 339	33+900 A		
340	P.S. 340	34+000 A		
341	P.S. 341	34+100 A		
342	P.S. 342	34+200 A		
343	P.S. 343	34+300 A		
344	P.S. 344	34+400 A		
345	P.S. 345	34+500 A		
346	P.S. 346	34+600 A		
347	P.S. 347	34+700 A		
348	P.S. 348	34+800 A		
349	P.S. 349	34+900 A		
350	P.S. 350	35+000 A		
351	P.S. 351	35+100 A		
352	P.S. 352	35+200 A		
353	P.S. 353	35+300 A		
354	P.S. 354	35+400 A		

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 11S	
			X	Y
355	P.S. 355	35+500 A	[redacted]	
356	P.S. 356	35+600 A		
357	P.S. 357	35+700 A		
358	P.S. 358	35+800 A		
359	P.S. 359	35+900 A		
360	P.S. 360	36+000 A		
361	P.S. 361	36+100 A		
362	P.S. 362	36+200 A		
363	P.S. 363	36+300 A		
364	P.S. 364	36+400 A		
365	P.S. 365	36+500 A		
366	P.S. 366	36+600 A		
367	P.S. 367	36+700 A		
368	P.S. 368	36+800 A		
369	P.S. 369	36+900 A		
370	P.S. 370	37+000 A		
371	P.S. 371	37+100 A		
372	P.S. 372	37+200 A		
373	P.S. 373	37+300 A		
374	P.S. 374	37+400 A		
375	P.S. 375	37+500 A		
376	P.S. 376	37+600 A		
377	P.S. 377	37+700 A		
378	P.S. 378	37+800 A		
379	P.S. 379	37+900 A		
380	P.S. 380	38+000 A		
381	P.S. 381	38+100 A		
382	P.S. 382	38+200 A		
383	P.S. 383	38+300 A		
384	P.S. 384	38+400 A		
385	P.S. 385	38+500 A		
386	P.S. 386	38+600 A		
387	P.S. 387	38+700 A		
388	P.S. 388	38+800 A		
389	P.S. 389	38+900 A		
390	P.S. 390	39+000 A		
391	P.S. 391	39+100 A		
392	P.S. 392	39+200 A		
393	P.S. 393	39+300 A		
394	P.S. 394	39+400 A		

[redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 11S	
			X	Y
395	P.S. 395	39+500 A		
396	P.S. 396	39+600 A		
397	P.S. 397	39+700 A		
398	P.S. 398	39+800 A		
399	P.S. 399	39+900 A		
400	P.S. 400	40+000 A		
401	P.S. 401	40+100 A		
402	P.S. 402	40+200 A		
403	P.S. 403	40+300 A		
404	P.S. 404	40+400 A		
405	P.S. 405	40+500 A		
406	P.S. 406	40+600 A		
407	P.S. 407	40+700 A		
408	P.S. 408	40+800 A		
409	P.S. 409	40+900 A		
410	P.S. 410	41+000 A		
411	P.S. 411	41+100 A		
412	P.S. 412	41+200 A		
413	P.S. 413	41+300 A		
414	P.S. 414	41+400 A		
415	P.S. 415	41+500 A		
416	P.S. 416	41+600 A		
417	P.S. 417	41+700 A		
418	P.S. 418	41+800 A		
419	P.S. 419	41+900 A		
420	P.S. 420	42+000 A		
421	P.S. 421	42+100 A		
422	P.S. 422	42+200 A		
423	P.S. 423	42+300 A		
424	P.S. 424	42+400 A		
425	P.S. 425	42+500 A		
426	P.S. 426	42+600 A		
427	P.S. 427	42+700 A		
428	P.S. 428	42+800 A		
429	P.S. 429	42+900 A		
430	P.S. 430	43+000 A		
431	P.S. 431	43+100 A		
432	P.S. 432	43+200 A		
433	P.S. 433	43+300 A		
434	P.S. 434	43+400 A		

[redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 11S	
			X	Y
435	P.S. 435	43+500 A		
436	P.S. 436	43+600 A		
437	P.S. 437	43+700 A		
438	P.S. 438	43+800 A		
439	P.S. 439	43+900 A		
440	P.S. 440	44+000 A		
441	P.S. 441	44+100 A		
442	P.S. 442	44+200 A		
443	P.S. 443	44+300 A		
444	P.S. 444	44+400 A		
445	P.S. 445	44+500 A		
446	P.S. 446	44+600 A		
447	P.S. 447	44+700 A		
448	P.S. 448	44+800 A		
449	P.S. 449	44+900 A		
450	P.S. 450	45+000 A		
451	P.S. 451	45+100 A		
452	P.S. 452	45+200 A		
453	P.S. 453	45+300 A		
454	P.S. 454	45+400 A		
455	P.S. 455	45+500 A		
456	P.S. 456	45+600 A		
457	P.S. 457	45+700 A		
458	P.S. 458	45+800 A		
459	P.S. 459	45+900 A		
460	P.S. 460	46+000 A		
461	P.S. 461	46+100 A		
462	P.S. 462	46+200 A		
463	P.S. 463	46+300 A		
464	P.S. 464	46+400 A		
465	P.S. 465	46+500 A		
466	P.S. 466	46+600 A		
467	P.S. 467	46+700 A		
468	P.S. 468	46+800 A		
469	P.S. 469	46+900 A		
470	P.S. 470	47+000 A		
471	P.S. 471	47+100 A		
472	P.S. 472	47+200 A		
473	P.S. 473	47+300 A		
474	P.S. 474	47+400 A		

[redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 11S	
			X	Y
475	P.S. 475	47+500 A		
476	P.S. 476	47+600 A		
477	P.S. 477	47+700 A		
478	P.S. 478	47+800 A		
479	P.S. 479	47+900 A		
480	P.S. 480	48+000 A		
481	P.S. 481	48+100 A		
482	P.S. 482	48+200 A		
483	P.S. 483	48+300 A		
484	P.S. 484	48+400 A		
485	P.S. 485	48+500 A		
486	P.S. 486	48+600 A		
487	P.S. 487	48+700 A		
488	P.S. 488	48+800 A		
489	P.S. 489	48+900 A		
490	P.S. 490	49+000 A		
491	P.S. 491	49+100 A		
492	P.S. 492	49+200 A		
493	P.S. 493	49+300 A		
494	P.S. 494	49+400 A		
495	P.S. 495	49+500 A		
496	P.S. 496	49+600 A		
497	P.S. 497	49+700 A		
498	P.S. 498	49+800 A		
499	P.S. 499	49+900 A		
500	P.S. 500	50+000 A		
501	P.S. 501	50+100 A		
502	P.S. 502	50+200 A		
503	P.S. 503	50+300 A		
504	P.S. 504	50+400 A		
505	P.S. 505	50+500 A		
506	P.S. 506	50+600 A		
507	P.S. 507	50+700 A		
508	P.S. 508	50+800 A		
509	P.S. 509	50+900 A		
510	P.S. 510	51+000 A		
511	P.S. 511	51+100 A		
512	P.S. 512	51+200 A		
513	P.S. 513	51+300 A		
514	P.S. 514	51+400 A		

[redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM Datum: WGS84 Región: 11S	
			X	Y
515	P.S. 515	51+500 A	[redacted]	
516	P.S. 516	51+600 A		
517	P.S. 517	51+700 A		
518	P.S. 518	51+800 A		
519	P.S. 519	51+900 A		
520	P.S. 520	52+000 A		
521	P.S. 521	52+100 A		
522	P.S. 522	52+200 A		
523	P.S. 523	52+300 A		
524	P.S. 524	52+400 A		
525	P.S. 525	52+500 A		
526	P.S. 526	52+600 A		
527	P.S. 527	52+700 A		
528	P.S. 528	52+800 A		
529	P.S. 529	52+900 A		
530	P.S. 530	53+000 A		
531	P.S. 531	53+100 A		
532	P.S. 532	53+200 A		
533	P.S. 533	53+300 A		
534	P.S. 534	53+400 A		
535	P.S. 535	53+500 A		
536	P.S. 536	53+600 A		
537	P.S. 537	53+700 A		
538	P.S. 538	53+800 A		
539	P.S. 539	53+900 A		
540	P.S. 540	54+000 A		
541	P.S. 541	54+100 A		
542	P.S. 542	54+200 A		
543	P.S. 543	54+300 A		
544	P.S. 544	54+400 A		
545	P.S. 545	54+500 A		
546	P.S. 546	54+600 A		
547	P.S. 547	54+700 A		
548	P.S. 548	54+800 A		

[redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

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

Para el proyecto se determinó la clase de localización, en base a lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016, su numeral 7.5. 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. Determinación de la clase de localización de la trayectoria del gasoducto.

Zonas para clasificación	Longitud de tramo (m)	Clase
ZONA 1	0+000 - 1+600	1
ZONA 2	1+600 - 3+200	1
ZONA 3	3+200 - 4+800	2
ZONA 4	4+800 - 6+400	2
ZONA 5	6+400 - 8+000	2
ZONA 6	8+000 - 9+600	2
ZONA 7	9+600 - 11+200	2
ZONA 8	11+200 - 12+800	2
ZONA 9	12+800 - 14+400	3
ZONA 10	14+400 - 16+000	2
ZONA 11	16+000 - 17+600	2
ZONA 12	17+600 - 19+200	2
ZONA 13	19+200 - 20+800	3
ZONA 14	20+800 - 22+400	3
ZONA 15	22+400 - 24+000	2
ZONA 16	24+000 - 25+600	3
ZONA 17	25+600 - 27+200	3
ZONA 18	27+200 - 28+800	3
ZONA 19	28+800 - 30+400	2
ZONA 20	30+400 - 32+000	3
ZONA 21	32+000 - 33+600	3
ZONA 22	33+600 - 35+200	3
ZONA 23	35+200 - 36+800	3
ZONA 24	36+800 - 38+400	3
ZONA 25	38+400 - 40+000	1
ZONA 26	40+000 - 41+600	3
ZONA 27	41+600 - 43+200	2
ZONA 28	43+200 - 44+800	2
ZONA 29	44+800 - 46+400	1
ZONA 30	46+400 - 48+000	2
ZONA 31	48+000 - 49+600	2
ZONA 32	49+600 - 51+200	2
ZONA 33	51+200 - 52+800	2
ZONA 34	52+800 - 54+400	2
ZONA 35	54+400 A- 54+903.85	2
ZONA 36	0+000 B - 0+005 B	3
ZONA 37	0+000 B - 0+010 B	2

En la siguiente tabla se muestra el significado de las clases de localización por donde pasará un ducto, según lo establecido en la NOM-007-ASEA-2016:

Tabla 6. Clases de localización por donde pasará un ducto, según la NOM-007-ASEA-2016

Clase de Localización	Definición
Clase de localización 1	Lugares expuestos a la actividad humana poco frecuente sin presencia humana permanente. Esta clase de localización refleja área de difícil acceso, como los desiertos y regiones de tundra.
Clase de localización 2	El área unitaria que cuenta con diez o menos construcciones ocupadas por personas y/o lugares con una densidad de población inferior a 50 habitantes por kilómetro cuadrado. Esta clase de localización refleja áreas como tierras baldías, tierras de pastoreo, tierras agrícolas y otras zonas escasamente pobladas.
Clase de localización 3	El área unitaria con más de 10 y hasta 45 construcciones ocupadas por personas y/o lugares con una densidad de población de 50 personas o más, pero menos de 250 personas por kilómetro cuadrado, con múltiples viviendas, con hoteles o edificios de oficinas donde no más de 50 personas pueden reunirse regularmente y con industrias dispersas. Esta clase de localización refleja áreas donde la densidad de población es intermedia entre la clase de localización 2 y la clase de localización 4, tales como las zonas marginales ubicadas alrededor de las ciudades y pueblos, ranchos y fincas.
Clase de localización 4	El área unitaria que cuenta con 46 construcciones más ocupadas por personas y/o lugares con una densidad poblacional de 250 personas o más por kilómetro cuadrado, excepto donde prevalezca una clase de localización 5. Esta clase de localización refleja zonas donde existan desarrollos urbanos, zonas residenciales, zonas industriales y otras áreas pobladas que no estén excluidas en la clase de localización 5.
Clase de localización 5	Cuando además de las condiciones presentadas en una clase de localización 4, prevalece alguna de las características siguientes: I. Construcciones de cuatro o más niveles incluyendo planta baja; II. Vías de comunicación con tránsito intenso masivo; e III. Instalaciones subterráneas de servicios prioritarios o estratégicos para la zona urbana.

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

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 tiene una presión de diseño de 1,440 psi (101,242 kg/cm^2) y una temperatura de diseño de 121 °C; 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 de una manera confiable y segura.
- Sistema de filtración, que impide el paso de partículas que pudieran afectar la correcta operación de los diferentes equipos e instrumentos que complementan la estación.
- Medición del caudal del gas natural de la manera requerida y precisa para fines de facturación.
- Regulación de la presión de gas natural para mantener un valor constante a la salida de la City Gate.

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

Presión máxima	**995.40 Psi**	**(69.98 Kg/cm²)**
Presión mínima	**670.00 Psi**	**(47.10 Kg/cm²)**
Presión de diseño	**1,440.00 Psi**	**(101.24 Kg/cm²)**

Presión de operación máxima a la salida de la ERM	**550**	**psi**	**(38.67 kgf/cm²).**
Presión de operación mínima a la salida de la ERM	**500**	**psi**	**(35.15 kgf/cm²).**

La EMRyC inicia con una brida de 24" (60.96 cm) de diámetro en la que se conectara la tubería proveniente de la interconexión, después se conforma por dos trenes de filtración en el cual están instalados dos filtros coalescedores que utilizarán cartuchos desechables que retienen partículas sólidas y liquidas de 0.3 micras y mayores con eficiencia de 99.99%; dichos trenes de filtración se conectan a un

cabezal del cual se derivan dos trenes de medición conformado cada uno por una placa acondicionadora de flujo y un medidor Ultrasónico, con tecnología de seis pasos los cuales estarán conectados al computador de flujo, al final de cada tren de medición se tiene una válvula de bloqueo.

Dichos trenes de medición se conectan a un cabezal en el cual inician los dos trenes de regulación en arreglo Working - Monitor. Al final de cada uno de los trenes de regulación se encuentra una válvula de bloqueo.

Los dos trenes de regulación antes mencionados se unen en un cabezal, en dicho cabezal se encuentra un carrete, en el cual se tendrán los insertos para revisar la temperatura y presión de la estación.

No se consideran válvulas de alivio debido al gran dimensionamiento de las tuberías, la alta presión que se maneja y la gran cantidad de gas que emitiría a la atmosfera creando una zona con condiciones inseguras.

Filosofía de operación y control

El gas natural entrará a la EMRyC donde se encuentra una brida de 24" de diámetro en ANSI 600, inmediatamente se encuentra una Tee por donde se encuentran los trenes de filtración donde el gas puede fluir ya sea por el tren de filtración núm. 1, o por el tren de filtración núm. 2, mismos que cuentan cada uno con la capacidad de filtrar el 100% del flujo requerido que es de 250 MMPCD. El carrete de tubería que une a estos dos trenes de filtración tendrá colocado un transmisor de presión marca Rosemount modelo 3051 y un transmisor de temperatura marca Rosemount modelo 3144 para el monitoreo de la presión y temperatura de entrada.

Al inicio de cada tren de filtración se cuenta con una válvula de esfera de 20" de diámetro, en seguida está ubicado un filtro coalescedor marca IEFSA de 20" bridado

tipo RF en ANSI 600, posteriormente se cuenta con arreglo de codos para llegar a una válvula de esfera de 20" de diámetro.

Para lograr la filtración adecuada para la operación de los equipos sensibles como los medidores ultrasónicos y los reguladores, los filtros coalescedores de la marca IEFSA modelo FF-20-4220-600ESP con conexiones de 20" de diámetro tipo RF en ANSI 600 a la entrada y a la salida, utilizarán veinte cartuchos desechables de la marca IEFSA modelo 7MGCP-152-711 que retienen las partículas sólidas y liquidas de 0.3 micras y mayores con eficiencia de 99.99%. Se cuenta además con un manómetro de presión diferencial en cada filtro para monitorear las condiciones de operación de ambos filtros coalescedores.

Con el paso del tiempo y el aumento de impurezas retenidas, el cartucho se va saturando y la caída de presión inicial comienza a ser cada vez mayor, lo cual es un indicativo de que se deben remplazar los cartuchos y en su defecto, cambiar al tren de filtración núm. 2.

Para dar mantenimiento al filtro Coalescedor del Tren de filtración núm. 1, se manipulará el juego de válvulas de 20" de diámetro en ANSI 600 para comenzar a operar con el Tren de filtración núm. 2, a fin de dejarlo fuera de operación para su revisión y/o mantenimiento. La operación será a la inversa en el caso de saturarse el Filtro del Tren núm. 2.

Al final de los trenes de filtración se encuentra un cabezal de tubería de 20" de diámetro con un manómetro testigos para poder monitorear la presión de salida de los trenes de filtración y de entrada hacia los trenes de medición, que se describirán a continuación: Están conformados inicialmente por una válvula de bola de 20" de diámetro bridada tipo RF en ANSI 600, posteriormente se coloca una reducción a 12", inmediatamente después se colocan dos bridas, entre dichas bridas se instalará una placa acondicionadora de flujo de 12" de diámetro cuya función es alinear el

flujo para el medidor de flujo tipo Ultrasónico de 12" de diámetro bridado tipo RF en ANSI 600, con generador de impulsos de alta frecuencia mismo que enviará señales (pulsos) a un computador electrónico de flujo de la marca Eagle Research; éste último calculará el flujo de gas natural que esté pasando por la City Gate.

Aguas abajo del medidor se encuentran dos insertos, el primero para un transmisor de presión marca Rosemount modelo 3051 y el segundo para la instalación de un termopozo y un transmisor de temperatura de marca Rosemount modelo 3144, dichos transmisores también estarán conectados al computador de flujo.

sacar de operación dicho tren en caso de un mal funcionamiento y/o mantenimiento. Cada medidor está diseñado para el 100% del flujo total (250 MMPCD), para que, en caso de falla o mantenimiento de algún medidor, con el otro medidor se maneje confiablemente el 100% del flujo.

Dichos trenes de medición se conectan a otro cabezal de 20" de diámetro que cuenta con un manómetro testigo para monitorear la presión a la salida de los trenes de medición.

De dicho cabezal saldrán dos trenes de regulación idénticos, con las mismas características de operación los cuales están diseñados cada uno para el 100% del flujo correspondiente a 250 MMPCD, con el fin de que, si un tren de regulación falla, el otro tren de regulación podrá manejar el 100% del flujo.

Los dos trenes de regulación, los cuales comienzan cada uno con la instalación de una válvula de bola, aguas abajo de esta válvula se encuentra una Válvula de corte automático de 12" 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 y que detecta la presión a la salida del propio tren. Después se encuentran dos reguladores en arreglo Working - Monitor, el primer regulador

(Monitor / Trabajador) cuenta con dos pilotos, el primer piloto calibrado 750 Psi y el segundo piloto calibrado a 560 psi. El segundo regulador (Trabajador) cuenta con un piloto calibrado a 550 psi, entre cada regulador se encuentra un transmisor de presión marca Rosemount modelo 3051 para monitorear la presión intermedia entre los reguladores.

Con el arreglo Working – Monitor, el primer regulador, bajará la presión en el caso de que se presente la presión máxima de entrada a la estación de 945.4 Psi a una presión intermedia para que el segundo regulador, regule a la presión normal de operación; con esto se aprovecha que, si el segundo regulador llegase a fallar, el otro tomará el control de la presión y la regulación se realizará en una sola etapa. Cuando llegase a fallar 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 del Tren de Regulación N° 1 y esta última cortará el flujo de gas por este tren dejándolo fuera de operación para poder programar su reparación.

En el supuesto caso que se presentase el escenario antes descrito, se abrirá el otro tren restante de regulación mismo que está diseñado para soportar el 100% del flujo.

Después de los trenes de regulación se encuentra un carrete de tubería de 20"en el cual se posicionan cuatro insertos de ¾" npt para la colocación de los siguientes elementos:

Insertos de ¾" npt:

- Transmisor de Temperatura
- Transmisor de presión
- Manómetro
- Desfogue.

Por último, se tiene una brida de 24" de diámetro que servirá como frontera con el gasoducto que abastecerá de gas natural al sistema de San Luis Rio Colorado.

ESTACIÓN DE MEDICIÓN, REGULACIÓN Y CONTROL 1.

Las funciones principales de ésta 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 equipos de consumo.
- Medición del caudal de gas consumido para fines de facturación.
- Regulación de la presión del gas, manteniendo un valor fijo a la salida de la ESTACIÓN DE MEDICIÓN, REGULACIÓN Y CONTROL a cualquier condición de uso del combustible.

En la **EMRyC 1** se tendrán las siguientes condiciones de operación:

Presión máxima	**800.00 Psi**	**(56.25 Kg/cm²)**
Presión mínima	**500.00 Psi**	**(35.15 Kg/cm²)**
Presión de diseño	**1,440.00 Psi**	**(101.24 Kg/cm²)**

Presión de operación máxima a la salida de la ERM 500 psi (35.15 kgf/cm²).

Presión de operación mínima a la salida de la ERM 450 psi (31.64 kgf/cm²).

Filosofía de operación y control

El gas natural entrará a la EMRyC donde se encuentra una brida de 24" de Ø ANSI 600, después por medio de una Tee puede fluir el gas ya sea por el tren N° 1 de filtración, o por el tren N°2 de filtración. Para lograr la filtración adecuada para la operación de los equipos sensibles como el medidor y los reguladores. Los filtros coalescedores con conexiones de 16" de Ø a la entrada y a la salida, utilizarán

cartuchos desechables que retienen las partículas sólidas y liquidas de 0.3 micras y mayores con eficiencia de 99.99%. Con el paso del tiempo y el aumento de impurezas retenidas, el cartucho se va saturando y la caída de presión inicial comienza a ser cada vez mayor, lo cual es un indicativo de que se debe remplazar el cartucho y en su defecto, cambiar al tren N° 2 de filtración. Se cuenta con un manómetro de presión diferencial en cada filtro coalescedor para monitorear las condiciones de operación, y se cuenta, además, antes del sistema de filtración con un manómetro testigo, para poder monitorear la presión de entrada de gas natural a la EMRyC. Para dar mantenimiento al filtro coalescedor del Tren de filtración N° 1, se manipularán las dos válvulas de 16" de Ø aguas arriba y aguas abajo del filtro, a fin de dejar fuera de operación para su revisión y/o mantenimiento y comenzar a operar con el Tren de filtración N°2. La maniobra será a la inversa en el caso de saturarse el Filtro del Tren N°2.

Inmediatamente después del tren de filtración tenemos una tee por donde se puede llevar el flujo de gas hacia los dos trenes de Medición, conformados cada uno por un medidor tipo ultrasónico de 12" de Ø bridado tipo RF en ANSI 600. Dichos trenes de medición cuentan también con válvulas de bloqueo aguas arriba y aguas abajo para seccionarlos en caso de falla o mantenimiento al medidor.

Inmediatamente después de los trenes de medición tenemos una tee por donde se puede llevar el flujo de gas hacia el tren de regulación N° 1 y el tren de regulación N°2, los cuales cuentan con la instalación de una válvula de bola aguas arriba y abajo cada uno de ellos, o se puede llevar el flujo por el By-pass tren de regulación que cuenta con una instalación de una válvula de bola con actuador tipo gas directo.

Para dar mantenimiento al Tren de regulación N° 1, se manipularán las dos válvulas de 16" de Ø aguas arriba y aguas abajo del tren de regulación N° 1, a fin de dejar fuera de operación para su revisión y/o mantenimiento y comenzar a operar con el Tren de regulación N°2. La maniobra será a la inversa en el caso de realizar trabajos

en el Tren de regulación N°2; El By-pass tren de regulación será uado en caso de no poder utilizar el tren de regulación N°1 y tren de regulación N°2.

Los trenes de regulación comienzan con la instalación de una válvula de bola; seguido se encuentra el primer regulador (regulador monitor) operado con un piloto; El piloto del regulador es utilizado para vigilar el desempeño del segundo regulador (regulador trabajador), para que en caso de falla de éste, el regulador monitor tome el control total de la presión y realice la regulación a la presión de salida del sistema para entregar el gas a la presión requerida. El tren de regulación 1 y 2 tienen la capacidad de suministro del 100% de flujo.

El Tren de Regulación No. 1 tendrá inicialmente la Válvula de corte automático (Shut-Off); que cuenta con un piloto calibrado a 510 Psi para corte por alta presión y con un piloto calibrado a 440 psi para corte por baja presión, Seguido el regulador No. 1; cuenta con un piloto (Monitor) calibrado 464.22 Psi. Seguido el segundo regulador (regulador trabajador) que cuenta con un piloto calibrado a 457.11 Psi, de tal manera, que si en el tren de regulación, por el cual está fluyendo gas llegara a fallar el segundo regulador (regulador trabajador), el regulador No. 1 tomará el control total de la presión, la regulación se realizará en una fase y a 464.22 Psi y el regulador que estaba como monitor, ahora será el trabajador. De la misma manera si llegara a fallar 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 calibrado el piloto de la Válvula de Corte Automático (Shut-Off) por alta presión y cortara el flujo de gas por el tren de regulación.

El tren de regulación No. 2 tendrá inicialmente la Válvula de corte automático (Shut-Off); que cuenta con un piloto calibrado a 520 Psi para corte por alta presión y con un piloto calibrado a 430 psi para corte por baja presión y tendrá cerrado el regulador trabajador (piloto No.2), debido a que estará detectando una presión mayor a la que esta calibrado (450.00 Psi), al momento en que el flujo se corte por alta presión en

el tren de regulación No. 1, empezará a decrecer la presión en el sistema hasta alcanzar la presión a la que esta calibrado el piloto No. 2 del tren de regulación No. 2 el cual abrirá automáticamente permitiendo el flujo de gas por este tren y así continuar con el abastecimiento de gas al cliente, a continuación se detallan las presiones a las cuales operará el tren de regulación No. 2.

El regulador No. 1 cuenta con un piloto, el piloto No. 1 calibrado a 457.11 Psi (monitor). Seguido del segundo regulador (regulador trabajador) cuenta con un piloto (piloto No.2) calibrado a 450.00 Psi, de tal manera, que si en el tren de regulación 2, por el cual está fluyendo gas llegara a fallar el segundo regulador (regulador trabajador), el regulador No. 1 tomará el control de la presión el piloto No. 2, del regulador monitor; la regulación se realizará en una fase con el regulador No. 1 bajando la presión a 457.11 Psi que es la presión a la que está calibrado el monitor, y el piloto que estaba como monitor ahora será el trabajador. De la misma manera si llegara a fallar el regulador monitor (ahora trabajador) del tren de regulación No. 2 y sobrepasara la presión a la cual está calibrado, la presión seguirá incrementándose hasta alcanzar la presión a la cual esta calibrado el piloto de la Válvula de Corte Automático (Shut-Off) por alta presión y cortara el flujo de gas por el tren de regulación para asegurar que no se tenga una sobre presión en todo el sistema.

El Tren By-pass de regulación cuenta con la instalación de una válvula de bola con actuador, la cual sensa la presión aguas arriba de la válvula para su operación. En caso de no contar con el tren de regulación N°1 y N°2 el By-pass tren de regulación tomara el control total de la presión y realizara la regulación a la presión de salida del sistema para entregar el gas a la presión requerida. El tren de regulación 1 y2, tanto como el By-pass tren de regulación tienen la capacidad de suministro del 100% de flujo.

Por último, aguas abajo del extremo recto lateral de la Tee con dirección hacia la salida de la estación se tiene un inserto que será una toma para un manómetro testigo; se dejará la preparación de una brida de 16" de Ø ANSI 600 y se colocará una junta dieléctrica del mismo diámetro para así aislar eléctricamente la EMRyC de la instalación de aprovechamiento de gas natural.

ESTACIÓN DE MEDICIÓN, REGULACIÓN Y CONTROL 2.

Las funciones principales de ésta 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 equipos de consumo.
- Medición del caudal de gas consumido para fines de facturación.
- Regulación de la presión del gas, manteniendo un valor fijo a la salida de la ESTACIÓN DE MEDICIÓN, REGULACIÓN Y CONTROL a cualquier condición de uso del combustible.

En la **EMRyC 2** se tendrán las siguientes condiciones de operación:

Presión máxima	**800.00 Psi**	**(56.24 Kg/cm²)**
Presión mínima	**500.00 Psi**	**(35.15 Kg/cm²)**
Presión de diseño	**1,440.00 Psi**	**(101.24 Kg/cm²)**

Presión de operación máxima a la salida de la ERM	**500**	**psi**	**(35.15 kgf/cm²).**
Presión de operación mínima a la salida de la ERM	**450**	**psi**	**(31.64 kgf/cm²).**

Filosofía de operación y control

El gas natural entrará a la EMRYC 2 donde se encuentra una brida de 24" de Ø ANSI 600, después por medio de una Tee puede fluir el gas ya sea por el tren N° 1

de filtración, o por el tren N°2 de filtración. Para lograr la filtración adecuada para la operación de los equipos sensibles como el medidor y los reguladores. Los filtros coalescedores con conexiones de 12" de Ø a la entrada y a la salida, utilizarán cartuchos desechables que retienen las partículas sólidas y liquidas de 0.3 micras y mayores con eficiencia de 99.99%. Con el paso del tiempo y el aumento de impurezas retenidas, el cartucho se va saturando y la caída de presión inicial comienza a ser cada vez mayor, lo cual es un indicativo de que se debe remplazar el cartucho y en su defecto, cambiar al tren N° 2 de filtración. Se cuenta con un manómetro de presión diferencial en cada filtro coalescedor para monitorear las condiciones de operación, y se cuenta, además, antes del sistema de filtración con un manómetro testigo, para poder monitorear la presión de entrada de gas natural a la EMRYC 2. Para dar mantenimiento al filtro coalescedor del Tren de filtración N° 1, se manipularán las dos válvulas de 12" de Ø aguas arriba y aguas abajo del filtro, a fin de dejar fuera de operación para su revisión y/o mantenimiento y comenzar a operar con el Tren de filtración N°2. La maniobra será a la inversa en el caso de saturarse el Filtro del Tren N°2.

Inmediatamente después del tren de filtración tenemos una tee por donde se puede llevar el flujo de gas hacia los dos trenes de Medición, conformados cada uno por un medidor tipo ultrasónico de 10" de Ø bridado tipo RF en ANSI 600. Dichos trenes de medición cuentan también con válvulas de bloqueo aguas arriba y aguas abajo para seccionarlos en caso de falla o mantenimiento al medidor.

Inmediatamente después de los trenes de medición tenemos una tee por donde se puede llevar el flujo de gas hacia el tren de regulación N° 1 o por el tren de regulación N°2, los cuales cuentan con la instalación de una válvula de bola aguas arriba y abajo cada uno de ellos.

Para dar mantenimiento al Tren de regulación N° 1, se manipularán las dos válvulas de 12" de Ø aguas arriba y aguas abajo del tren de regulación N° 1, a fin de dejar

fuera de operación para su revisión y/o mantenimiento y comenzar a operar con el Tren de regulación N°2. La maniobra será a la inversa en el caso de realizar trabajos en el Tren de regulación N°2.

Los trenes de regulación comienzan con la instalación de una válvula de bola; seguido se encuentra el primer regulador (regulador monitor) operado con un piloto; El piloto del regulador es utilizado para vigilar el desempeño del segundo regulador (regulador trabajador), para que, en caso de falla de éste, el regulador monitor tome el control total de la presión y realice la regulación a la presión de salida del sistema para entregar el gas a la presión requerida. El tren de regulación 1 y 2 tienen la capacidad de suministro del 100% de flujo.

El Tren de Regulación No. 1 tendrá inicialmente la Válvula de corte automático (Shut-Off); que cuenta con un piloto calibrado a 510 Psi para corte por alta presión y con un piloto calibrado a 440 psi para corte por baja presión, Seguido el regulador No. 1; cuenta con un piloto (Monitor) calibrado 464.22 Psi. Seguido el segundo regulador (regulador trabajador) que cuenta con un piloto calibrado a 457.11 Psi, de tal manera, que si en el tren de regulación, por el cual está fluyendo gas llegara a fallar el segundo regulador (regulador trabajador), el regulador No. 1 tomará el control total de la presión, la regulación se realizará en una fase y a 464.22 Psi y el regulador que estaba como monitor, ahora será el trabajador. De la misma manera si llegara a fallar 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 calibrado el piloto de la Válvula de Corte Automático (Shut-Off) por alta presión y cortara el flujo de gas por el tren de regulación.

El tren de regulación No. 2 tendrá inicialmente la Válvula de corte automático (Shut-Off); que cuenta con un piloto calibrado a 520 Psi para corte por alta presión y con un piloto calibrado a 430 psi para corte por baja presión y tendrá cerrado el regulador trabajador (piloto No.2), debido a que estará detectando una presión mayor a la que

esta calibrado (450.00 Psi), al momento en que el flujo se corte por alta presión en el tren de regulación No. 1, empezará a decrecer la presión en el sistema hasta alcanzar la presión a la que esta calibrado el piloto No. 2 del tren de regulación No. 2 el cual abrirá automáticamente permitiendo el flujo de gas por este tren y así continuar con el abastecimiento de gas al cliente, a continuación se detallan las presiones a las cuales operará el tren de regulación No. 2.

El regulador No. 1 cuenta con un piloto, el piloto No. 1 calibrado a 457.11 Psi (monitor). Seguido del segundo regulador (regulador trabajador) cuenta con un piloto (piloto No.2) calibrado a 450.00 Psi, de tal manera, que si en el tren de regulación 2, por el cual está fluyendo gas llegara a fallar el segundo regulador (regulador trabajador), el regulador No. 1 tomará el control de la presión el piloto No. 2, del regulador monitor; la regulación se realizará en una fase con el regulador No. 1 bajando la presión a 457.11 Psi que es la presión a la que está calibrado el monitor, y el piloto que estaba como monitor ahora será el trabajador. De la misma manera si llegara a fallar el regulador monitor (ahora trabajador) del tren de regulación No. 2 y sobrepasara la presión a la cual está calibrado, la presión seguirá incrementándose hasta alcanzar la presión a la cual esta calibrado el piloto de la Válvula de Corte Automático (Shut-Off) por alta presión y cortara el flujo de gas por el tren de regulación para asegurar que no se tenga una sobre presión en todo el sistema.

Por último, aguas abajo del extremo recto lateral de la Tee con dirección hacia la salida de la estación se tiene un inserto que será una toma para un manómetro testigo; se dejará la preparación de una brida de 12" de Ø ANSI 600 y se colocará una junta dieléctrica del mismo diámetro para así aislar eléctricamente la EMRYC 2 de la instalación de aprovechamiento de gas natural.

ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN 3

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 equipos de consumo.
- Medición del caudal de gas consumido para fines de facturación.
- Regulación de la presión del gas, manteniendo un valor fijo a la salida de la ESTACIÓN DE MEDICIÓN, REGULACIÓN Y CONTROL a cualquier condición de uso del combustible.

En la **ERM 3** se tendrán las siguientes condiciones de operación:

Presión máxima	**800.00 Psi (56.24 Kg/cm²)**
Presión mínima	**500.00 Psi (35.15 Kg/cm²)**
Presión de diseño	**1,440.00 Psi (101.24 Kg/cm²)**

Presión de operación máxima a la salida de la ERM	**99.56**	**psi**	**(7.00 kgf/cm²).**
Presión de operación mínima a la salida de la ERM	**92.45**	**psi**	**(6.5 kgf/cm²).**

Filosofía de operación y control

El gas natural entrará a la ERM donde se encuentran dos bridas de 8" de Ø ANSI 600, que entre medio tienen una junta aislante PIKOTEK para aislar eléctricamente la estación, después por medio de una Tee puede fluir el gas ya sea por el tren N° 1 de filtración, o por el tren N°2 de filtración. Para lograr la filtración adecuada para la operación de los equipos sensibles como el medidor y los reguladores. Los filtros coalescedores con conexiones de 16" de Ø a la entrada y a la salida, utilizarán cartuchos desechables que retienen las partículas sólidas y liquidas de 0.3 micras y mayores con eficiencia de 99.99%. Con el paso del tiempo y el aumento de impurezas retenidas, el cartucho se va saturando y la caída de presión inicial comienza a ser cada vez mayor, lo cual es un indicativo de que se debe remplazar el cartucho y en su defecto, cambiar al tren N° 2 de filtración. Se cuenta con un

manómetro de presión diferencial en cada filtro coalescedor para monitorear las condiciones de operación, y se cuenta, además, antes del sistema de filtración con un manómetro testigo, para poder monitorear la presión de entrada de gas natural a la ERM. Para dar mantenimiento al filtro coalescedor del Tren de filtración N° 1, se manipularán las dos válvulas de 16" de Ø aguas arriba y aguas abajo del filtro, a fin de dejar fuera de operación para su revisión y/o mantenimiento y comenzar a operar con el Tren de filtración N°2. La maniobra será a la inversa en el caso de saturarse el Filtro del Tren N°2.

Inmediatamente Después del tren de filtración se encuentra el tren de Medición 1, el cual cuenta con un medidor tipo turbina de 6" de Ø bridado tipo RF en ANSI, provisto además de placa acondicionadora de flujo y puertos para presión diferencial, estos últimos se conectarán a un Transductor de Presión Multivariable, con transmisor de temperatura, que a su vez enviaran señales a un computador electrónico de flujo modelo XARTU/1, este último calculará el flujo de gas natural que esté pasando por la ERM y por medio de un sistema de radio frecuencia se enlazara al SCADA. Dicho tren de medición cuenta también con válvulas de bloqueo aguas arriba y aguas abajo para seccionarlo en caso de falla o mantenimiento al Medidor Tipo Turbina; y aguas abajo del tren de medición cuenta con un manómetro testigo. Paralelo al tren de medición se tendrá el by pass de medición un espacio de las mismas dimensiones entre dos válvulas de bloqueo con bridas ciegas 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 Medidor Tipo Turbina, o mantenimiento al mismo se instalara de manera provisional un carrete para permitir el paso de gas a la red.

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 8" 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 (regulador monitor) operado con doble piloto, uno de estos pilotos es utilizado para vigilar el desempeño del segundo regulador (trabajador), para que, en caso de falla de éste, el regulador monitor tome el control total de la presión y realice la regulación a la presión de salida del sistema para entregar el gas a la presión requerida.

Cada tren de regulación tiene la capacidad de suministro del 100% de flujo. El Tren de Regulación N° 1 tendrá inicialmente una válvula de corte automático calibrada a 8.89 Kg/cm² (126.58 Psi) para alta presión y 3.51 Kg/cm² (50.00 Psi) para baja presión, después el regulador No.1 cuenta con dos pilotos, el piloto No. 1 calibrado 26.71 Kg/ cm² (380.00 Psi) y el No.2 calibrado a 7 Kg/cm² (99.56 Psi) (regulador monitor). Seguido del segundo regulador (regulador trabajador) que cuenta con un piloto calibrado a 6.5 Kg/cm² (92.45 Psi), de tal manera, que si en el tren de regulación, por el cual está fluyendo gas llegará a fallar el segundo regulador y/o trabajador, el regulador No.1 tomará el control total de la presión, la regulación se realizará en una fase y el regulador que estaba como monitor, ahora 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.

El tren de regulación Número 2 tendrá cerrado el regulador trabajador (piloto No.3), 2ª fase debido a que estará censando una presión mayor a la que esta calibrado (6.00 Kg/cm²), al momento de que el flujo se cortó 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. 3 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 9.39 Kg/cm² (133.69 Psi) para alta presión, por debajo de la cual estará calibrada la válvula de seguridad de la estación, y 3.51 Kg/cm² (50.00 psi) para baja presión; después el regulador No.1 cuenta con dos pilotos, el piloto No. 1 calibrado a 26.71 Kg/ cm² (380.00 Psi) y el No.2 calibrado a 6.5 Kg/cm² (92.45 Psi) primera fase monitor. Seguido del segundo regulador (regulador trabajador) cuenta con un piloto calibrado a 6.00 Kg/cm² (85.33 psi), de tal manera, que si en el tren de regulación 2 , por el cual está fluyendo gas llegará a fallar el segundo regulador y/o trabajador, el regulador No.1 tomará el control de la presión el piloto No. 2, del regulador monitor; la regulación se realizara en una fase con el regulador 1 bajando la presión a 6.5 Kg/cm² (92.45 psi) que es la presión a la que está calibrado el monitor, 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 8.40 kg/cm² (119.47 psi), si por encima de eso la presión siguiera incrementándose hasta alcanzar la presión 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 llegara a fallar el regulador segunda fase y/ó trabajador, tomará el control de la presión el regulador monitor o regulador Num. 1; la regulación se realizará en una fase con el regulador 1, y la presión bajará a 6.50 Kg/cm², 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 8.40 kg/cm² (119.47 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, esta al sensar la presión de calibración 9.39 Kg/cm² (133.69 psi) 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 una toma para un manómetro testigo, un segundo inserto para la toma de señal para la instalación de un transmisor de presión que monitoreara la presión de salida de la estación y dos más con tapón, seguido de una válvula de compuerta y por último se dejará la preparación de una brida de 10" de Ø ANSI 600 y se colocará una junta dieléctrica del mismo diámetro para así aislar eléctricamente la ERM de la instalación aguas abajo de la misma.

GASODUCTO

La tubería del gasoducto tendrá una presión de diseño de 1,440 psi y una temperatura de diseño de 121°C, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 7. Características de diseño del gasoducto

Especificaciones de la tubería	Metros Lineales	Presión de Diseño (psi)	Temperatura de Diseño (°C)
Tubería de acero al carbón con costura, de 24" de diámetro, especificación API 5L grado X70 con costura esp. 0.500".	54,913.85	1,440	121

Especificaciones de la tubería	Metros Lineales	Presión de Diseño (psi)	Temperatura de Diseño (°C)
Tubería de acero al carbón con costura, de 6" de diámetro, especificación API 5L grado X70 con costura esp. 0.280".	5	1,440	121

Capacidad de diseño del sistema 411,538.170 m^3/hr (348.80 MMPCD)

Capacidad operativa del sistema 294,967.152 m^3/hr (250.00 MMPCD)

Capacidad máxima de operación del sistema 411,538.170 m^3/hr (348.80 MMPCD)

Presión de operación máxima 500 psi (35.15 kgf/cm²).

Presión de operación mínima 400 psi (28.12 kgf/cm²).

VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO

Las válvulas de seccionamiento son de tipo esfera de acero al carbón, montada sobre muñón de paso completo y continuado, guiada, lubricable y con cuerpo de tres piezas atornillado, con conexiones bridadas tipo RF y accionadas por medio de una caja de engranes.

Los ductos deben considerar válvulas de seccionamiento para limitar el riesgo y daño ocasionado por alguna rotura del ducto, las cuales deben de proporcionar un sello seguro en ambos extremos, independientemente de la presión de la línea; así como facilitar el mantenimiento del sistema.

Las válvulas de seccionamiento se ubican en lugares de fácil acceso y protegiéndolas de daños y/o alteraciones.

Las válvulas de seccionamiento en ductos de transporte deben reunir 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

5.2.1. Materias Primas.

Para el Proyecto ***"SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL DE ACCESO ABIERTO, RAMAL SLRC"***, 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 una brida de 24" 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 la 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. 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 8. Características del Gas Natural (gasoducto).

Nombre del material	Etapa del proceso en la que se ocupa	No. CAS	Estado físico	C	R	E	T	I	B	Volumen máximo almacenado
Gas Natural	Sistema, todo el gasoducto	8006-14-2	Gas	X			X	X		579,781.48 m^3

En el **Anexo 4**, se incluye la memoria de cálculo de la capacidad máxima de almacenamiento del gasoducto.

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 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	353,666.703 kg

**Nota: Para calcular la cantidad máxima de masa almacenada, se multiplicó el dato del volumen máximo almacenado por la densidad del gas natural (0.61 kg/m3).*

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 54,918.85 metros lineales, consistiendo en un ramal principal de 24" de diámetro (54,913.85 m) y una sección de 6" de diámetro (5 m). El proyecto será ubicado en los municipios de Mexicali (Baja California Norte) y San Luis Río Colorado (Sonora). A continuación, se presenta el croquis de localización del Gasoducto:

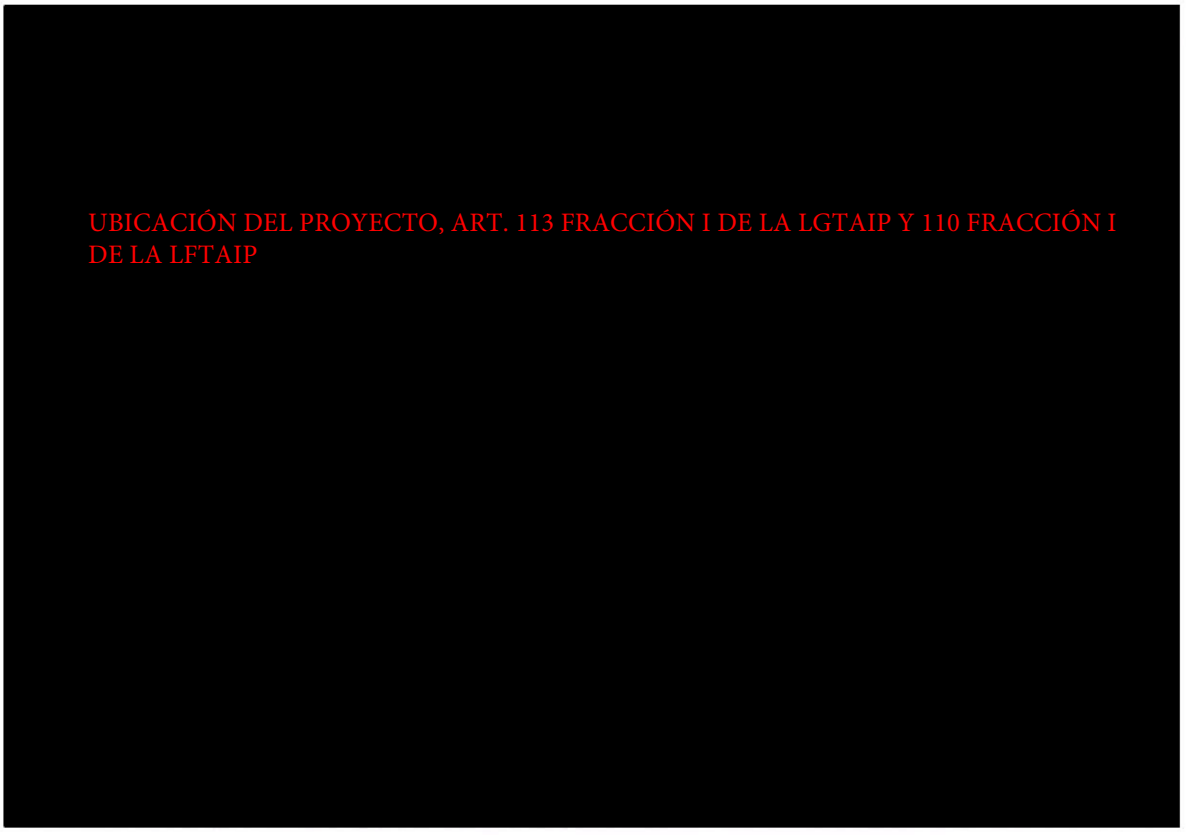


Figura 1. Croquis de localización del proyecto.

El área total que requiere la instalación del gasoducto es de 1,372,633.23 m^2, 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 10. Áreas del proyecto.

ID	USV	Área
1	Camino	127005.00
2	vegetación de desiertos arenosos (VD)	443537.41
3	Canal	8278.94
4	Bomba	1035.84
5	Carretera	3827.57
6	Sin vegetación aparente	147829.32
7	Asentamiento	11719.85
8	Línea de transmisión	1203.13
9	Agricultura	598387.01
10	Escurrimiento	10386.49

ID	USV	Área
11	Urbano construido	1076.23
12	DDV (Postes y línea de media tensión)	17320.08
13	DDV (Línea de transmisión)	1026.36
	Superficie total del proyecto	**1,372,633.23**

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.

Para la determinación de los Usos de Suelo y Vegetación presentes en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y en el 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: *Vegetación de Desiertos Arenosos, Agrícola, Matorral Desértico Micrófilo, Vegetación Halófila – Xerófila, Matorral Desértico Rosetófilo, Pastizal Cultivado, Pastizal Inducido, Bosque de Táscate, Bosque de Pino, Bosque Cultivado, Bosque Inducido, Tular, Vegetación de Galería, Acuícola y Chaparral* (Figura 1, Tabla 1); mientras que en el área del proyecto fueron: **Vegetación de Desiertos Arenosos.**

Una vez realizados los recorridos en campo y de acuerdo a la fotointerpretación realizada de las imágenes de satélite disponibles para el área mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), los usos de suelo y tipos de vegetación del polígono del proyecto se actualizan de la manera siguiente: ***Vegetación de Desiertos Arenosos***, habiéndose realizado los muestreos de flora únicamente en Pastizal Halófilo y Vegetación secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo. Para el caso de los muestreos realizados en la superficie del SAR se tomaron estos mismos tipos de vegetacion para tener un análisis estadístico comparable con el área del proyecto, aunado a esto, también se muestrearon a manera de referencia la ***Vegetación de Desiertos Arenosos*** (Figura 2, Tabla 11).

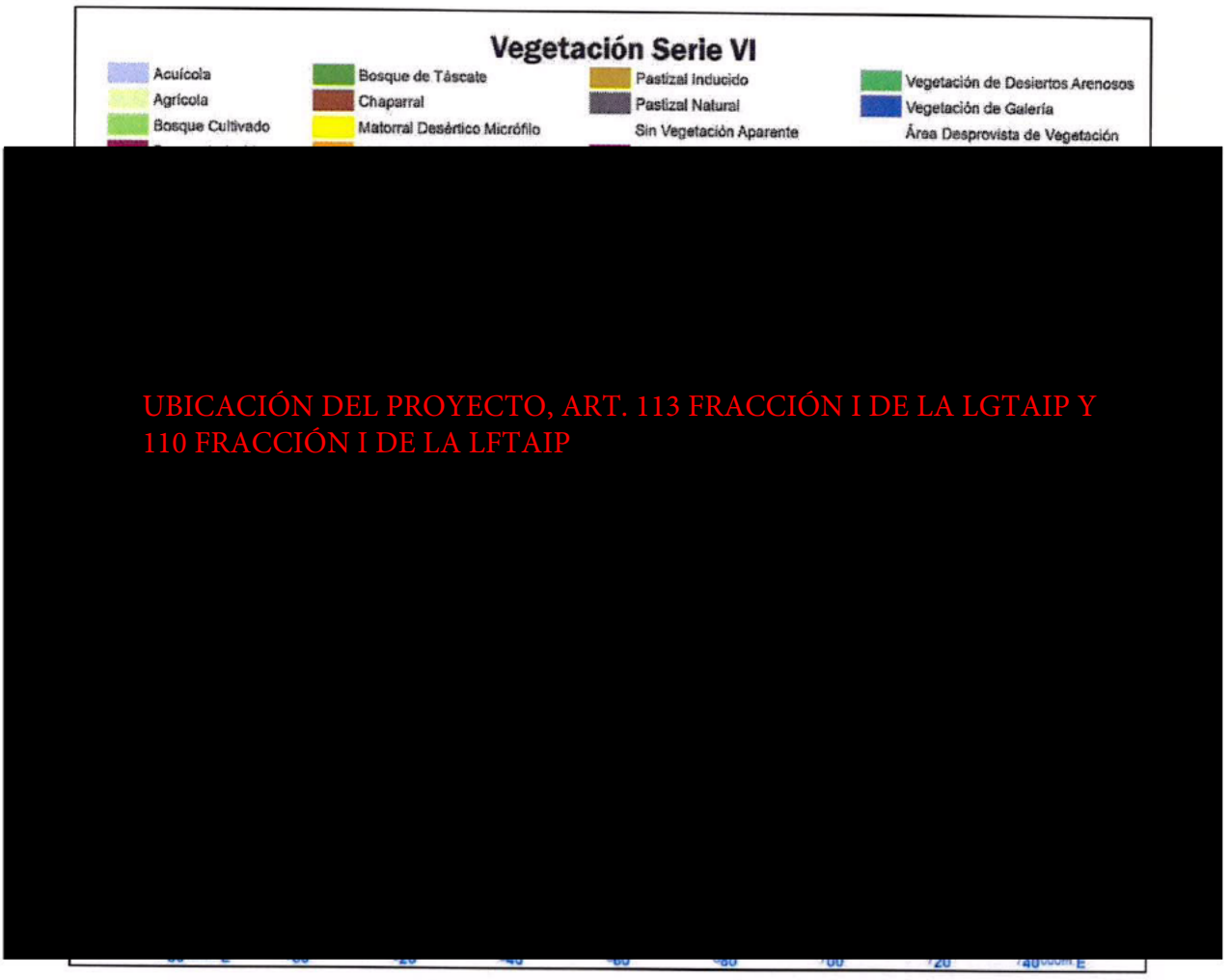


Figura 2. Tipos de vegetación de acuerdo con la Serie VI presentes en el SAR.

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



Figura 3. Usos de suelo y vegetación en el área del proyecto de acuerdo con los muestreos realizados apoyado con SIG.

Tabla 11. Usos de suelo y vegetación para el SAR según la Serie VI del INEGI (2017).

Clave	Uso de Suelo	Superficie	Superficie	
			Forestal	No Forestal
ACUI	Acuícola	1399.7702	--	1399.7702
ADV	Área Desprovista de Vegetación	40.7705	--	40.7705
AH	Urbano Construido	39999.8280	--	39999.8280
BC	Bosque Cultivado	203.8807	--	203.8807
BI	Bosque Inducido	2692.8336	--	2692.8336
BJ	Bosque de Táscate	1055.7474	1055.7474	--
BP	Bosque de Pino	19613.9133	19613.9133	--
DV	Sin Vegetación Aparente	129900.2764	--	129900.2764
H2O	Cuerpo de Agua	5858.4413	--	5858.4413
MDM	Matorral Desértico Micrófilo	117849.6700	117849.6700	--
MDR	Matorral Desértico Rosetófilo	1833.8630	1833.8630	--
ML	Chaparral	20728.2451	20728.2451	--
P/E	País Extranjero	214.3498	--	214.3498
PC	Pastizal Cultivado	47.0614	--	47.0614
PI	Pastizal Inducido	4635.8314	--	4635.8314
RA	Agricultura de Riego Anual	10112.7414	--	10112.7414
RAP	Agricultura de Riego Anual y Permanente	2441.2429	--	2441.2429
RAS	Agricultura de Riego Anual y Semipermanente	254905.0274	--	254905.0274
RP	Agricultura de Riego Permanente	1706.9033	--	1706.9033
TA	Agricultura de Temporal Anual	197.1607	--	197.1607
VD	Vegetación de Desiertos Arenosos	119784.3063	119784.3063	--
VG	Vegetación de Galería	2154.5749	2154.5749	--
VH	Vegetación Halófila - Xerófila	18760.6794	18760.6794	--
VHH	Vegetación Halófila - Hidrófila	36483.3669	36483.3669	--
VSa/BJ	Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Táscate	4776.0685	4776.0685	--
VSa/BP	Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Pino	1986.3869	1986.3869	--
VSa/MDM	Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo	2720.2346	2720.2346	--
VSa/VD	Vegetación Secundaria Arbustiva de Vegetación de Desiertos Arenosos	19734.5275	19734.5275	--
VSa/VH	Vegetación Secundaria Arbustiva de Vegetación Halófila - Xerófila	11202.1495	11202.1495	--
VSa/VHH	Vegetación Secundaria Arbustiva de Vegetación Halófila - Hidrófila	5113.8043	5113.8043	--
VSh/MDM	Vegetación Secundaria Herbácea de Matorral Desértico Micrófilo	1267.3504	1267.3504	--
VT	Tular	2326.3459	--	2326.3459
Subtotal		**841747.3527**	**385064.8879**	**456682.4649**
Porcentaje (%)			**45.75**	**54.25**
Total			**841747.3527**	

Tabla 12. Usos de suelo y vegetación actualizado para el Área del Proyecto según recorridos de campo, con apoyo de SIG.

Clave	Uso de Suelo	Superficie (ha)	Forestal (CUS)	No Forestal
VD	Vegetación de desiertos arenosos	44.353741	44.353741	--
Total, Superficie (ha)		**44.353741**	**44.353741**	**0**
Porcentaje (%)			**100**	**0**

Resultados del muestreo del Sistema Ambiental Regional (SAR).

Análisis de la Vegetación Desiertos Arenosos.

Listado de especies: La siguiente tabla presenta inicialmente el listado de flora registrada en el muestreo del Sistema Ambiental Regional:

Tabla 13. Listado de la flora registrada en el muestreo del SAR, incluyendo su estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Nombre Común	Nombre Científico	Tipo de Distribución	CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres).	NOM-059-SEMARNAT-2010	Estrato
Abrojo de flor amarilla	*Tribulus terrestris*	Exótica	No Listado	No Listado	Herbáceo
Adonis	*Mentzelia multiflora*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Aguja española	*Palafoxia arida*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Borrego Milkvetch	*Astragalus lentiginosus*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Caliandra	*Dalea mollis*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Candelilla bronca	*Asclepias subulata*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Canutillo	*Ephedra aspera*	Nativo	No Listado	No Listado	Arbustivo
Cardo ruso	*Salsola tragus*	Exótica-Invasora	No Listado	No Listado	Herbáceo
Cenizo	*Psorothamnus emoryi*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Chamizo	*Atriplex canescens*	Nativo	No Listado	No Listado	Arbustivo
Cola de Zorra	*Ephedra trifurca*	Nativo	No Listado	No Listado	Arbustivo
Gobernadora	*Larrea tridentata*	Nativo	No Listado	No Listado	Arbustivo
Guisante morado	*Astragalus magdalenae*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Hierba del burro	*Ambrosia dumosa*	Nativo	No Listado	No Listado	Arbustivo
Hoja de abanico	*Tiquilia plicata*	Nativo	No Listado	No Listado	Arbustivo
Insectos gemelos del desierto	*Dicoria canescens*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Lirio del desierto	*Hesperocallis undulata*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Nomeolvides	*Cryptantha angustifolia*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Onagra café	*Chylismia claviformis*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Trigo indio del desierto	*Plantago ovata*	Exótica	No Listado	No Listado	Herbáceo
Verbena de desierto	*Abronia villosa*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo

Índices de diversidad por estrato. A partir de la Tabla 14 se presentan los resultados obtenidos para el índice de Shannon-Wiener, índice de Equidad y el índice de Diversidad Máxima por estrato vegetal en el inventario realizado en la vegetación del SAR (arbustivo, herbáceo).

Nota: Para cada uno de los estratos que se presentan a continuación, se utilizó la siguiente simbología: *1.- PI: Número de individuos por especies dividido entre la suma total de individuos. 2.- LN: Logaritmo natural. 3.- Ind: Individuos.*

Tabla 14. Índices de diversidad calculados para el estrato arbustivo en el muestreo realizado en el SAR.

Estrato Arbustivo								
Nombre Común	**Nombre Científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**No. de Ind.**	**PI**	**LN**	**(Pi) (LN Pi)**	**Índice de Shannon**	**Índice de Equitatividad**
Canutillo	*Ephedra aspera*	No Listado	4	0.0012	-6.7280	-0.0081	0.0081	0.0045
Chamizo	*Atriplex canescens*	No Listado	45	0.0135	-4.3077	-0.0580	0.0580	0.0324
Cola de Zorra	*Ephedra trifurca*	No Listado	20	0.0060	-5.1186	-0.0306	0.0306	0.0171
Gobernadora	*Larrea tridentata*	No Listado	371	0.1110	-2.1981	-0.2440	0.2440	0.1362
Hierba del burro	*Ambrosia dumosa*	No Listado	553	0.1655	-1.7990	-0.2977	0.2977	0.1661
Hoja de abanico	*Tiquilia plicata*	No Listado	2349	0.7029	-0.3526	-0.2478	0.2478	0.1383
			3342	**1.00**			**0.8862**	**0.4946**
				Índice de Diversidad Máxima				**1.7918**

Tabla 15. Índices de diversidad calculados para el estrato herbáceo en el muestreo realizado en el SAR.

Estrato Herbáceo								
Nombre Común	**Nombre Científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**No. de Ind.**	**PI**	**LN**	**(Pi) (LN Pi)**	**Índice de Shannon**	**Índice de Equitatividad**
Abrojo de flor amarilla	*Tribulus terrestris*	No Listado	32	0.0037	-5.5905	-0.0209	0.0209	0.0077
Adonis	*Mentzelia multiflora*	No Listado	8	0.0009	-6.9768	-0.0065	0.0065	0.0024
Aguja española	*Palafoxia arida*	No Listado	1059	0.1235	-2.0912	-0.2583	0.2583	0.0954
Borrego Milkvetch	*Astragalus lentiginosus*	No Listado	86	0.0100	-4.6019	-0.0462	0.0462	0.0170
Caliandra	*Dalea mollis*	No Listado	31	0.0036	-5.6223	-0.0203	0.0203	0.0075
Candelilla bronca	*Asclepias subulata*	No Listado	83	0.0097	-4.6374	-0.0449	0.0449	0.0166
Cardo ruso	*Salsola tragus*	No Listado	80	0.0093	-4.6742	-0.0436	0.0436	0.0161
Cenizo	*Psorothamnus emoryi*	No Listado	117	0.0136	-4.2941	-0.0586	0.0586	0.0216
Guisante morado	*Astragalus magdalenae*	No Listado	105	0.0122	-4.4023	-0.0539	0.0539	0.0199
Insectos gemelos del desierto	*Dicoria canescens*	No Listado	1136	0.1325	-2.0210	-0.2678	0.2678	0.0989
Lirio del desierto	*Hesperocallis undulata*	No Listado	1	0.0001	-9.0563	-0.0011	0.0011	0.0004
Nomeolvides	*Cryptantha angustifolia*	No Listado	3729	0.4350	-0.8324	-0.3621	0.3621	0.1337

Estrato Herbáceo								
Nombre Común	**Nombre Científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**No. de Ind.**	**PI**	**LN**	**(Pi) (LN Pi)**	**Índice de Shannon**	**Índice de Equitatividad**
Onagra café	*Chylismia claviformis*	No Listado	158	0.0184	-3.9937	-0.0736	0.0736	0.0272
Trigo indio del desierto	*Plantago ovata*	No Listado	1729	0.2017	-1.6010	-0.3229	0.3229	0.1192
Verbena de desierto	*Abronia villosa*	No Listado	218	0.0254	-3.6718	-0.0934	0.0934	0.0345
			8572	**1.00**			**1.6742**	**0.6182**
				Índice de Diversidad Máxima				**2.7081**

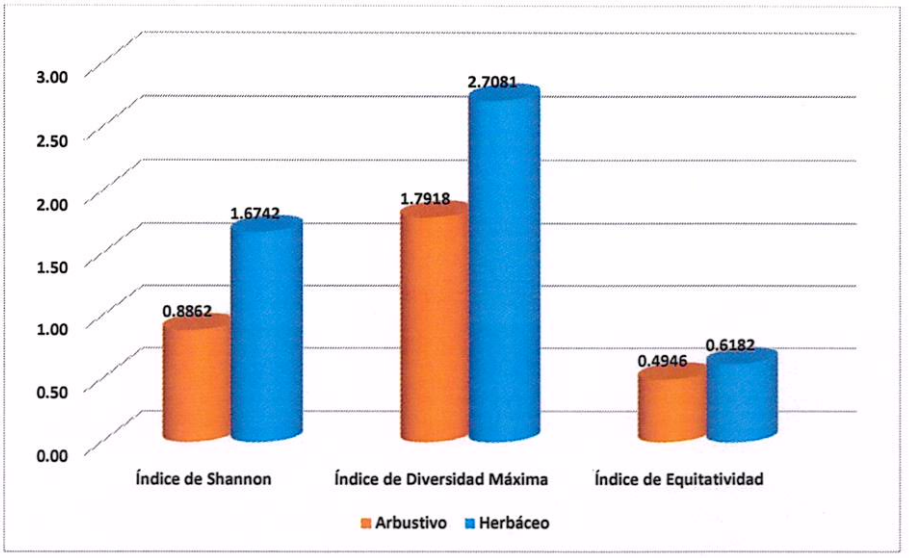


Figura 4. Índices de diversidad calculados por estrato en el muestreo realizado en el Sistema Ambiental Regional.

Tabla 16. Concentrado de especies identificadas en el muestreo realizado en la superficie del SAR, incluyendo número de individuos, abundancia, dominancia y frecuencia relativos, además del Índice de Valor de Importancia (IVI), Abundancia proporcional de la especie (Pi), Logaritmo natural (LN), Índice de Shannon e Índice de Equitatividad (E).

Nombre Común	Nombre Científico	Número de Individuos	Abundancia Relativa	Dominancia Relativa	Frecuencia Relativa	I.V.I.	Pi	LN	(Pi)(LNPi)	Índice de Shannon	Índice de Equitatividad
Abrojo de flor amarilla	*Tribulus terrestris*	32	0.2686	0.0140	0.3205	0.6032	0.0027	-5.9197	-0.0159	0.0159	0.0052
Adonis	*Mentzelia multiflora*	8	0.0671	0.0047	0.3205	0.3924	0.0007	-7.3060	-0.0049	0.0049	0.0016
Aguja española	*Palafoxia arida*	1059	8.8887	3.3213	15.0640	27.2740	0.0889	-2.4204	-0.2151	0.2151	0.0707
Borrego Milkvetch	*Astragalus lentiginosus*	86	0.7218	0.0276	1.9231	2.6725	0.0072	-4.9311	-0.0356	0.0356	0.0117
Caliandra	*Dalea mollis*	31	0.2602	0.0183	0.3205	0.5990	0.0026	-5.9515	-0.0155	0.0155	0.0051
Candelilla bronca	*Asclepias subulata*	83	0.6967	2.6968	3.2051	6.5986	0.0070	-4.9666	-0.0346	0.0346	0.0114
Canutillo	*Ephedra aspera*	4	0.0336	0.0621	0.3205	0.4162	0.0003	-7.9992	-0.0027	0.0027	0.0009
Cardo ruso	*Salsola tragus*	80	0.6715	1.9817	1.9231	4.5762	0.0067	-5.0034	-0.0336	0.0336	0.0110
Cenizo	*Psorothamnus emoryi*	117	0.9820	0.1756	0.6410	1.7987	0.0098	-4.6233	-0.0454	0.0454	0.0149
Chamizo	*Atriplex canescens*	45	0.3777	2.6552	0.9615	3.9945	0.0038	-5.5788	-0.0211	0.0211	0.0069
Cola de Zorra	*Ephedra trifurca*	20	0.1679	1.5172	1.6026	3.2876	0.0017	-6.3897	-0.0107	0.0107	0.0035
Gobernadora	*Larrea tridentata*	371	3.1140	58.8457	18.2691	80.2288	0.0311	-3.4693	-0.1080	0.1080	0.0355
Guisante morado	*Astragalus magdalenae*	105	0.8813	0.1978	3.8461	4.9253	0.0088	-4.7315	-0.0417	0.0417	0.0137
Hierba del burro	*Ambrosia dumosa*	553	4.6416	5.7007	8.9743	19.3166	0.0464	-3.0701	-0.1425	0.1425	0.0468
Hoja de abanico	*Tiquilia plicata*	2349	19.7163	5.7596	12.8204	38.2964	0.1972	-1.6237	-0.3201	0.3201	0.1052
Insectos gemelos del desierto	*Dicoria canescens*	1136	9.5350	13.7761	3.8461	27.1572	0.0954	-2.3502	-0.2241	0.2241	0.0736
Lirio del desierto	*Hesperocallis undulata*	1	0.0084	0.0062	0.3205	0.3351	0.0001	-9.3855	-0.0008	0.0008	0.0003
Nomeolvides	*Cryptantha angustifolia*	3729	31.2993	2.1594	15.7050	49.1637	0.3130	-1.1616	-0.3636	0.3636	0.1194
Onagra café	*Chylismia claviformis*	158	1.3262	0.0477	1.6026	2.9764	0.0133	-4.3229	-0.0573	0.0573	0.0188
Trigo indio del desierto	*Plantago ovata*	1729	14.5123	0.6175	4.1666	19.2965	0.1451	-1.9302	-0.2801	0.2801	0.0920
Verbena de desierto	*Abronia villosa*	218	1.8298	0.4146	3.8461	6.0905	0.0183	-4.0010	-0.0732	0.0732	0.0240
		11914	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**	**1.00**			**2.0466**	**0.6722**
								Índice de Diversidad Máxima			**3.0445**

Análisis del Índice de Shannon en el SAR.

De acuerdo con la división de las especies registradas por estrato, tomando como base la clasificación señalada en literatura, en la que 0 es el valor más bajo y 5 es el valor más alto (Tabla 17), para el estrato arbustivo se presentaron 3342 Individuos en seis especies y un índice de diversidad estimado de 0.8862, el estrato arbustivo puede ser clasificado como de baja diversidad, con *Ambrosia dumosa* como la especie de mayor distribución; por otra parte, en el estrato herbáceo se registraron un total de 8572 individuos distribuidos en 15 especies, dando como resultado un índice de diversidad de 1.6742, clasificado también como de baja diversidad, con *Cryptantha angustifolia* como la especie con mayor distribución.

Tabla 17. Valores de Clasificación de la diversidad de Shannon.

Valores de Clasificación de Shannon										
Clasificación	**Valores**									
Baja	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
Baja - Media	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9
Media	3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9
Media - Alta	4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9
Alta	5									

Los resultados obtenidos para los grupos de las arbustivas y herbáceas presentan una homogeneidad entre las especies presentes en la superficie evaluada de la SAR. Para la evaluación realizada en la vegetación de la superficie del SAR ésta presenta un Índice de Diversidad el **ID= 2.0466** lo que podría ser clasificado como de diversidad media.

Análisis del Índice de IVI por estrato vegetativo.

Índice de valor de importancia. De acuerdo con los resultados obtenidos en las siguientes Tablas, *Larrea tridentata* es la especie con mayor valor de importancia en el estrato arbustivo, *Cryptantha angustifolia* en el estrato herbáceo, razón por la

cual se concluye que dichas especies son las que proporcionan la estructura de le vegetación en el SAR.

Tabla 18. Valor de importancia calculado para las especies de flora agrupadas en el estrato arbustivo de la SAR.

Estrato Arbustivo					
Nombre Común	**Nombre Científico**	**Abundancia Relativa**	**Dominancia Relativa**	**Frecuencia Relativa**	**I.V.I.**
Canutillo	*Ephedra aspera*	0.1197	0.0833	0.7463	0.9493
Chamizo	*Atriplex canescens*	1.3465	3.5621	2.2388	7.1474
Cola de Zorra	*Ephedra trifurca*	0.5984	2.0354	3.7313	6.3652
Gobernadora	*Larrea tridentata*	11.1011	78.9445	42.5374	132.5830
Hierba del burro	*Ambrosia dumosa*	16.5470	7.6478	20.8956	45.0903
Hoja de abanico	*Tiquilia plicata*	70.2873	7.7268	29.8508	107.8649
		100.00	**100.00**	**100.00**	**300.00**

Tabla 19. Valor de importancia calculado para las especies de flora agrupadas en el estrato herbáceo de la SAR.

Estrato Herbáceo					
Nombre Común	**Nombre Científico**	**Abundancia Relativa**	**Dominancia Relativa**	**Frecuencia Relativa**	**I.V.I.**
Abrojo de flor amarilla	*Tribulus terrestris*	0.3733	0.0552	0.5618	0.9903
Adonis	*Mentzelia multiflora*	0.0933	0.0186	0.5618	0.6737
Aguja española	*Palafoxia arida*	12.3542	13.0455	26.4042	51.8039
Borrego Milkvetch	*Astragalus lentiginosus*	1.0033	0.1085	3.3707	4.4826
Caliandra	*Dalea mollis*	0.3616	0.0720	0.5618	0.9955
Candelilla bronca	*Asclepias subulata*	0.9683	10.5925	5.6179	17.1787
Cardo ruso	*Salsola tragus*	0.9333	7.7836	3.3707	12.0876
Cenizo	*Psorothamnus emoryi*	1.3649	0.6898	1.1236	3.1783
Guisante morado	*Astragalus magdalenae*	1.2249	0.7770	6.7415	8.7435
Insectos gemelos del desierto	*Dicoria canescens*	13.2524	54.1099	6.7415	74.1039
Lirio del desierto	*Hesperocallis undulata*	0.0117	0.0244	0.5618	0.5979
Nomeolvides	*Cryptantha angustifolia*	43.5021	8.4817	27.5278	79.5116
Onagra café	*Chylismia claviformis*	1.8432	0.1873	2.8090	4.8394
Trigo indio del desierto	*Plantago ovata*	20.1703	2.4256	7.3033	29.8992
Verbena de desierto	*Abronia villosa*	2.5432	1.6284	6.7415	10.9130
		100.00	**100.00**	**100.00**	**300.00**

Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especies listadas en la Norma oficial: Durante el inventario establecido para caracterizar la vegetación existente en el SAR, no se registraron especies de flora listadas en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Resultados del muestreo en el área de CUS.

Listado de especies: La siguiente tabla presenta inicialmente el listado de flora registrada en el muestreo de la vegetación presente en la superficie sujeta a cambio de uso de suelo.

Tabla 20. Listado de la flora registrada en el muestreo en la superficie sujeta a cambio de uso de suelo, incluyendo su estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Nombre Común	Nombre Científico	Tipo de Distribución	CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres).	NOM-059-SEMARNAT-2010	Estrato
Abrojo de flor amarilla	*Tribulus terrestris*	Exótica	No Listado	No Listado	Herbáceo
Adonis	*Mentzelia multiflora*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Aguja española	*Palafoxia arida*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Borrego Milkvetch	*Astragalus lentiginosus*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Candelilla bronca	*Asclepias subulata*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Canutillo	*Ephedra aspera*	Nativo	No Listado	No Listado	Arbustivo
Cardo ruso	*Salsola tragus*	Exótica-Invasora	No Listado	No Listado	Herbáceo
Chamizo	*Atriplex canescens*	Nativo	No Listado	No Listado	Arbustivo
Cola de Zorra	*Ephedra trifurca*	Nativo	No Listado	No Listado	Arbustivo
Gobernadora	*Larrea tridentata*	Nativo	No Listado	No Listado	Arbustivo
Guisante morado	*Astragalus magdalenae*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Hierba del burro	*Ambrosia dumosa*	Nativo	No Listado	No Listado	Arbustivo
Hoja de abanico	*Tiquilia plicata*	Nativo	No Listado	No Listado	Arbustivo
Insectos gemelos del desierto	*Dicoria canescens*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Lirio del desierto	*Hesperocallis undulata*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Mezquite terciopelo	*Prosopis velutina*	Nativo	No Listado	No Listado	Arbóreo
Nomeolvides	*Cryptantha angustifolia*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Onagra café	*Chylismia claviformis*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Pulpo	*Cryptantha sp*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo
Verbena de desierto	*Abronia villosa*	Nativo	No Listado	No Listado	Herbáceo

Índices de diversidad por estrato. A partir de la Tabla 21 se presentan los resultados obtenidos para el índice de Shannon-Wiener, índice de Equidad y el índice de Diversidad Máxima por estrato vegetal en el inventario realizado en la vegetación de la superficie de cambio de uso de suelo (arbóreo, arbustivo, herbáceas, grupo de bromelias, grupo de epífitas y grupo de las cactáceas). De igual manera, en la Tabla 24 se presenta el concentrado de dichos datos sin hacer distinción por estratos de vegetación.

Nota: Para cada uno de los estratos que se presentan a continuación se utilizó la siguiente simbología: *1.- PI: Número de individuos por especies dividido entre la suma total de individuos. 2.- LN: Logaritmo natural. 3.- Ind: Individuos.*

Tabla 21. Índices de diversidad calculados para el estrato arbóreo en el muestreo realizado en la superficie del CUS.

Estrato Arbóreo								
Nombre Común	**Nombre Científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**No. de Ind.**	**PI**	**LN**	**(Pi) (LN Pi)**	**Índice de Shannon**	**Índice de Equitatividad**
Mezquite terciopelo	*Prosopis velutina*	No Listado	1	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
			1	**1.00**	**0.00**	**0.00**	**0.0000**	**0.0000**
				Índice de Diversidad Máxima				**0.0000**

Tabla 22. Índices de diversidad calculados para el estrato arbustivo en el muestreo realizado en la superficie del CUS.

Estrato Arbustivo								
Nombre Común	**Nombre Científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**No. de Ind.**	**PI**	**LN**	**(Pi) (LN Pi)**	**Índice de Shannon**	**Índice de Equitatividad**
Canutillo	*Ephedra aspera*	No Listado	8	0.0033	-5.7009	-0.0191	0.0191	0.0106
Chamizo	*Atriplex canescens*	No Listado	1	0.0004	-7.7803	-0.0033	0.0033	0.0018
Cola de Zorra	*Ephedra trifurca*	No Listado	2	0.0008	-7.0872	-0.0059	0.0059	0.0033
Gobernadora	*Larrea tridentata*	No Listado	189	0.0790	-2.5386	-0.2005	0.2005	0.1119
Hierba del burro	*Ambrosia dumosa*	No Listado	483	0.2018	-1.6003	-0.3230	0.3230	0.1803
Hoja de abanico	*Tiquilia plicata*	No Listado	1710	0.7146	-0.3361	-0.2401	0.2401	0.1340
			2393	**1.00**			**0.7919**	**0.4419**
				Índice de Diversidad Máxima				**1.7918**

Tabla 23. Índices de diversidad calculados para el estrato herbáceo en el muestreo realizado en la superficie del CUS.

Estrato Herbáceo								
Nombre Común	**Nombre Científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**No. de Ind.**	**PI**	**LN**	**(Pi) (LN Pi)**	**Índice de Shannon**	**Índice de Equitatividad**
Abrojo de flor amarilla	*Tribulus terrestris*	No Listado	121	0.0141	-4.2603	-0.0601	0.0601	0.0234
Adonis	*Mentzelia multiflora*	No Listado	93	0.0109	-4.5235	-0.0491	0.0491	0.0191
Aguja española	*Palafoxia arida*	No Listado	734	0.0856	-2.4576	-0.2105	0.2105	0.0821
Borrego Milkvetch	*Astragalus lentiginosus*	No Listado	204	0.0238	-3.7380	-0.0890	0.0890	0.0347
Candelilla bronca	*Asclepias subulata*	No Listado	199	0.0232	-3.7628	-0.0874	0.0874	0.0341

Estrato Herbáceo								
Nombre Común	**Nombre Científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**No. de Ind.**	**PI**	**LN**	**(Pi) (LN Pi)**	**Índice de Shannon**	**Índice de Equitatividad**
Cardo ruso	*Salsola tragus*	No Listado	16	0.0019	-6.2836	-0.0117	0.0117	0.0046
Guisante morado	*Astragalus magdalenae*	No Listado	35	0.0041	-5.5008	-0.0225	0.0225	0.0088
Insectos gemelos del desierto	*Dicoria canescens*	No Listado	567	0.0662	-2.7158	-0.1797	0.1797	0.0700
Lirio del desierto	*Hesperocallis undulata*	No Listado	6	0.0007	-7.2644	-0.0051	0.0051	0.0020
Nomeolvides	*Cryptantha angustifolia*	No Listado	3073	0.3585	-1.0257	-0.3678	0.3678	0.1434
Onagra café	*Chylismia claviformis*	No Listado	644	0.0751	-2.5884	-0.1945	0.1945	0.0758
Pulpo	*Cryptantha sp*	No Listado	1968	0.2296	-1.4714	-0.3378	0.3378	0.1317
Verbena de desierto	*Abronia villosa*	No Listado	911	0.1063	-2.2416	-0.2383	0.2383	0.0929
			8571	**1.00**			**1.8533**	**0.7226**
				Índice de Diversidad Máxima				**2.5649**

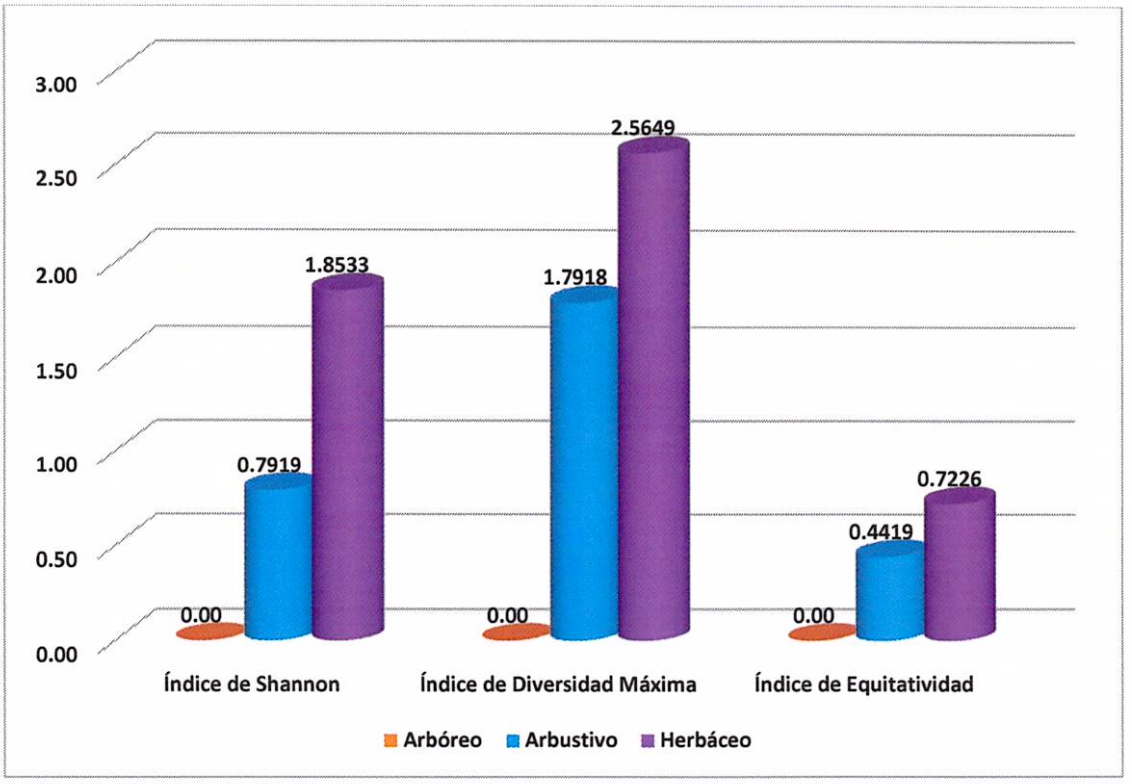


Figura 5. Índices de diversidad calculados por estrato en el muestreo realizado en la superficie sujeta a CUS.

Tabla 24. Concentrado de especies identificadas en el muestreo realizado en la superficie de cambio de uso de suelo, incluyendo número de individuos, abundancia, dominancia y frecuencia relativos, además del Índice de Valor de Importancia (IVI), Abundancia proporcional de la especie (Pi), Logaritmo natural (LN), Índice de Shannon e Índice de Equitatividad (E).

Nombre Común	Nombre Científico	Número de Individuos	Abundancia Relativa	Dominancia Relativa	Frecuencia Relativa	I.V.I.	Pi	LN	(Pi)(LNPi)	Índice de Shannon	Índice de Equitatividad
Abrojo de flor amarilla	*Tribulus terrestris*	121	1.1035	0.1147	0.9375	2.1558	0.0110	-4.5067	-0.0497	0.0497	0.0166
Adonis	*Mentzelia multiflora*	93	0.8482	0.0520	1.5625	2.4626	0.0085	-4.7699	-0.0405	0.0405	0.0135
Aguja española	*Palafoxia arida*	734	6.6940	1.3246	11.8750	19.8935	0.0669	-2.7040	-0.1810	0.1810	0.0604
Borrego Milkvetch	*Astragalus lentiginosus*	204	1.8605	0.1613	3.7500	5.7718	0.0186	-3.9843	-0.0741	0.0741	0.0247
Candelilla bronca	*Asclepias subulata*	199	1.8149	7.5642	3.4375	12.8166	0.0181	-4.0092	-0.0728	0.0728	0.0243
Canutillo	*Ephedra aspera*	8	0.0730	0.4272	1.2500	1.7502	0.0007	-7.2230	-0.0053	0.0053	0.0018
Cardo ruso	*Salsola tragus*	16	0.1459	0.2133	1.2500	1.6092	0.0015	-6.5299	-0.0095	0.0095	0.0032
Chamizo	*Atriplex canescens*	1	0.0091	0.2194	0.3125	0.5410	0.0001	-9.3025	-0.0008	0.0008	0.0003
Cola de Zorra	*Ephedra trifurca*	2	0.0182	0.4740	0.6250	1.1173	0.0002	-8.6093	-0.0016	0.0016	0.0005
Gobernadora	*Larrea tridentata*	189	1.7237	55.8352	16.5624	74.1214	0.0172	-4.0607	-0.0700	0.0700	0.0234
Guisante morado	*Astragalus magdalenae*	35	0.3192	0.0315	0.9375	1.2882	0.0032	-5.7471	-0.0183	0.0183	0.0061
Hierba del burro	*Ambrosia dumosa*	483	4.4049	4.5732	7.1875	16.1656	0.0440	-3.1224	-0.1375	0.1375	0.0459
Hoja de abanico	*Tiquilia plicata*	1710	15.5951	3.0051	11.8750	30.4751	0.1560	-1.8582	-0.2898	0.2898	0.0967
Insectos gemelos del desierto	*Dicoria canescens*	567	5.1710	13.3281	4.0625	22.5616	0.0517	-2.9621	-0.1532	0.1532	0.0511
Lirio del desierto	*Hesperocallis undulata*	6	0.0547	0.0156	0.9375	1.0078	0.0005	-7.5107	-0.0041	0.0041	0.0014
Mezquite terciopelo	*Prosopis velutina*	1	0.0091	1.6129	0.3125	1.9345	0.0001	-9.3025	-0.0008	0.0008	0.0003
Nomeolvides	*Cryptantha angustifolia*	3073	28.0255	8.8208	16.2499	53.0962	0.2803	-1.2721	-0.3565	0.3565	0.1190
Onagra café	*Chylismia claviformis*	644	5.8732	0.2246	5.0000	11.0978	0.0587	-2.8348	-0.1665	0.1665	0.0556
Pulpo	*Cryptantha sp*	1968	17.9480	0.2741	4.3750	22.5971	0.1795	-1.7177	-0.3083	0.3083	0.1029
Verbena de desierto	*Abronia villosa*	911	8.3083	1.7283	7.5000	17.5365	0.0831	-2.4879	-0.2067	0.2067	0.0690
		10965	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**	**1.00**			**2.1471**	**0.7167**
									Índice de Diversidad Máxima		**2.9957**

Análisis del Índice de Shannon

De acuerdo con la división de las especies tomando como base la clasificación señalada en literatura, en la que 0 es el valor más bajo y 5 es el valor más alto (Tabla 25), en el estrato arbóreo se registraron un total de un individuos en una especies y un índice de diversidad estimado en 0.0000, con *Prosopis velutina* como la especie en mayor distribución, el estrato arbóreo puede ser clasificado como de baja diversidad. En el estrato arbustivo se presentaron 2393 Individuos en seis especies y un índice de diversidad estimado de 0.7919, el estrato arbustivo puede ser clasificado como de baja, con *Ambrosia dumosa* como la especie de mayor distribución, Por otra parte, en el estrato herbáceo se registraron un total de 8571 individuos distribuidos en 13 especies, dando como resultado un índice de diversidad de 1.8533, clasificado también como de baja diversidad, con *Cryptantha angustifolia* como la especie con mayor distribución.

Tabla 25. Valores de Clasificación de la diversidad de Shannon.

Valores de Clasificación de Shannon										
Clasificación	**Valores**									
Baja	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
Baja - Media	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9
Media	3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9
Media - Alta	4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9
Alta	5									

Para la evaluación realizada en la vegetación de la superficie sujeta a cambio de uso de suelo ésta presenta un Índice de Diversidad el **ID= 2.1471** lo que podría ser clasificado como de diversidad media.

Análisis del Índice de IVI por estrato vegetativo

De acuerdo con los resultados obtenidos en las siguientes Tablas, *Prosopis velutina* es la especie con mayor valor de importancia en el estrato arbóreo (Tabla 26), *Larrea tridentata* es la especie con mayor valor en el estrato arbustivo (Tabla 27), *Cryptantha angustifolia* es la especie que presenta valores más elevados en el

estrato herbáceo (Tabla 28). Razón por la cual se concluye que dichas especies son las que proporcionan la estructura de le vegetación en la superficie de CUS.

Tabla 26. Valor de importancia calculado para las especies de flora agrupadas en el estrato arbóreo de la superficie sujeta a cambio de uso de suelo.

Estrato Arbóreo					
Nombre Común	**Nombre Científico**	**Abundancia Relativa**	**Dominancia Relativa**	**Frecuencia Relativa**	**I.V.I.**
Mezquite terciopelo	*Prosopis velutina*	99.9968	100.0000	99.9968	299.9936
		100.00	**100.00**	**100.00**	**300.0**

Tabla 27. Valor de importancia calculado para las especies de flora agrupadas en el estrato arbustivo de la superficie sujeta a cambio de uso de suelo.

Estrato Arbustivo					
Nombre Común	**Nombre Científico**	**Abundancia Relativa**	**Dominancia Relativa**	**Frecuencia Relativa**	**I.V.I.**
Canutillo	*Ephedra aspera*	0.3343	0.6620	3.3058	4.3022
Chamizo	*Atriplex canescens*	0.0418	0.3399	0.8265	1.2082
Cola de Zorra	*Ephedra trifurca*	0.0836	0.7346	1.6529	2.4711
Gobernadora	*Larrea tridentata*	7.8980	86.5205	43.8024	138.2210
Hierba del burro	*Ambrosia dumosa*	20.1839	7.0864	19.0086	46.2789
Hoja de abanico	*Tiquilia plicata*	71.4584	4.6566	31.4055	107.5205
		100.00	**100.00**	**100.00**	**300.00**

Tabla 28. Valor de importancia calculado para las especies de flora agrupadas en el estrato herbáceo de la superficie sujeta a cambio de uso de suelo.

Estrato Herbáceo					
Nombre Común	**Nombre Científico**	**Abundancia Relativa**	**Dominancia Relativa**	**Frecuencia Relativa**	**I.V.I.**
Abrojo de flor amarilla	*Tribulus terrestris*	1.4117	0.3390	1.5152	3.2658
Adonis	*Mentzelia multiflora*	1.0851	0.1535	2.5253	3.7638
Aguja española	*Palafoxia arida*	8.5638	3.9127	19.1919	31.6683
Borrego Milkvetch	*Astragalus lentiginosus*	2.3801	0.4765	6.0606	8.9172
Candelilla bronca	*Asclepias subulata*	2.3218	22.3443	5.5556	30.2216
Cardo ruso	*Salsola tragus*	0.1867	0.6300	2.0202	2.8368
Guisante morado	*Astragalus magdalenae*	0.4084	0.0932	1.5152	2.0167
Insectos gemelos del desierto	*Dicoria canescens*	6.6153	39.3705	6.5657	52.5515
Lirio del desierto	*Hesperocallis undulata*	0.0700	0.0461	1.5152	1.6312
Nomeolvides	*Cryptantha angustifolia*	35.8535	26.0561	26.2626	88.1721
Onagra café	*Chylismia claviformis*	7.5137	0.6633	8.0808	16.2579
Pulpo	*Cryptantha sp*	22.9611	0.8097	7.0707	30.8416

Estrato Herbáceo					
Nombre Común	**Nombre Científico**	**Abundancia Relativa**	**Dominancia Relativa**	**Frecuencia Relativa**	**I.V.I.**
Verbena de desierto	*Abronia villosa*	10.6289	5.1053	12.1212	27.8553
		100.00	**100.00**	**100.00**	**300.00**

Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Las Especies listadas durante el muestreo establecido para caracterizar la vegetación de desiertos arenosos existente en el área del proyecto, no se registró ninguna **especie** de flora en alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

5.3.3.2.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 Nikkon 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.

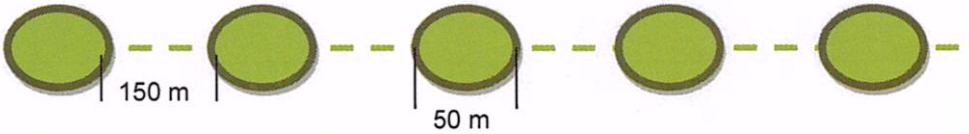


Figura 6. Diagrama ilustrativo del método de puntos de conteo.

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 SAR 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 21 avistamientos para **dos** especies, donde la especie mejor representada fue por *Dipsosaurus dorsalis* con 17 registros.

Mamíferos. En cuanto a la abundancia de las especies registradas en el grupo, se hace mención que fueron obtenidos un total de 25 avistamientos para **dos** especies, donde la especie mejor representada fue *Xerospermophilus tereticaudus* con 14 registros.

Aves. El grupo de las aves estuvo representado por un total de 168 avistamientos de 47 especies. La especie más abundante fue *Passer domesticus* con 23 registros, se adjuntan los archivos de análisis de fauna en el anexo.

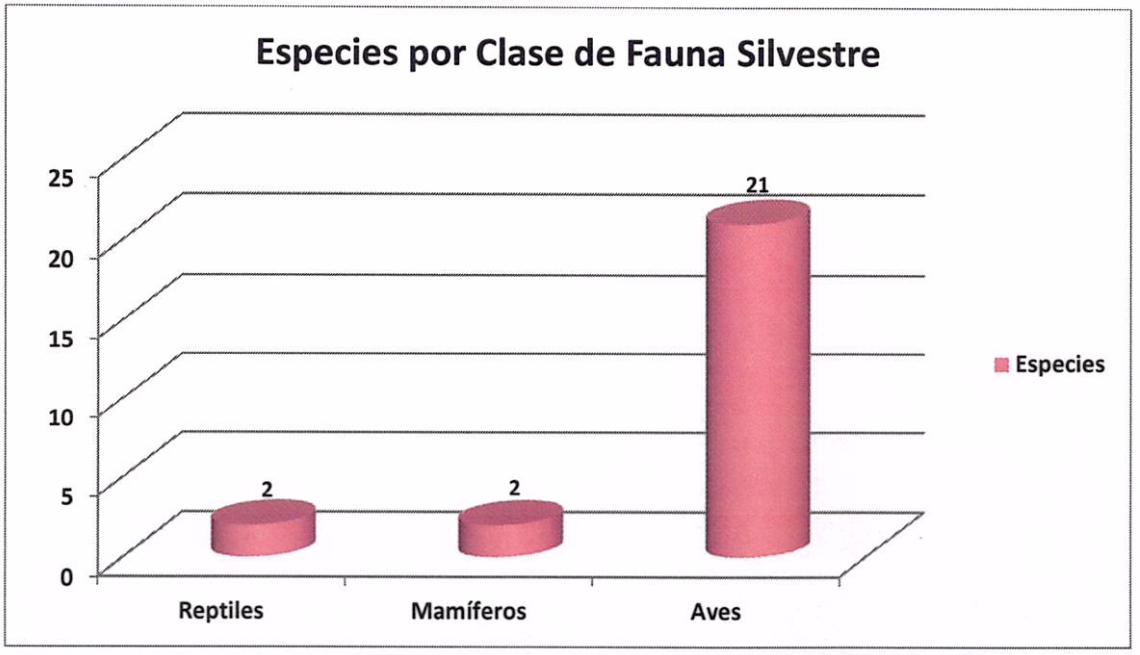


Figura 7. Distribución del número de especies por Clase.

Índices de diversidad.

En las tablas siguientes se presenta el nombre científico, nombre común, número de individuos, densidad relativa y los índices de diversidad, incluyendo índice de Shannon, Equidad y Diversidad Máxima.

Tabla 29. Reptiles identificados en la superficie del SAR del proyecto, número de individuos, densidad relativa e Índice de Shannon-Wiener.

Reptiles								
Nombre científico	**Nombre común**	**Individuos**	**Densidad Relativa**	**Pi**	**LN**	**(Pi)(LN)**	**Shannon**	**Equitatividad (E)**
Dipsosaurus dorsalis	Iguana de desierto	17	80.95	0.81	-0.21	-0.17	0.17	0.25
Phrynosoma mcallii	Camaleón de cola plana	4	19.05	0.19	-1.66	-0.32	0.32	0.46
	Total	**21**	**100**	1.00	-1.87	-0.49	**0.49**	**0.70**
	Riqueza	**2**				**0.69**	**Diversidad Máxima**	

Tabla 30. Mamíferos identificados en la superficie del SAR del proyecto, número de individuos, densidad relativa e Índice de Shannon-Wiener.

Mamíferos								
Nombre científico	**Nombre común**	**Individuos**	**Densidad Relativa**	**Pi**	**LN**	**(Pi)(LN)**	**Shannon**	**Equitatividad (E)**
Lepus californicus	Liebre cola negra	11	44.00	0.44	-0.82	-0.36	0.36	0.52
Xerospermophilus tereticaudus	Ardillón cola redonda	14	56.00	0.56	-0.58	-0.32	0.32	0.47
	Total	**25**	**100**	1.00	-1.40	-0.69	**0.69**	**0.99**
	Riqueza	**2**				**0.69**	**Diversidad Máxima**	

Tabla 31. Aves identificadas en la superficie del SAR del proyecto, número de individuos, densidad relativa e Índice de Shannon-Wiener.

Aves								
Nombre científico	**Nombre común**	**Individuos**	**Densidad Relativa**	**Pi**	**LN**	**(Pi)(LN)**	**Shannon**	**Equitatividad (E)**
Ardea alba	Garza blanca	4	2.38	0.02	-3.74	-0.09	0.09	0.03
Aythya americana	Pato cabeza roja	2	1.19	0.01	-4.43	-0.05	0.05	0.02
Bubulcus ibis	Garza ganadera	4	2.38	0.02	-3.74	-0.09	0.09	0.03
Buteo jamaicensis fuertesi	Aguililla cola roja	4	2.38	0.02	-3.74	-0.09	0.09	0.03
Callipepla gambelii	Codorniz de Gambel	12	7.14	0.07	-2.64	-0.19	0.19	0.06
Cathartes aura	Zopilote aura	11	6.55	0.07	-2.73	-0.18	0.18	0.06
Charadrius vociferus	Chorlo tildío	6	3.57	0.04	-3.33	-0.12	0.12	0.04
Columba livia	Paloma doméstica	7	4.17	0.04	-3.18	-0.13	0.13	0.04

Aves								
Nombre científico	**Nombre común**	**Individuos**	**Densidad Relativa**	**Pi**	**LN**	**(Pi)(LN)**	**Shannon**	**Equitatividad (E)**
Falco mexicanus	Halcón mexicano	1	0.60	0.01	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Geococcyx californianus	Correcaminos norteño	5	2.98	0.03	-3.51	-0.10	0.10	0.03
Haemorhous mexicanus	Pinzón mexicano	15	8.93	0.09	-2.42	-0.22	0.22	0.07
Lanius ludovicianus	Verdugo americano	8	4.76	0.05	-3.04	-0.14	0.14	0.05
Mimus polyglottos	Centzontle norteño	5	2.98	0.03	-3.51	-0.10	0.10	0.03
Passer domesticus	Gorrión doméstico	23	13.69	0.14	-1.99	-0.27	0.27	0.09
Quiscalus mexicanus	Zanate mayor	9	5.36	0.05	-2.93	-0.16	0.16	0.05
Spatula clypeata	Pato cucharón norteño	5	2.98	0.03	-3.51	-0.10	0.10	0.03
Streptopelia decaocto	Paloma de collar turca	7	4.17	0.04	-3.18	-0.13	0.13	0.04
Tyrannus verticalis	Tirano pálido	6	3.57	0.04	-3.33	-0.12	0.12	0.04
Vireo gilvus	Vireo gorjeador	3	1.79	0.02	-4.03	-0.07	0.07	0.02
Zenaida asiatica	Paloma alas blancas	17	10.12	0.10	-2.29	-0.23	0.23	0.08
Zenaida macroura	Huilota común	14	8.33	0.08	-2.48	-0.21	0.21	0.07
	Total	**168**	**100**			-2.83	**2.83**	**0.93**
	Riqueza	**21**				**3.04**	**Diversidad Máxima**	

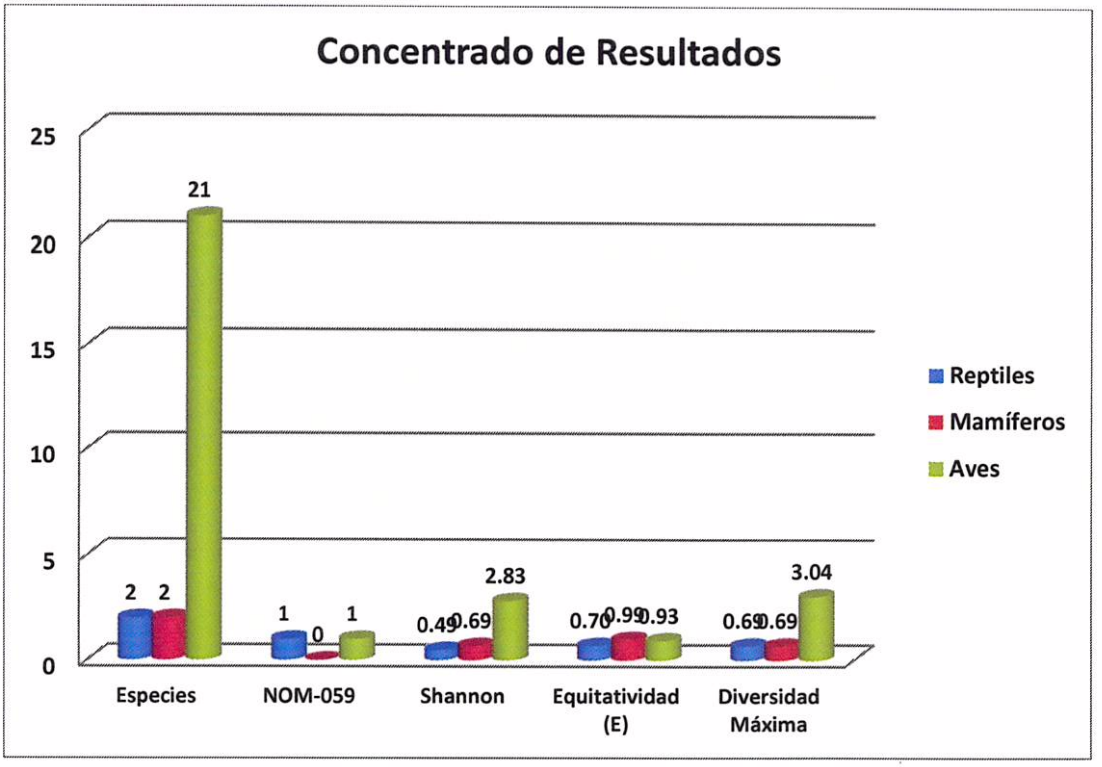


Figura 8. Concentrado de Resultados para la superficie del buffer del proyecto.

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'2.83), el resto de los grupos o clases de fauna silvestre cuenta con una diversidad baja.

Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Para los muestreos realizados en el buffer del proyecto, se identificaron 10 especies de fauna silvestre listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla 32), 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 32. Especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en los muestreos realizados en el buffer del proyecto.

Clase	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES
Reptiles	*Phrynosoma mcallii*	Camaleón de cola plana	**Amenazada**	
Aves	*Falco mexicanus*	Halcón mexicano	**Amenazada**	II

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 17 avistamientos para **dos** especies, donde las especies mejores representadas fueron *Dipsosaurus dorsalis* con catorce registros.

Mamíferos. El grupo de los mamíferos estuvo representado por un total de **16** avistamientos de **dos** especies donde la especie más abundante fue *Xerospermophilus tereticaudus* con 10 registros. Se adjuntan los archivos de análisis de fauna en el anexo.

Aves. El grupo de las aves estuvo representado por un total de 119 avistamientos de 19 especies. La especie más abundante fue *Zenaida asiatica* con 12 registros, se adjuntan los archivos de análisis de fauna en el anexo.

Índices de diversidad.

En las tablas siguientes se presenta el nombre científico, nombre común, número de individuos, densidad relativa y los índices de diversidad, incluyendo índice de Shannon, Equidad y Diversidad Máxima.

Tabla 33. 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)**	**Shannon**	**Equitatividad (E)**
Dipsosaurus dorsalis	Iguana de desierto	14	82.35	0.82	-0.19	-0.16	0.16	0.23
Phrynosoma mcallii	Camaleón de cola plana	3	17.65	0.18	-1.73	-0.31	0.31	0.44
	Total	**17**	**100**	1.00	-1.93	-0.47	**0.47**	**0.67**
	Riqueza	**2**				**0.69**	**Diversidad Máxima**	

Tabla 34. 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)**	**Shannon**	**Equitatividad (E)**
Lepus californicus	Liebre cola negra	6	37.50	0.38	-0.98	-0.37	0.37	0.53
Xerospermophilus tereticaudus	Ardillón cola redonda	10	62.50	0.63	-0.47	-0.29	0.29	0.42
	Total	**16**	**100**	1.00	-1.45	-0.66	**0.66**	**0.95**
	Riqueza	**2**				**0.69**	**Diversidad Máxima**	

Tabla 35. 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)**	**Shannon**	**Equitatividad (E)**
Ardea alba	Garza blanca	4	3.36	0.03	-3.39	-0.11	0.11	0.04
Aythya americana	Pato cabeza roja	1	0.84	0.01	-4.78	-0.04	0.04	0.01
Bubulcus ibis	Garza ganadera	2	1.68	0.02	-4.09	-0.07	0.07	0.02
Buteo jamaicensis fuertesi	Aguililla cola roja	3	2.52	0.03	-3.68	-0.09	0.09	0.03
Callipepla gambelii	Codorniz de Gambel	8	6.72	0.07	-2.70	-0.18	0.18	0.06

Aves								
Nombre científico	**Nombre común**	**Individuos**	**Densidad Relativa**	**Pi**	**LN**	**(Pi)(LN)**	**Shannon**	**Equitatividad (E)**
Cathartes aura	Zopilote aura	8	6.72	0.07	-2.70	-0.18	0.18	0.06
Charadrius vociferus	Chorlo tildío	6	5.04	0.05	-2.99	-0.15	0.15	0.05
Columba livia	Paloma doméstica	8	6.72	0.07	-2.70	-0.18	0.18	0.06
Geococcyx californianus	Correcaminos norteño	3	2.52	0.03	-3.68	-0.09	0.09	0.03
Haemorhous mexicanus	Pinzón mexicano	11	9.24	0.09	-2.38	-0.22	0.22	0.07
Lanius ludovicianus	Verdugo americano	6	5.04	0.05	-2.99	-0.15	0.15	0.05
Mimus polyglottos	Centzontle norteño	2	1.68	0.02	-4.09	-0.07	0.07	0.02
Passer domesticus	Gorrión doméstico	15	12.61	0.13	-2.07	-0.26	0.26	0.09
Quiscalus mexicanus	Zanate mayor	6	5.04	0.05	-2.99	-0.15	0.15	0.05
Spatula clypeata	Pato cucharón norteño	3	2.52	0.03	-3.68	-0.09	0.09	0.03
Streptopelia decaocto	Paloma de collar turca	6	5.04	0.05	-2.99	-0.15	0.15	0.05
Tyrannus verticalis	Tirano pálido	4	3.36	0.03	-3.39	-0.11	0.11	0.04
Zenaida asiatica	Paloma alas blancas	12	10.08	0.10	-2.29	-0.23	0.23	0.08
Zenaida macroura	Huilota común	11	9.24	0.09	-2.38	-0.22	0.22	0.07
	Total	**119**	**100**			-2.76	**2.76**	**0.94**
	Riqueza	**19**				**2.94**	**Diversidad Máxima**	

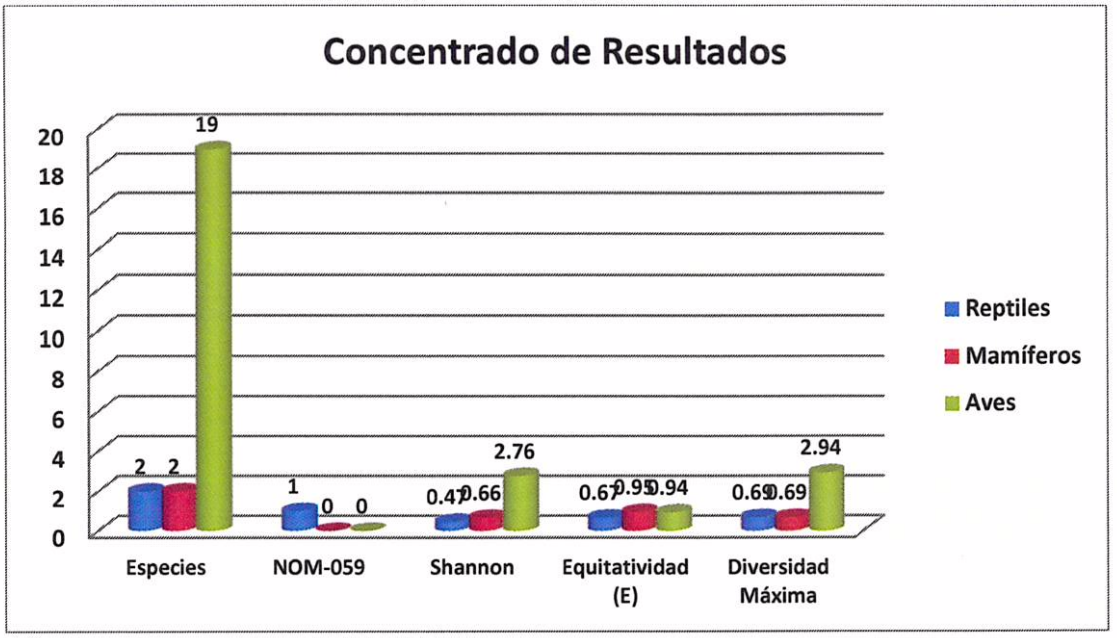


Figura 9. Concentrado de los resultados obtenidos para el área donde se pretende establecer el proyecto.

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'2.76), el resto de los grupos o clases de fauna silvestre cuenta con una diversidad baja.

Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Para los muestreos realizados en el eje del proyecto, se identificaron siete especies de fauna silvestre listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla 5.36), 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 36. 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	*Phrynosoma mcallii*	Camaleón de cola plana	**Amenazada**	

- **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, cambisoles, fluvisoles y arenosol.

Los Cambisoles se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial o coluvial.
Aparecen sobre todas las morfologías, climas y tipos de vegetación.

El perfil es de tipo ABC. El horizonte B se caracteriza por una débil a moderada alteración del material original, por la usencia de cantidades apreciables de arcilla, materia orgánica y compuestos de hierro y aluminio, de origen iluvial.

Permiten un amplio rango de posibles usos agrícolas. Sus principales limitaciones están asociadas a la topografía, bajo espesor, pedregosidad o bajo contenido en bases. En zonas de elevada pendiente su uso queda reducido al forestal o pascícola.

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.

Los Arenosoles se desarrollan sobre materiales no consolidados de textura arenosa que, localmente, pueden ser calcáreos. En pequeñas áreas puede aparecer sobre areniscas o rocas silíceas muy alteradas y arenizadas.

Aparecen sobre dunas recientes, lomas de playas y llanuras arenosas bajo una vegetación herbácea muy clara y, en ocasiones, en mesetas muy viejas bajo un bosque muy claro. El clima puede ser cualquiera, desde árido a perhúmedo y desde muy frío a muy cálido.

El perfil es de tipo AC, con un horizonte E ocasional. En la zona seca solo presenta un horizonte ócrico superficial. En los trópicos perhúmedos tienden a desarrollar un horizonte álbico. En la zona templada húmeda muestran rasgos iluviales de humus, hierro y arcilla, sin llegar a tener carácter diagnóstico.

La mayoría de los Arenosoles en la zona seca se usan para pastoreo extensivo, más si se riegan pueden soportar una gran variedad de cultivos. En la zona templada se utilizan para pastos y cultivos, aunque pueden requerir un ligero riego en la época más seca. En los trópicos perhúmedos son químicamente casi estériles y muy sensibles a la erosión, por lo que deben dejarse sin utilizar.

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.

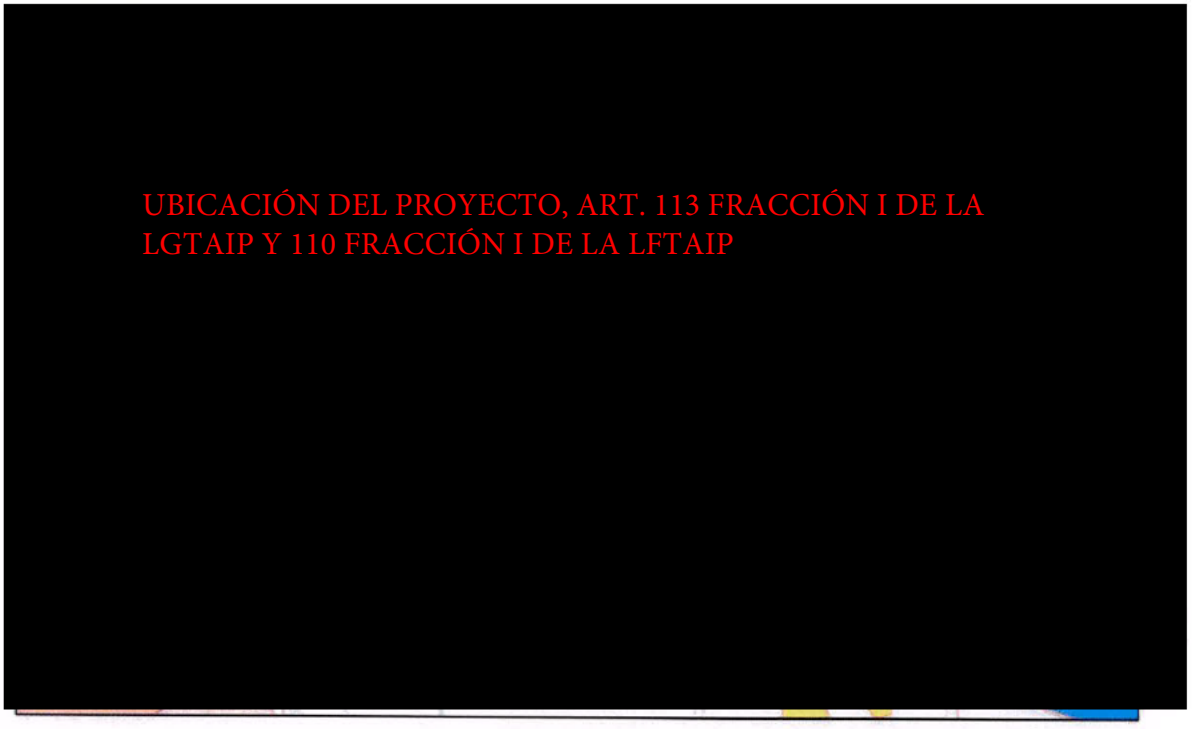


Figura 10. Tipos del suelo del S.A.R.

5.3.3.4. Geología y Geomorfología.

El estado de Sonora presenta afloramientos de rocas que varían en edad desde el Proterozoico hasta el Cuaternario, en un entorno geológico muy complejo

provocado por los eventos tectónicos y deformaciones que han sucedido a través del tiempo.

En las últimas décadas se ha manejado la idea de que la cordillera norteamericana se formó por la adición de una cantidad de terrenos tectonoestratigráficos, considerados como bloques alóctonos que han sido transportados por distancias considerables, y acrecionados al cratón de Norteamérica (Campa-Uranga y Coney, 1983).

Este evento colisional produjo intenso plegamiento, fallamiento inverso, deformación penetrativa y metamorfismo de facies esquistos verdes, esquisto azules y anfibolita (Jones et al., 1982). Esta acreción de terrenos ha sido continua desde el Paleozoico hasta el Terciario Temprano.

En Sonora se han descrito cuatro terrenos principales, de norte a sur son los siguientes: Norteamérica, Caborca, Cortés y Guerrero (Coney y CampaUranga, 1987); para efecto de este estudio solo se mencionarán los dos primeros.

El Cratón de Norteamérica se localiza en la porción norte de Sonora, y se caracteriza por tener un basamento precámbrico. Este basamento aflora en la Sierra Los Ajos-Buenos Aires, al suroeste de Naco, al este de Nogales, en Estación Llano y al norte de la Sierra de Aconchi. Las litologías principales consisten de secuencias volcanosedimentarias metamorfizadas a esquistos y gneises intrusionados por granitos y granodioritas con escasas dioritas.

De acuerdo con las características fisiográficas que presenta el estado, éste queda comprendido dentro de las provincias: Desierto Sonorense, Sierra Madre Occidental, Sierras y Llanuras del Norte y Llanura Costera del Pacífico.

La provincia fisiográfica donde se ubica el proyecto es "Llanura sonorense", como se observa en la Figura 11. Así mismo, se ubica en la subprovincia "Desierto de altar".

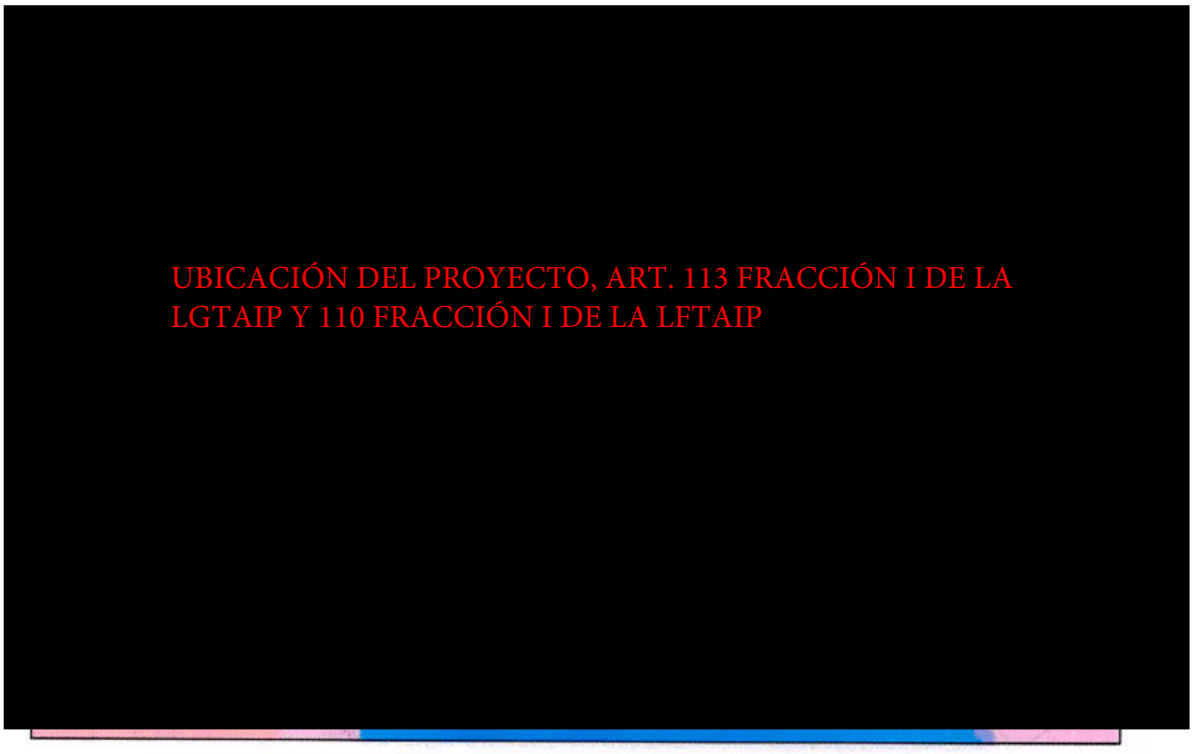


Figura 11. Provincia Fisiográfica del S.A.R.

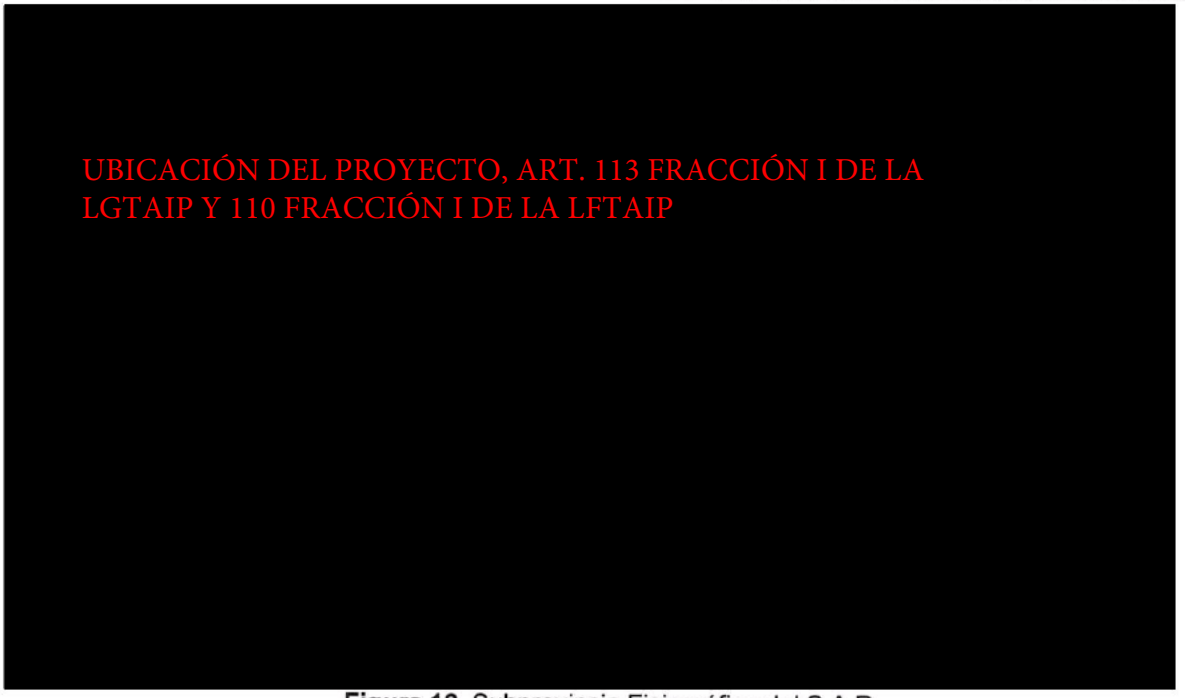


Figura 12. Subprovincia Fisiográfica del S.A.R.

5.3.3.5. Hidrología.

El área de estudio forma parte de la Región Hidrológica Río Colorado y Región Hidrológica Sonora Norte. Tal como se muestra en la Figura 5.12.

Así mismo, se encuentra en la Cuenca Bancanora, Río Colorado y Desierto Altar, (ver figura IV.8).

CUENCA BANCANORA. Esta cuenca comprende tres porciones separadas dentro del estado: una en el noreste, cerca de la sierra San Luis: otra en el norte, por Nogales y Naco; y la última en el noroeste, en el límite con Baja California, donde se ubica el Distrito de Riego Núm. 14 "Río Colorado", en el cual se aprovechan las aguas de la corriente principal y de algunos de sus afluentes para uso agrícola, después para doméstico, pecuario e industrial. Representa en la entidad 2.81% del territorio de Sonora. Se ha determinado para la cuenca una precipitación media anual de 301 mm, un coeficiente de escurrimiento de 7.2% que relacionado con 1

434.9 millones de metros cúbicos (Mm3), determinan un escurrimiento anual de 103.31 Mm3 , de los que sólo son disponibles 2.5 Mm3 , ya que el resto fluye hacia territorio norteamericano.

CUENCA DESIERTO ALTAR. Esta cuenca comprende la región más árida del país. La corriente principal tiene su origen en la sierra Pozo Verde, donde es conocida como El Coyote; continúa hacia los Estados Unidos de América con el nombre de río Bamori, entra de nuevo a territorio mexicano con el nombre de Sonoita con dirección al sur, después cambia su curso al oeste-noroeste, pasa por la población que le da nombre y por último corre hacia el sur para desembocar en el Golfo de California, 22 km al oriente de Puerto Peñasco. En la cuenca, además de la parte del Distrito de Riego "Río Altar-Pitiquito-Caborca", se localiza casi la mitad del de "Río Colorado". Ocupa una superficie de 11.86% del estado. Se presenta una precipitación media anual de 109 mm, un volumen anual precipitado de 2 300.7 Mm3 , coeficiente de escurrimiento de 2.3%, que representa un volumen de 52.96 Mm3 anuales drenados. El principal uso del agua es: agrícola, doméstico y pecuario.

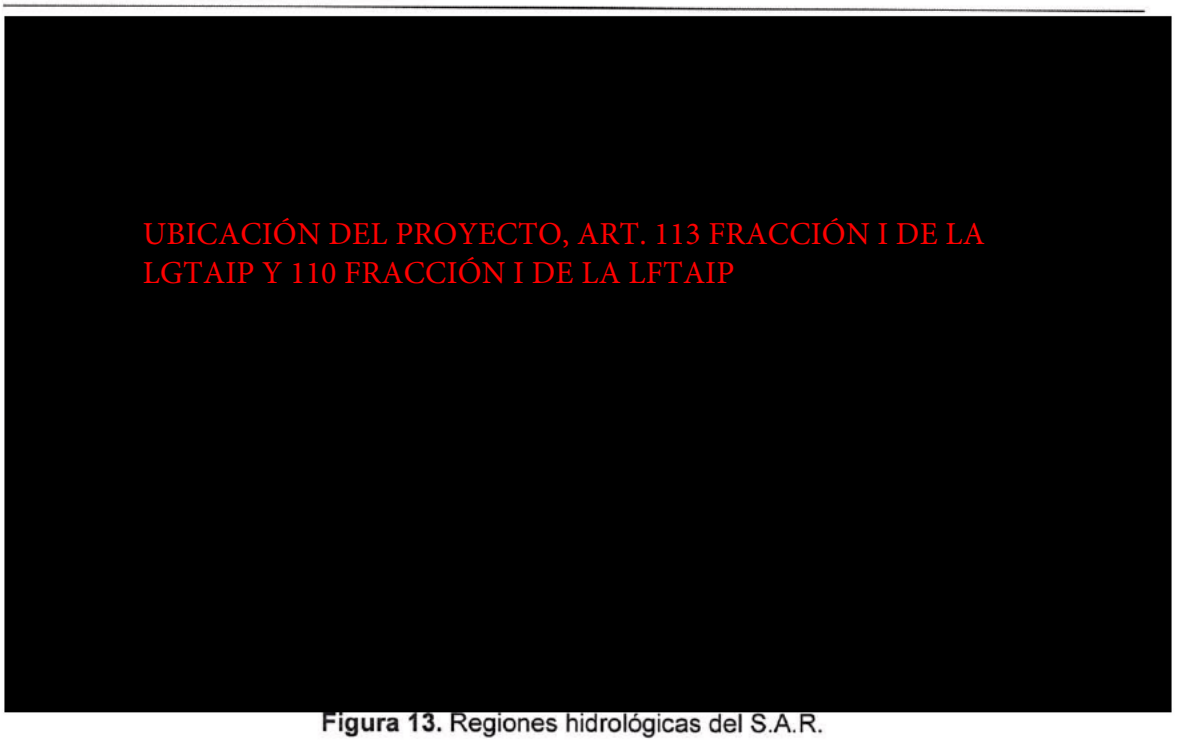


Figura 13. Regiones hidrológicas del S.A.R.

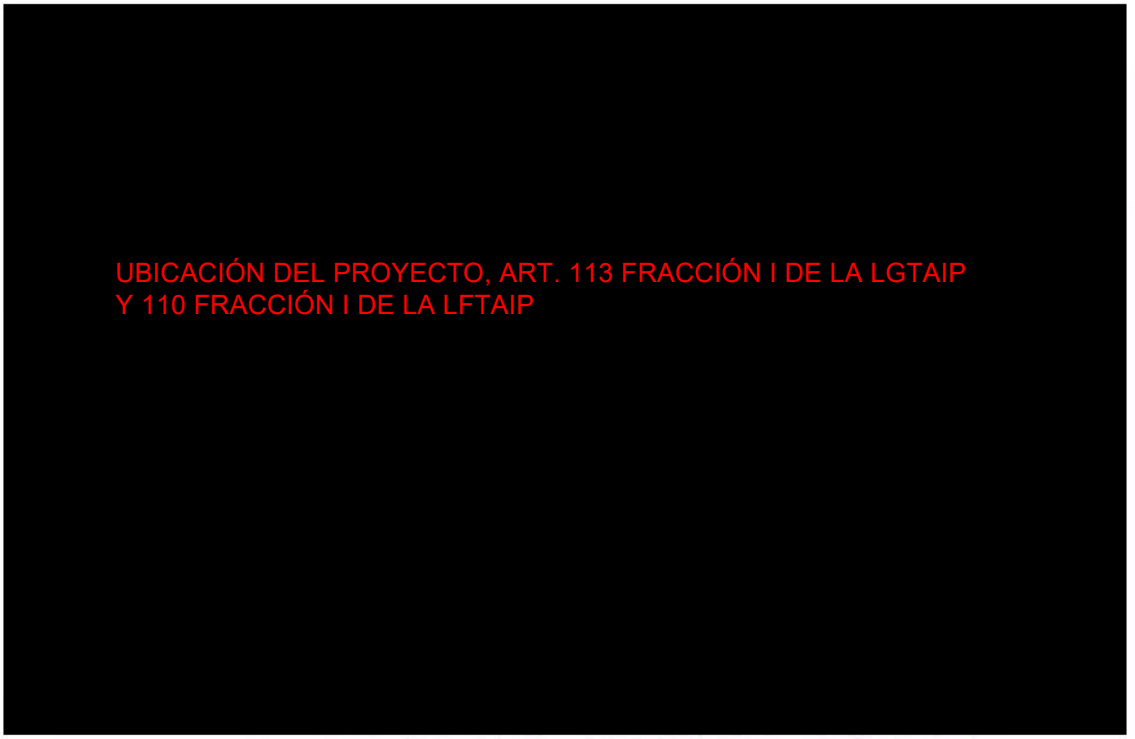


Figura 14. Cuenca del S.A.R.

Acuíferos

El proyecto se ubica en el acuífero 210 "Valle de Mexicali" y en el acuífero 2601 "Valle de San Luis Río Colorado". Ver Figura 5.14.

Acuífero Valle de Mexicali.

El acuífero Valle de Mexicali, definido con la clave 0210 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo del Agua Subterránea (SIGMAS) de la CONAGUA, se ubica en el extremo norte del estado de Baja California, en el municipio de Mexicali. Colinda al norte con Estados Unidos de América, al este con el acuífero Valle de San Luis Río Colorado, Sonora, al oeste con el acuífero Laguna Salada y al sur con el acuífero El Chinero y el Golfo de California. El acuífero Valle de Mexicali cubre una superficie de 4908 km^2 y se localiza entre los paralelos 32° 43' 7.2" y 31° 38' 52.3" de latitud norte y 115° 48' 54.2" y 114° 43' 8.9" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich.

El acuífero pertenece a la región Hidrológico-Administrativa I "Península de Baja California" y se encuentra sujeto a las disposiciones del "Decreto por el que se establece veda tipo III para el alumbramiento de aguas del subsuelo en el Estado de Baja California", publicado el 15 de mayo de 1965. La veda establece que la capacidad del acuífero permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros. Menciona que "Excepto cuando se trate de alumbramientos para usos domésticos, desde la vigencia de este Decreto, nadie podrá extraer aguas del subsuelo dentro de la zona vedada ni modificar los aprovechamientos existentes sin previo permiso por escrito de la Autoridad del Agua, la que sólo concederá permisos únicamente en los casos en que de los estudios relativos se concluya que no se causarán los perjuicios que con el establecimiento de la veda tratan de evitarse".

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2015, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 1. Dentro de la superficie que cubre el

acuífero se encuentra asentados el Distrito de Riego No. 014 "Río Colorado".). No se ha constituido hasta la fecha un Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS).

Tipo de acuífero

El sistema fluvio-deltáico del Río Colorado ha desarrollado potentes depósitos sedimentarios, que varían en espesor de 600 hasta posiblemente 4000 m (CNA, 1999) y que conforman el medio granular del acuífero. Estos sedimentos son de diversa granulometría, desde arena, grava y limo hasta arcilla, con una distribución de carácter errático y una estratificación ocasionalmente oblicua; estas características sedimentológicas y la alta permeabilidad de los materiales originan una fuente anisotrópica, con alta relación de permeabilidad horizontal-vertical y con dirección preferencial de flujo horizontal. Subyace a los sedimentos de relleno una secuencia de lutitas, areniscas y limolitas fracturadas que cubre al basamento. Dicho fracturamiento ha permitido la comunicación entre esta unidad que constituye un medio fracturado y el medio granular. El basamento está constituido por rocas cristalinas y aflora en la Sierra de Cucapás; estas rocas, desde el punto de vista hidrológico, son de poco interés, debido a su reducida permeabilidad. La porción del acuífero correspondiente al medio granular se comporta como acuífero libre, mientras que aquella del medio fracturado se comporta como semiconfinado.

El resultado de la disponibilidad media anual de agus subterránea (DMA) El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de 257,959,935 m^3 anuales que se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero.

Acuífero Valle de San Luis Río Colorado

El acuífero Valle de San Luis Río Colorado, definido con la clave 2601 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo del Agua Subterránea (SIGMAS) de la CONAGUA, se localiza en la porción noroeste del Estado de Sonora, entre las

coordenadas geográficas 31° 38' y 32° 29' de latitud norte, y 114° 17' y 115° 03' de longitud oeste, cubriendo una superficie de 4397 km^2

El área del acuífero tiene como límites: al norte la Mesa la Fortuna, Mesa de Yuma, y el valle de Yuma pertenecientes al estado de Arizona, EUA; al oriente el acuífero Los Vidrios donde se extiende el Desierto de Altar y la zona Volcánica de la reserva ecológica "El Pinacate" en el estado de Sonora; hacia el sur el Golfo de California, y al poniente el acuífero Valle de Mexicali y el Delta del Río Colorado y la zona de inundación del Golfo de California que son parte del municipio de Mexicali, B.C.

El acuífero pertenece al Organismo de Cuenca II Noroeste y se encuentra sujeto a las disposiciones de dos decretos de veda. El primero rige en todo el acuífero, excepto en la porción perteneciente al Distrito de Riego 014 "Río Colorado", se denomina Municipio de San Luis Río Colorado, este territorio se encuentra sujeto a las disposiciones del "Decreto por el que se amplía, la zona vedada para el alumbramiento de aguas del subsuelo a que se refiere el Decreto de 16 de noviembre de 1955, a toda el área y extensión geopolítica del Municipio de San Luis Río Colorado, Son.", publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) del 22 de marzo de 1969. Este decreto es de tipo III, en las que la capacidad de los mantos acuíferos permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros. El segundo decreto se denomina Distrito de Riego Río Colorado, rige en la porción occidental del acuífero, que pertenece a dicho distrito de riego, este territorio se encuentra sujeto a las disposiciones del "Decreto que establece normas y especificaciones para el aprovechamiento de aguas en el Distrito de riego del Río Colorado", publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 16 de diciembre de 1955. Este acuerdo es de tipo I, en las que no es posible aumentar las extracciones sin peligro de abatir peligrosamente o agotar los mantos acuíferos. De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2020, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 3.

No se ha constituido hasta la fecha el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS). En la porción sur del acuífero se localiza parte de la Reserva de la Biósfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado y en pequeñas porciones al este del acuífero se localiza la Reserva de la Biósfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, ambas reservas con fecha de decreto del 10 de junio de 1993.

Tipo de acuífero

El sistema fluvio-deltáico del Río Colorado ha desarrollado potentes depósitos sedimentarios, que varían en espesor de 600 hasta posiblemente 4000 m y que conforman el medio granular del acuífero. Estos sedimentos son de diversa granulometría, desde arena, grava y limo hasta arcilla, con una distribución errática y una estratificación ocasionalmente oblicua. Estas características sedimentológicas y las variaciones de permeabilidad de los materiales originan condiciones anisotrópicas, tanto en sentido vertical y horizontal como en la dirección del flujo subterráneo; por lo anterior se deduce que el sistema funciona como acuífero libre. Las rocas metamórficas e ígneas intrusivas forman el basamento, fronteras y barreras laterales al flujo subterráneo, el cual fue identificado a 3200 m de profundidad mediante perforaciones exploratorias realizadas fuera del área. En el área del acuífero estas rocas se presentan como afloramientos aislados.

El resultado de la disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA) El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de 93,356,000 m^3 anuales que se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero.

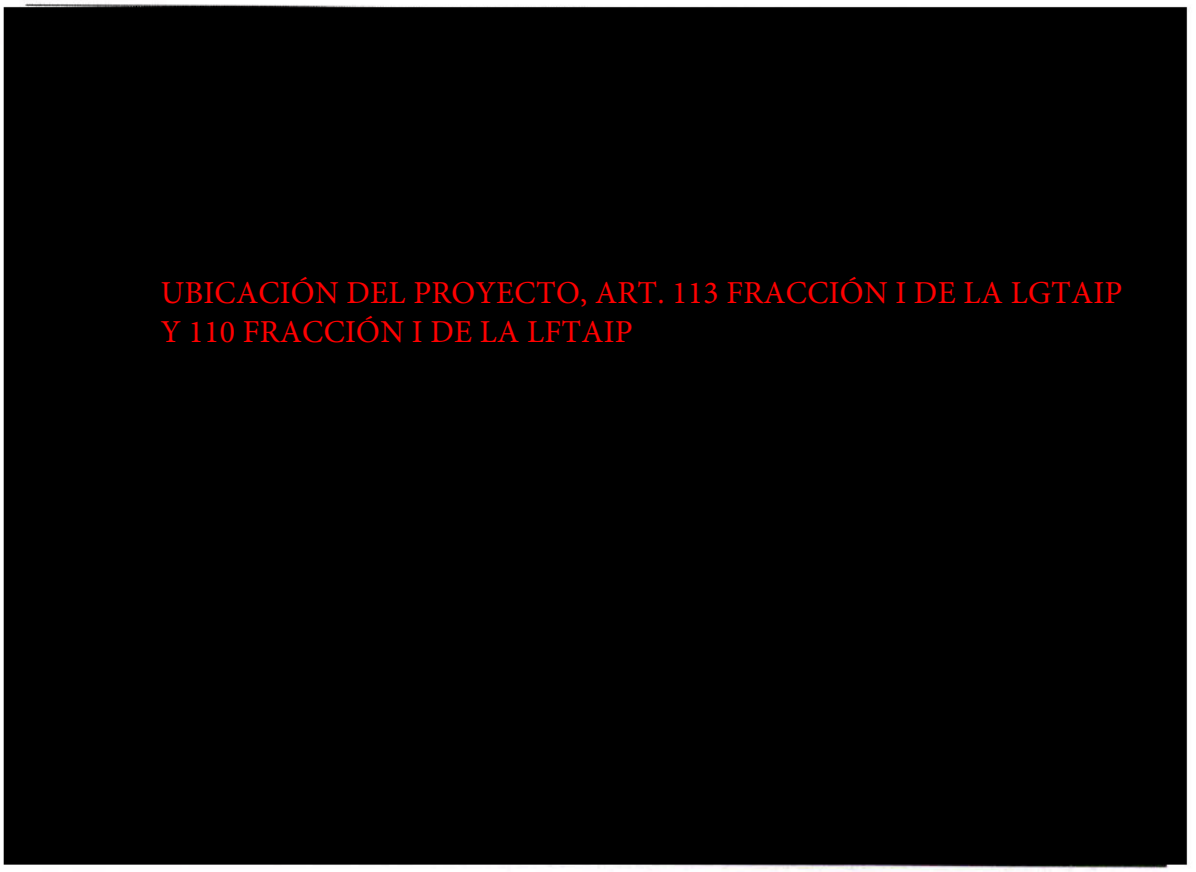


Figura 15. Acuíferos del S.A.R.

5.3.3.6. Características climáticas.

En el Sistema Ambiental Regional del proyecto, se ubica en la Unidad Climática del "Grupo B. Muy Seco", el cual se puede mostrar en la imagen IV.2.

El tipo de clima que se encuentra en el SAR es el siguiente:

BW(h')(x') y BWh(x'): Lo que significa que es un clima desierto, muy caliente (temperatura media anual mayor a 18°C) con lluvias muy raras y fuertes, que pueden ocurrir por cualquier época del año. Los mencionados tipos de clima, predominan en el Estado de Sonora como en el Estado de Baja California Norte. Corresponde a tener las siguientes características:

SONORA. El 48% del estado presenta clima seco y semiseco localizado en la Sierra Madre Occidental, el 46.5% presenta clima muy seco, localizado en las Llanuras Costera del Golfo y Sonorense 4% es templado subhúmedo se encuentra hacia el este del estado y el restante 1.5% presenta clima cálido subhúmedo localizado hacia el sureste.

El clima en el estado es una limitante para la agricultura, sin embargo, se cultiva trigo, algodón, cártamo, sandía, ajonjolí, garbanzo, sorgo, maíz y vid, principalmente con riego, en la regiones de clima seco y semiseco de los Valles de El Yaqui, Mayo y Guaymas.

BAJA CALIFORNIA. Predomina el clima Muy seco (69%), aunque también se encuentra el Seco (24 %). Las sierras de Juárez y San Pedro Mártir presentan un clima Templado subhúmedo y semifrío (7%).

Debido a la escasa precipitación la actividad agrícola es baja, pero en la región se cultiva: algodón, trigo, aceituna, la vid, el jitomate y el ajonjolí.

En la siguiente figura se puede observar la clasificación mencionada en el SAR.

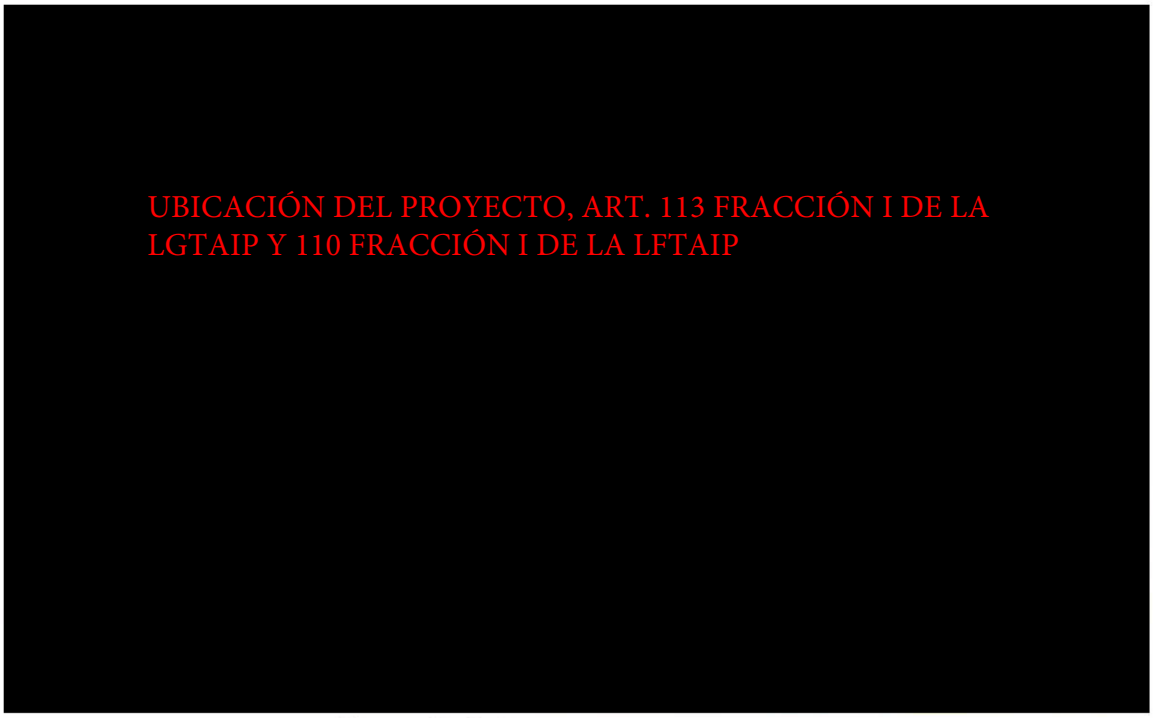


Figura 16. Unidades climáticas del S.A.R.

Temperatura promedio

SONORA. La temperatura media anual es alrededor de 22°C, la temperatura máxima promedio es de 38°C y se presenta en los meses de junio y julio, la temperatura mínima promedio es de 5°C y se presenta en el mes de enero.

BAJA CALIFORNIA. La temperatura media anual es de 18 a19 °C.
Las temperaturas más altas, mayores de 30°C, se presentan en los meses de mayo a septiembre y la más baja, alrededor de 5°C, en el mes de enero. En la ciudad de Mexicali (donde se encuentra el SAR) se han registrado temperaturas máximas extremas de hasta 45°C entre los meses de julio y agosto.

Precipitación promedio.

SONORA. La precipitación media estatal es de 450 mm anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de julio y agosto.

BAJA CALIFORNIA. Las lluvias son muy escasas, alrededor de 200 mm de precipitación total anual. En la región noroeste del estado se encuentran los climas templado y seco con lluvias de invierno, condición muy particular, ya que en el resto del país las lluvias son en verano; esta característica ha permitido que, en el clima seco con lluvia de invierno, favorezca el cultivo de vid y olivo.

El municipio de Mexicali (donde se encuentra el SAR) tiene uno de los registros de precipitación total anual más baja de todo el país, pues es menor a los 50 mm.

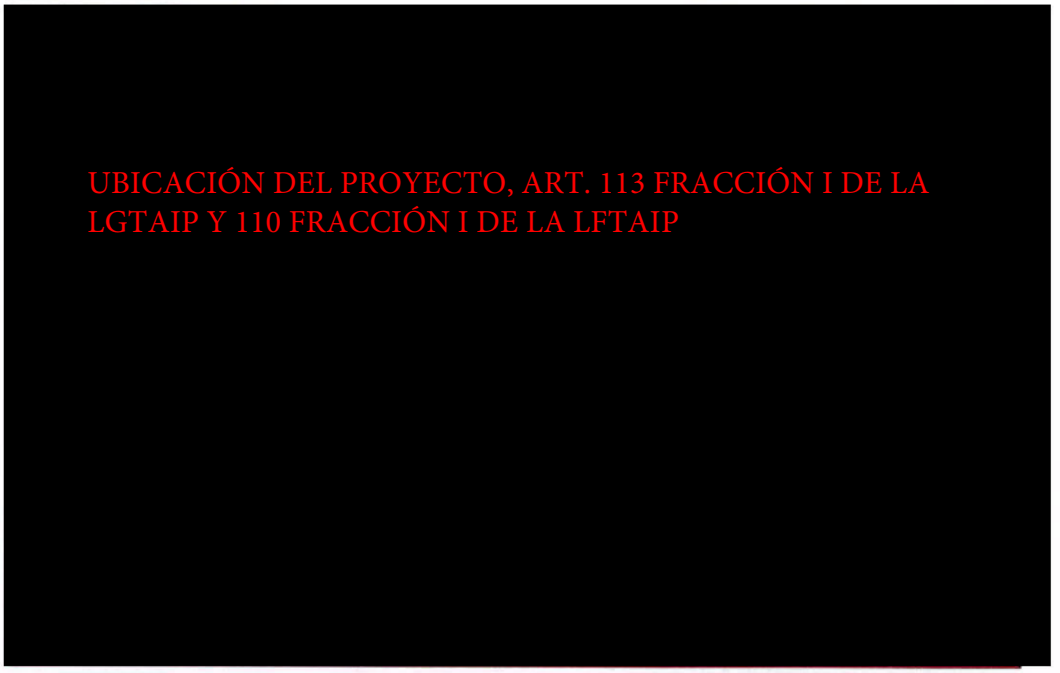


Figura 17. Tipo de clima del S.A.R.

Fenómenos climatológicos

HELADAS.

Las heladas se producen en el noreste de Sonora, con un promedio de 10 a 30 días al año. El Atlas del Agua de la República Mexicana cita una relación de heladas anuales para tres localidades: 23 días en la presa La Angostura, 22 en Nogales y 5 días en Ciudad Obregón. Las heladas ocurren principalmente en enero y febrero,

cuando la temperatura media ambiental es inferior a 0°C; por lo tanto, en la porción costera del estado, desde las proximidades de Hermosillo hasta el límite con Sinaloa (incluyendo la isla Tiburón), no se produce este fenómeno.

GRANIZADAS.

Las granizadas son poco frecuentes en el estado, excepto en la Sierra Madre Occidental,

pues en algunos sitios como en el poblado de Maycoba y sus alrededores llegan a registrarse de 1 a 4 granizadas al año.

OTROS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS.

Las masas de aire polar continental provenientes de Canadá y Estados Unidos de América, al intercambiarse con el aire cálido de las latitudes bajas, dan lugar a nevadas en las partes más altas de las sierras que se localizan en el noreste del estado, entre ellas, las de San Luis, Serruchito y Los Ajos. Las trayectorias de los ciclones son casi paralelas a la costa sonorense; aunque en los meses de septiembre u octubre los ciclones más lejanos recurvan para incidir casi de manera perpendicular a las costas de Sonora, en la zona limítrofe con Sinaloa, sin aumentar considerablemente la precipitación total anual.

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 riego 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 37. Matriz de Identificación de Riesgos Potenciales para el gasoducto.

Riesgo	Transporte de Gas Natural.
FUEGO	
Flamables en proceso o atmósfera	Transporte de Gas Natural
Combustión en el proceso	
Materiales pirofóricos	
Eléctrico (corto circuito)	
EXPLOSIÓN	
Ruptura física (Sobrepresión en recipientes o tuberías)	Transporte de Gas Natural
Ruptura mecánica	Ruptura en válvulas.
Mezclas flamables en lugares cerrados	
Mezclas flamables de gran tamaño en la atmósfera	Transporte de Gas Natural
a) Explosión de nube de vapor no confinado	Transporte de Gas Natural
b) Explosión de líquido hirviente 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	Transporte de Gas Natural
Material corrosivo	
RADIACIÓN	
Térmica (calor o frío)	
Electromagnética	
Nuclear	
AMBIENTAL	
Ruidos	
Olores	
Aguas residuales	
Descargas atmosféricas	Gases de combustión
Generación de residuos industriales	Transporte 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 38. 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 una 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/

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.
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.

[3] Fuente: Excelsior.
[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.
- Presión.
- Viscosidad.
- Reacción.
- Instrumentación.
- Separación.
- Corrosión/erosión.
- Temperatura.
- Viscosidad.
- Composición.
- Adición.
- Prueba.
- Muestreo.
- Reducción.
- Nivel.
- Composición.
- Mezclado.
- Mantenimiento.

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

- Aislamiento.
- Inspección.

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

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 39. 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 40. 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).
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 cierren 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 41. 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 42. Categorías de las consecuencias.

Clave	Categoría
AMB	Afectación al Ambiente
PER	Afectación al Personal
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 43. 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 44. 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.

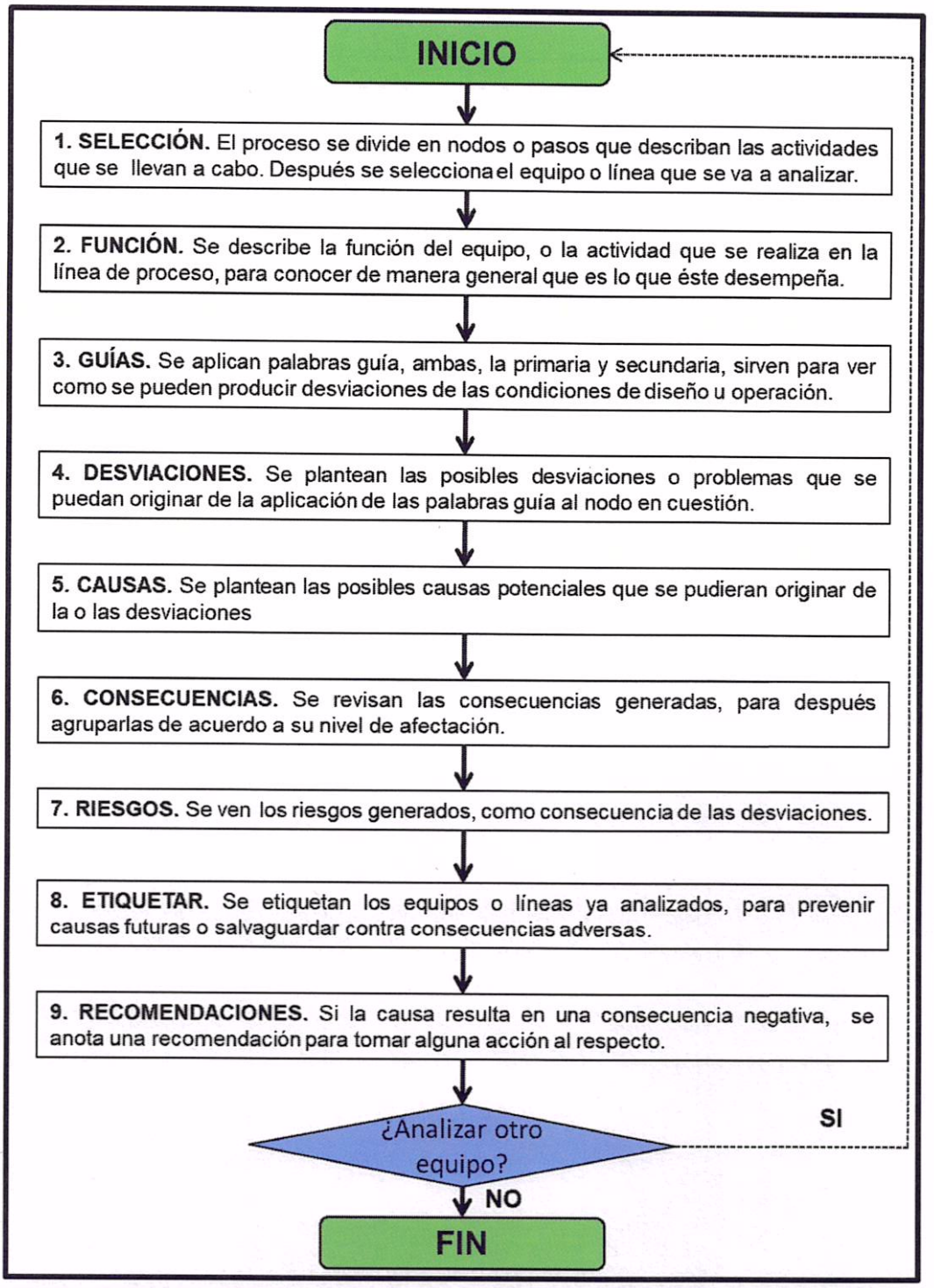


Figura 18. Diagrama de flujo del proceso de implementación del HAZOP.

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 24 pulgadas de diámetro y de 6 pulgadas de diámetro.

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:

Tabla 5.45
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 y EMRyC's. Gasoducto principal de 24" y ramales de 6".
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 esfera de 20" 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 presion 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 interupción del servicio.	**ING.** Indicadores de presion 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 presion 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 5.45. (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 y EMRyC's. Gasoducto principal de 24" y ramales de 6".
OBJETIVOS:	Transportar y suministrar gas natural a usuarios finales.	**PLANOS:**	Diagramas de Tuberías e Instrumentación.

No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guia	Desviación	Categoria-Causa	Categoria-Consecuencia	Categoria-Salvaguarda	Categoria-Recomendación
5	1.- Estación de Regulación y Medición "City Gate", Válvula de esfera de 20" 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 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 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 explisión del gas liberad por mayor corrosón 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 5.45. (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 y EMRyC's. Gasoducto principal de 24" y ramales de 6".
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 24".	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 presion 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 interupción del servicio.	**ING.** Indicadores de presion 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 presion 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 5.45. (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 y EMRyC's. Gasoducto principal de 24" y ramales de 6".
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 24".	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 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 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 explisión del gas liberad por mayor corrosón 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 calidaddel 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 45. 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 46. Matriz de riesgos.

	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 5.48.
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
OBJETIVOS: Transportar y suministrar gas natural a usuarios finales.
ALCANCE: ERM's y EMRyC's. Gasoducto principal de 24" y ramales de 6".
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 esfera de 20" 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 presion 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 interupción del servicio.	**ING.** Indicadores de presion 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 presion 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 5.48. (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
OBJETIVOS: Transportar y suministrar gas natural a usuarios finales.
ALCANCE: ERM's y EMRyC's. Gasoducto principal de 24" y ramales de 6".
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 esfera de 20" 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.** 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 explisión del gas liberad por mayor corrosón 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 5.48. (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
OBJETIVOS: Transportar y suministrar gas natural a usuarios finales.
ALCANCE: ERM's y EMRyC's. Gasoducto principal de 24" y ramales de 6".
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 24".	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 presion 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 interupción del servicio.	**ING.** Indicadores de presion 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 presion 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

Tabla 5.48. (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
OBJETIVOS: Transportar y suministrar gas natural a usuarios finales.
ALCANCE: ERM's y EMRyC's. Gasoducto principal de 24" y ramales de 6".
PLANOS: Diagramas de Tuberías e Instrumentación.

No.	Nodo/Paso	Parámetro	Guia	Desviación	Categoría-Causa	Categoría-Consecuencia	Categoría-Salvaguarda	Categoría-Recomendación	F	S	Riesgo
13	2.- Gasoducto 24".	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 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 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 explisión del gas liberad por mayor corrosón 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 calidaddel 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 mayo a menor nivel de riesgo.

Tabla 47. 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 esfera de 20" de diámetro.	Metano (Gas Natural.
2	Menor presión de gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición City Gate". Válvula esfera de 20" de diámetro.	Metano (Gas Natural.
3	No hay presión del gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición City Gate". Válvula esfera de 20" de diámetro.	Metano (Gas Natural.
4	Mayor flujo de gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición City Gate". Válvula esfera de 20" de diámetro.	Metano (Gas Natural.
5	Menor flujo de gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición City Gate". Válvula esfera de 20" de diámetro.	Metano (Gas Natural.
6	No hay flujo de gas natural en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición City Gate". Válvula esfera de 20" de diámetro.	Metano (Gas Natural.
7	Mayor corrosión en válvula.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición City Gate". Válvula esfera de 20" de diámetro.	Metano (Gas Natural.
8	Presencia de contaminantes en el gas natural.	Tolerable	Estación de Regulación y Medición City Gate". Válvula esfera de 20" de diámetro.	Metano (Gas Natural.
9	Mayor presión de gas natural en tubería.	ALARP	Tubería de 24".	Metano (Gas Natural.
10	Menor presión de gas natural en tubería.	ALARP	Tubería de 24".	Metano (Gas Natural.
11	No hay presión del gas natural en tubería.	Tolerable	Tubería de 24".	Metano (Gas Natural.
12	Mayor flujo de gas natural en tubería.	Tolerable	Tubería de 24".	Metano (Gas Natural.
13	Menor flujo de gas natural en tubería.	Tolerable	Tubería de 24".	Metano (Gas Natural.
14	No hay flujo de gas natural en tubería.	Tolerable	Tubería de 24".	Metano (Gas Natural.
15	Mayor corrosión en tubería.	Tolerable	Tubería de 24".	Metano (Gas Natural.
16	Presencia de contaminantes en el gas natural.	Tolerable	Tubería de 24".	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 (ductos).

Para la determinación del valor de probabilidad en componentes del sistema de transporte por ductos 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 48. Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas

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

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 49 presentada anteriormente:

Tabla 49. 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".	$1x10^{-3}$
9	Mayor presión de gas natural en tubería.	Falla en válvula de gasoducto	$1x10^{-3}$
10	Menor presión de gas natural en tubería.	. Ruptura de tubería por error humano.	$1x10^{-3}$

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

1. Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 20" de diámetro @69.98 kgf/cm^2 (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM "City Gate" con coordenadas

[redacted] COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

2. Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 24" de diámetro @56.24 kgf/cm^2 (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la EMRyC 1, con coordenadas UTM [redacted]*
3. Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 24" de diámetro @56.24 kgf/cm^2 (presión máxima de operación, por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la EMRyC 2, con coordenadas UTM [redacted]*
4. Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 8" de diámetro @56.24 kgf/cm^2 (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM 3, con coordenadas UTM X: [redacted]*
5. Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm^2 (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con coordenadas [redacted]* debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
6. Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm^2 (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con coordenadas [redacted]* debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
7. Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm^2 (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con coordenadas [redacted]* debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
8. Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm^2 (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería,

*COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas [redacted]*

9. Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm^2 (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas [redacted]*
10. Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm^2 (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas UTM X [redacted]*

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.

*COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

- 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 50. 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).

Nivel de diseño permisible (K)		Condiciones
BTU/hr-ft^2	Kw/m^2	
		La exposición debe limitarse a pocos segundos, suficientes solo para retirarse de la zona.
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 51. 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 52. Tiempo de exposición necesario para alcanzar el umbral de dolor (API 521).

Intensidad de radiación ($BTU/hr\text{-}ft^2$)	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:

$$m_{TNT} = \frac{m_A \times \Delta Hc}{1{,}120} \times f \qquad \textbf{(Ecuación 5.1.)}$$

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

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

ΔHc : 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 19 para su consulta.

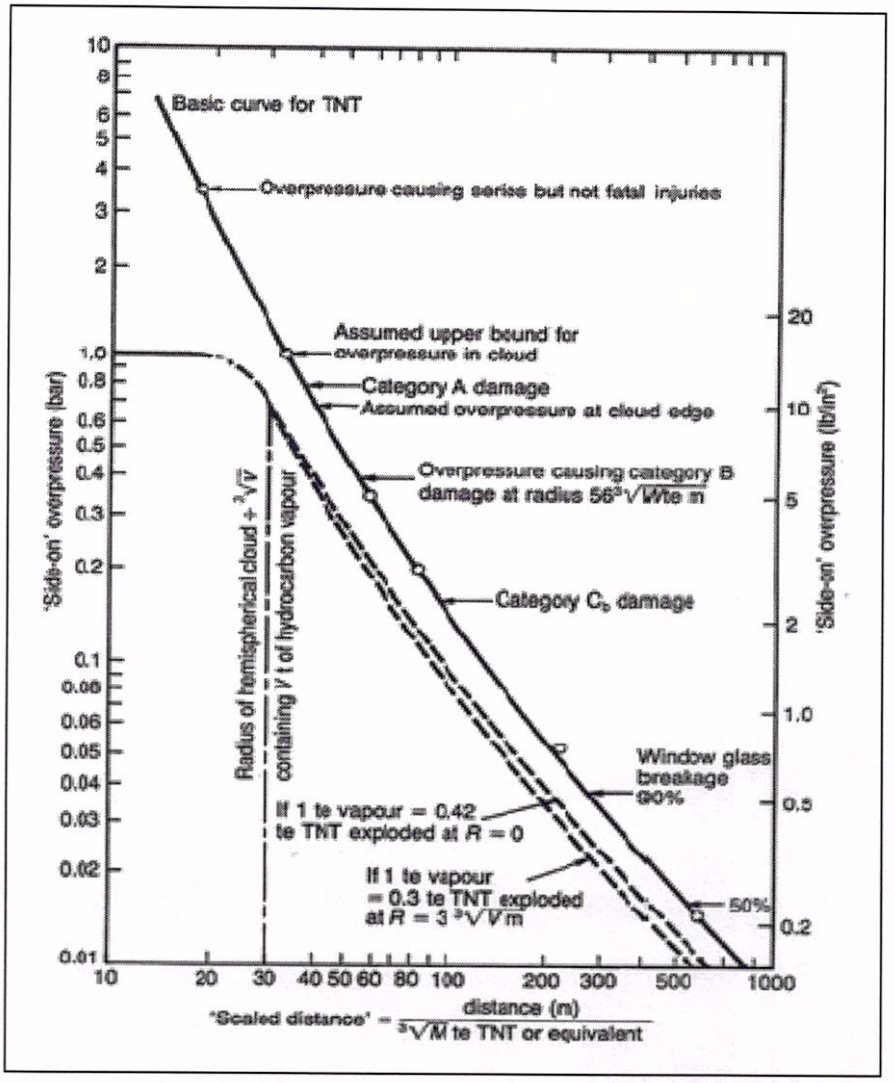


Figura 19. Gráfica para la sobrepresión de onda de choque ocasionada por la explosión de una nube de gas (Lees, F. P., 1996).

En la **Figura 19**, 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:

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

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 53. 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.
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 54. 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/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	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.
8	4A-FUGA-10IN-100%	Fuga de Gas Natural en ramal de 10" de diámetro @21 kgf/cm^2, por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en coordenadas UTM X: 580581, Y: 2100342, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación alrededor.
9	4B-FUGA-10IN-50%	Fuga de Gas Natural en ramal de 10" de diámetro @21 kgf/cm^2, por una ruptura del 50% del diámetro de la tubería, en coordenadas UTM X: 580581, Y: 2100342, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación alrededor.
10	4C-FUGA-10IN-25%	Fuga de Gas Natural en ramal de 10" de diámetro @21 kgf/cm^2, por una ruptura del 25% del diámetro de la tubería, en coordenadas UTM X: 580581, Y: 2100342, debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación alrededor.

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:

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

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 (°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:

$$\dot{m} = C_D A P_1 \sqrt{\frac{kg_c M}{R_g T_1} \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{(k+1)/(k-1)}}$$

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 55. Composición del gas natural.

Material	% molar	Peso molecular (kg/mol)
Nitrógeno	0.2112	28.0135
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:

$$M = \sum x_i M_i$$

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:

$$k = \frac{Cp}{Cv} = \frac{Cp}{Cp - R_g}$$

En la **Tabla 56** se incluyen los valores de capacidades caloríficas reportadas en la literatura, considerando una temperatura de 25°C.

Tabla 56. Constantes para la determinación del Cp del gas natural

Componente	Cp=J/mol°C
Nitrógeno	29.126
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:

$$Cp = \sum x_i Cp_i$$

donde Cp_i y x_i son el peso molecular y fracción molar de cada componente del gas natural, al sustituirse estos parámetros se obtuvo el Cp = 37.1775 J/molºC.

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:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

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 57. 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 significante. 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:

$$m_{GN} = \dot{m} \cdot t$$

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 siguiente tabla se presentan los valores obtenidos para los diferentes casos analizados:

Tabla 58. 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-20IN-100%	100%	20	0.508	20	0.508	0.202682992	69.98	6862.69367	1496.154
2	2A-VAL-24IN-100%	100%	24	0.6096	24	0.6096	0.291863508	56.24	5515.25996	1731.450851
3	3A-VAL-24IN-100%	100%	24	0.6096	24	0.6096	0.291863508	56.24	5515.25996	1731.450851
4	4A-VAL-8IN-100%	100%	8	0.2032	8	0.2032	0.032429279	56.24	5515.25996	192.383427
5	5A-FUGA-24IN-100%	100%	24	0.6096	24	0.6096	0.291863508	35.15	3447.037475	1082.156783
6	5B-FUGA-24IN-50%	50%	24	0.6096	12	0.3048	0.072965877	35.15	3447.037475	270.539195
7	5C-FUGA-24IN-25%	25%	24	0.6096	6	0.1524	0.018241469	35.15	3447.037475	67.634798
8	6A-FUGA-6IN-100%	100%	6	0.1524	6	0.1524	0.018241469	35.15	3447.037475	67.634798
9	6B-FUGA-6IN-50%	50%	6	0.1524	3	0.0762	0.004560367	35.15	3447.037475	16.908699
10	6C-FUGA-6IN-25%	25%	6	0.1524	1.5	0.0381	0.001140092	35.15	3447.037475	4.227128

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 de Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas de Sonora (REMAS), Estación: Monumentos, correspondientes al mes de mayo de 2021. Se utilizó una temperatura ambiente máxima promedio de 37° C; una humedad relativa promedio de 58% y una velocidad del viento promedio de 17 km/h (4.7 m/s) con dirección predominante al Oeste. En el **Anexo 6** se presenta el resumen de los datos obtenidos de la estación meteorológica. En la siguiente tabla se presentan los datos de alimentación al simulador:

Tabla 59. Datos de Alimentación al Simulador para los Eventos de Riesgo Identificados.

Evento	Parámetro	Datos
Condiciones climatológicas	Velocidad de vientos: Temperatura ambiente: Humedad relativa:	17 km/h = 4.7 m/s 37 °C. 58 % Estabilidad: Pasquill B (Inestable) Día
Incendio	Coeficiente de descarga:	0.63
	Radiación de interés:	25 kW/m², Zona de Alto Riesgo (energía mínima para encender la madera en exposiciones indefinidamente largas (sin piloto). 5 kW/m², Zona de Amortiguamiento (suficiente para causar quemaduras de segundo grado). 1.4 kW/m², (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-20IN-100%

Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 20" de diámetro @69.98 kgf/cm2 (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM "City Gate" con coordenadas UTM X: COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 101.3 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 161.53 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una

distancia de 363.73 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 673.94 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.

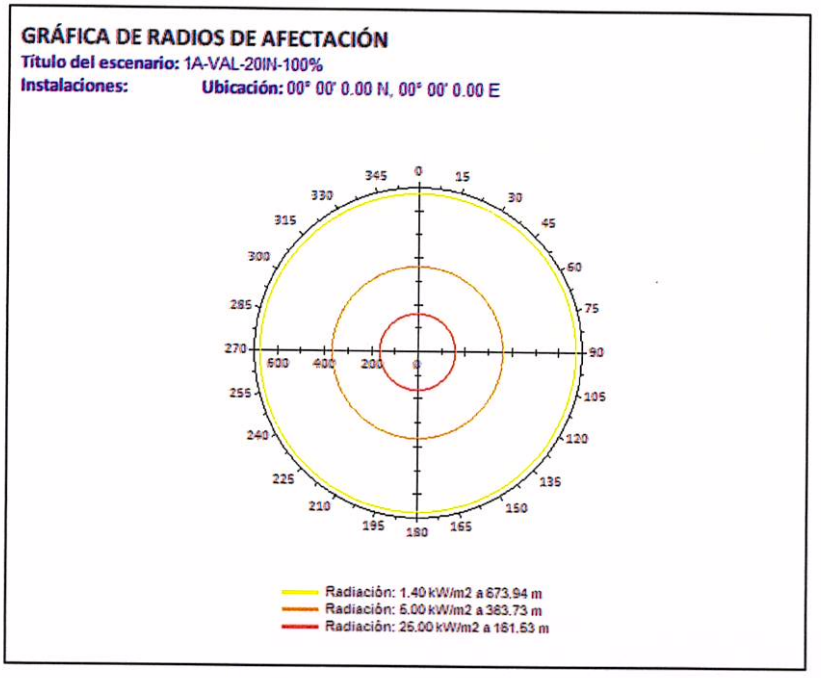


Figura 20. Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura de la válvula de esfera de 20" @ 69.98 kg/cm^2.

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 683.1 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 1,150.2 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.

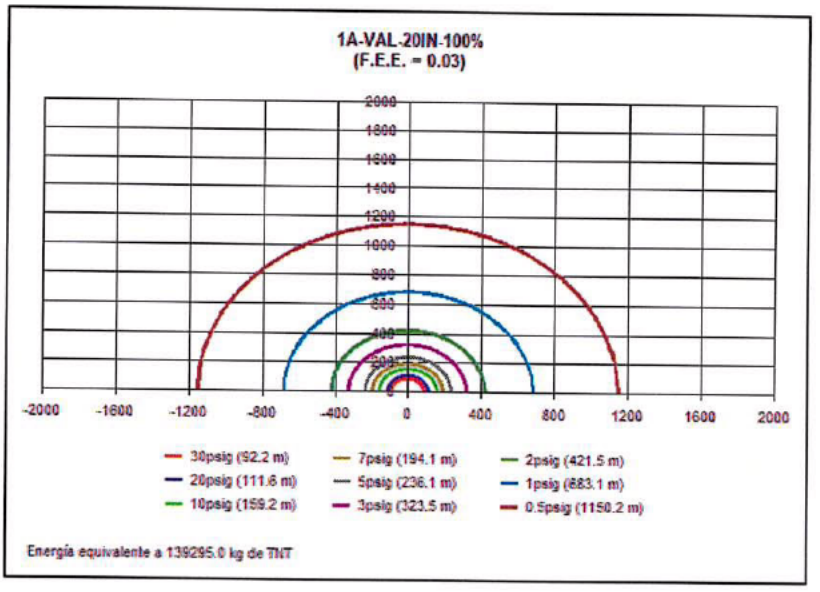


Figura 21. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión de gas natural originada por una fuga de gas natural por la ruptura de la válvula de esfera de 20" @ 69.98 kg/cm^2.

Caso 2.

Clave de Escenario. 2A-VAL-24IN-100%

Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 24" de diámetro @56.24 kgf/cm2 (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la EMRyC 1, con coordenadas UTM X: COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 121.6 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 171.02 m, se generaría una radiación de 5 kw/m^2 a una

distancia de 389.08 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 722.20 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.

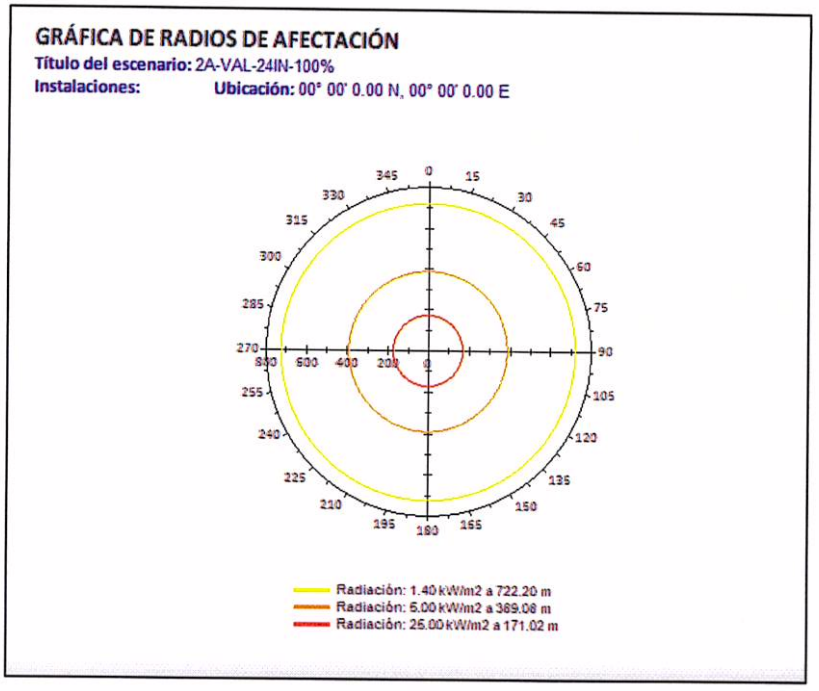


Figura 22. Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura de la válvula de esfera de 24" @ 56.24 kg/cm^2.

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 717.2 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 1,207.5 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.

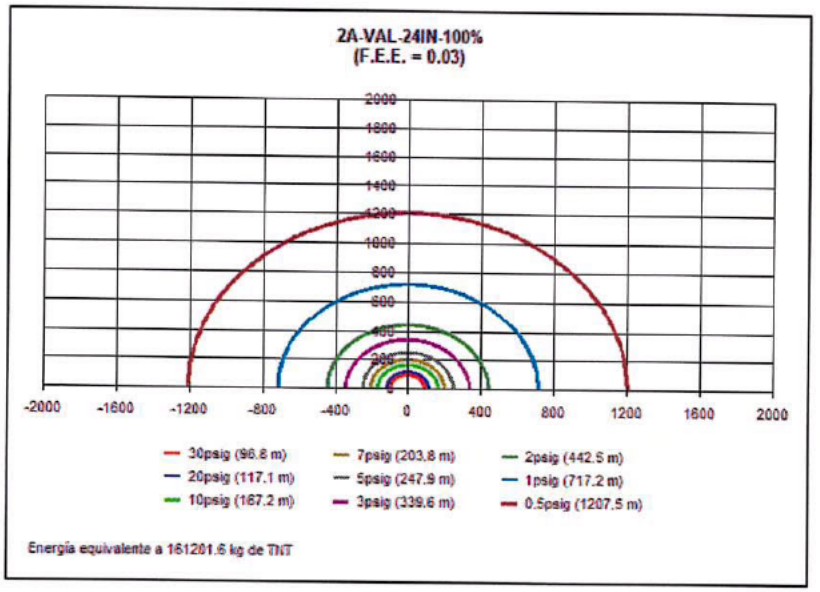


Figura 23. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión de gas natural originada por una fuga de gas natural por la ruptura de la válvula de esfera de 24" @ 56.24 kg/cm².

Caso 3.

Clave de Escenario. 3A-VAL-24IN-100%

Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 24" de diámetro @56.24 kgf/cm2 (presión máxima de operación, por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la EMRyC 2, con coordenadas UTM X:

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 121.6 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 171.02 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 389.08 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de

1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 722.20 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.

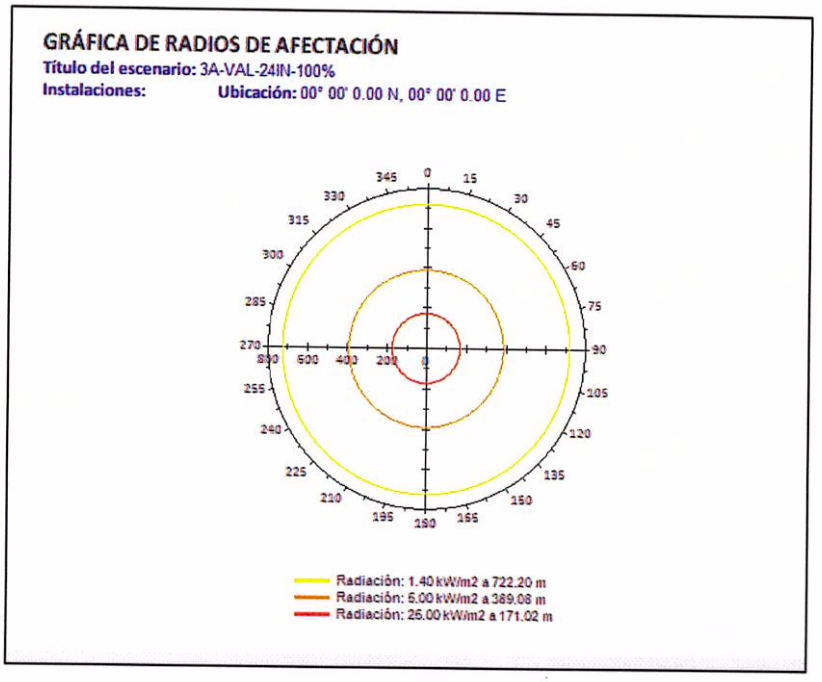


Figura 24. Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura de la válvula de esfera de 24" @ 56.24 kg/cm^2.

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 717.2 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 1,207.5 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.

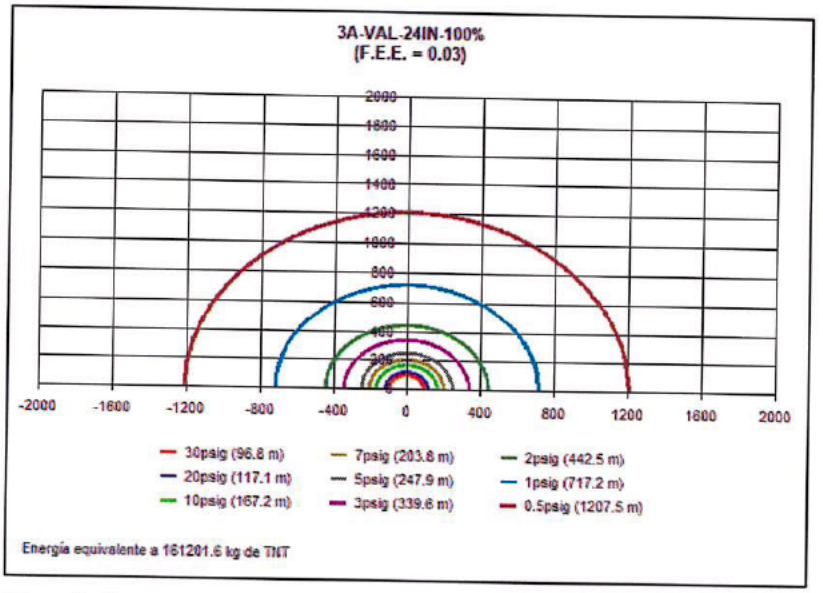


Figura 25. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión de gas natural originada por una fuga de gas natural por la ruptura de la válvula de esfera de 24" @ 56.24 kg/cm².

Caso 4.

Clave de Escenario. 4A-VAL-8IN-100%

Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 8" de diámetro @56.24 kgf/cm2 (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM 3, con coordenadas UTM X

[redacted] COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

<u>Incendio.</u>

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 40.5 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 59.39 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 135.80 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de

1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 252.28 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.

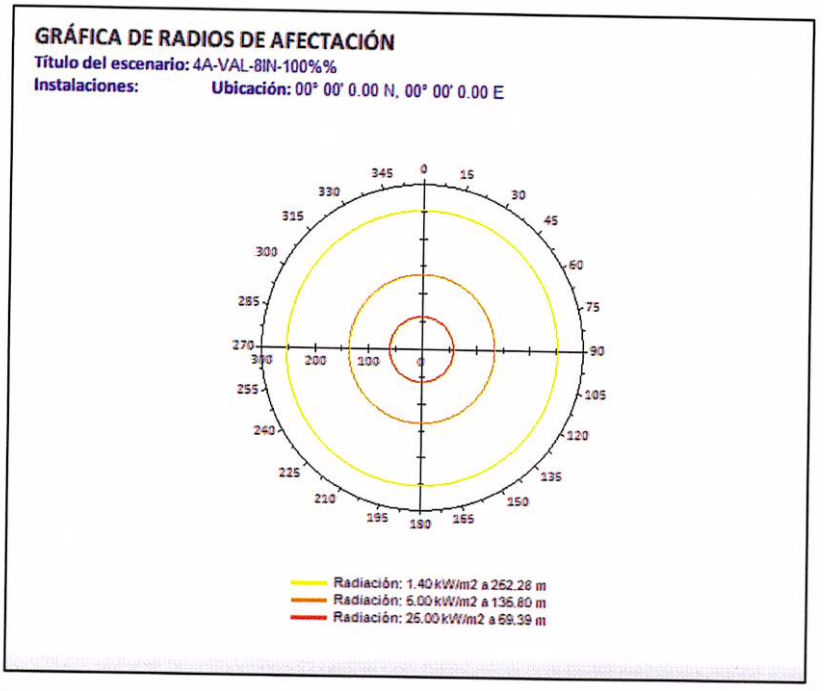


Figura 26. Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura de la válvula de esfera de 8" @ 56.24 kg/cm^2.

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 344.8 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 580.5 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.

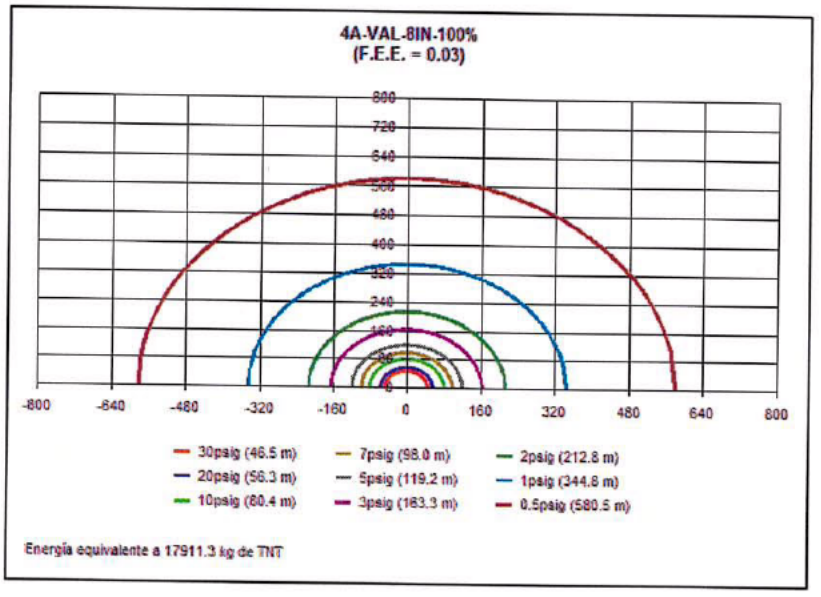


Figura 27. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión de gas natural originada por una fuga de gas natural por la ruptura de la válvula de esfera de 8" @ 56.24 kg/cm².

Caso 5.

Clave de Escenario. 5A-FUGA-24IN-100%

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm2 (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con coordenadas UTM [redacted] ***debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.***

*COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 121.6 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 131.07 m, se generaría una radiación de 5 kw/m^2 a una distancia de 308.34 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 575.47 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.

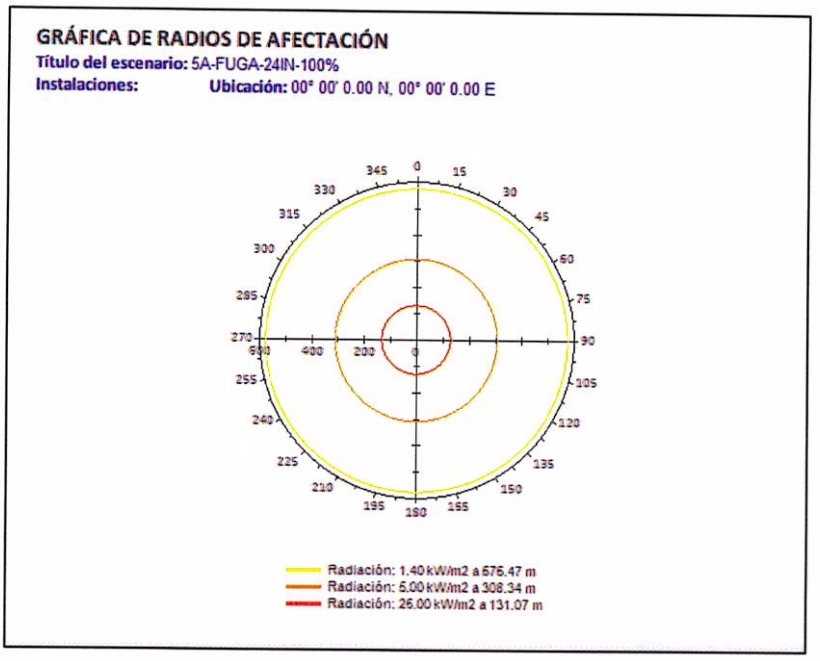


Figura 28. Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 100% de tubería de 24" @35.15 kgf/cm^2.

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 613.2 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 1,032.4 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.

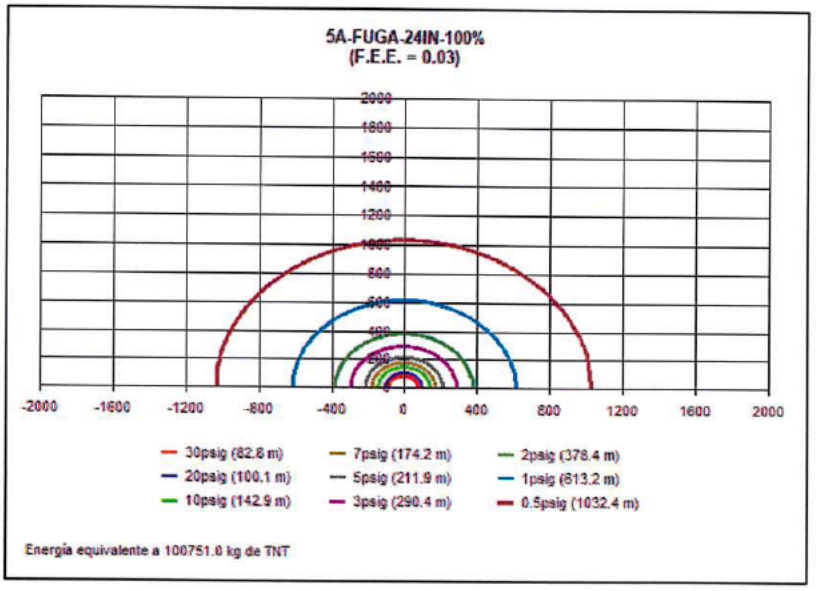


Figura 29. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 100% de tubería de 24" @35.15 kgf/cm^2.

Caso 6.

Clave de Escenario. 5B-FUGA-24IN-50%

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm2 (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con coordenadas UTM X: [redacted]* debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.

*COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 60.8 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 67.25 m, se generaría una radiación de 5 kw/m^2 a una distancia de 158.72 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 296.37 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.

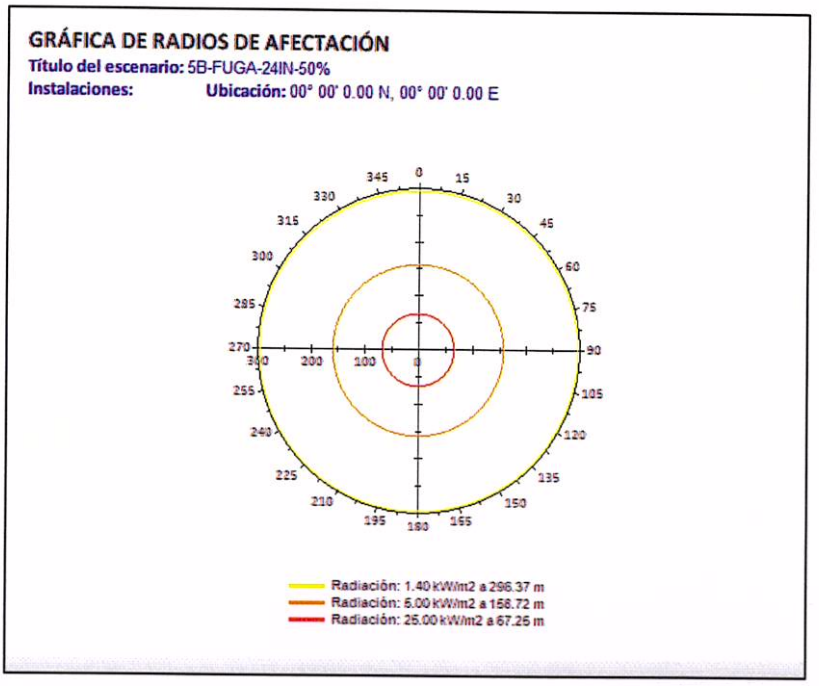


Figura 30. Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería de 24" @35.15 kgf/cm^2.

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 386.3 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 650.4 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.

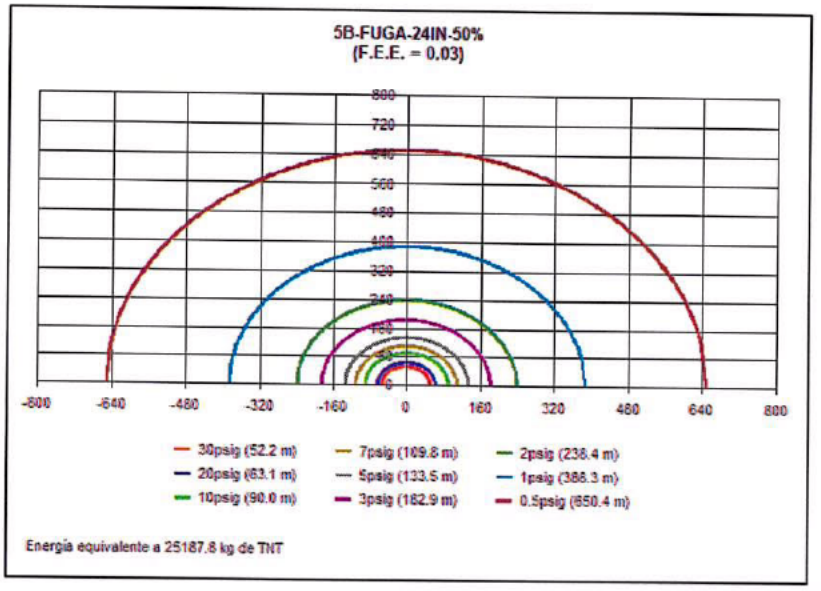


Figura 31. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería de 24" @35.15 kgf/cm^2.

Caso 7.

Clave de Escenario. 5C-FUGA-24IN-25%

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm2 (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con coordenadas UTM X: [redacted] ebido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.

*COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 30.4 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 34.13 m, se generaría una radiación de 5 kw/m^2 a una distancia de 81.54 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 152.55 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.

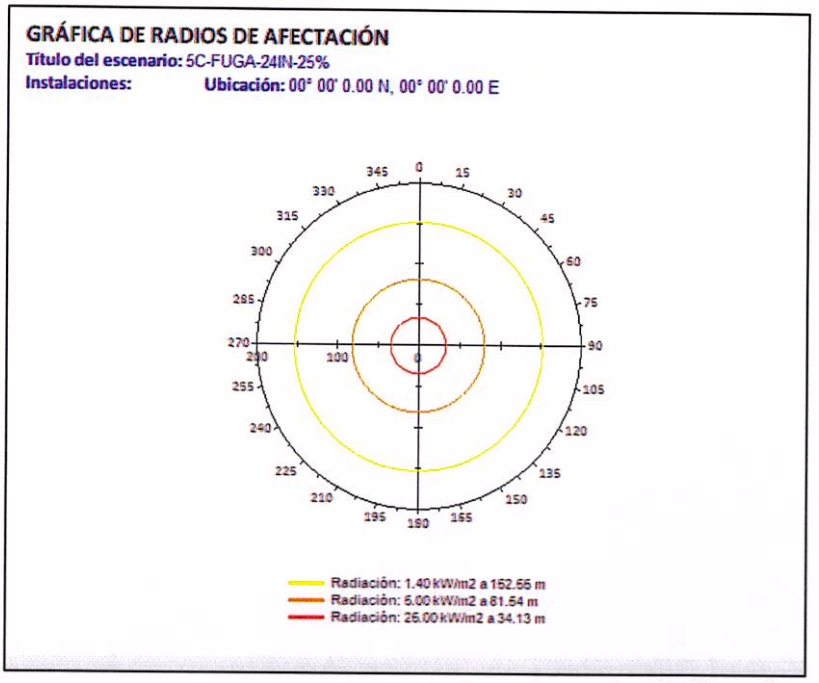


Figura 32. Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 25% de la tubería de 24" @35.15 kgf/cm^2.

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 243.3 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 409.7 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.

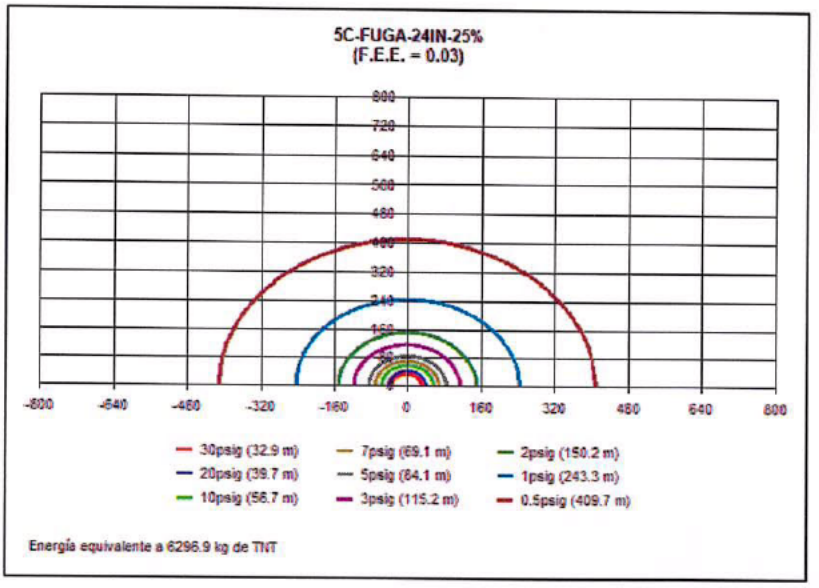


Figura 33. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 25% de la tubería de 24" @35.15 kgf/cm^2.

Caso 8.

Clave de Escenario. 6A-FUGA-6IN-100%

Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm2 (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas UTM X: COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 30.4 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 34.13 m, se generaría una radiación de 5 kw/m^2 a una distancia de 81.54 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 152.55 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.

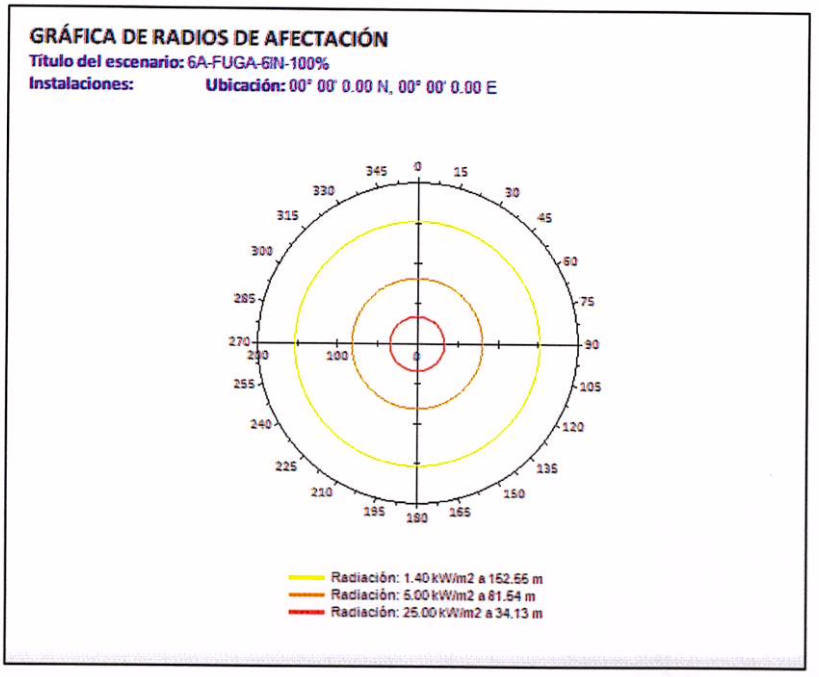


Figura 34. Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 100% de tubería de 6" @35.15 kgf/cm^2.

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 243.3 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 409.7 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.

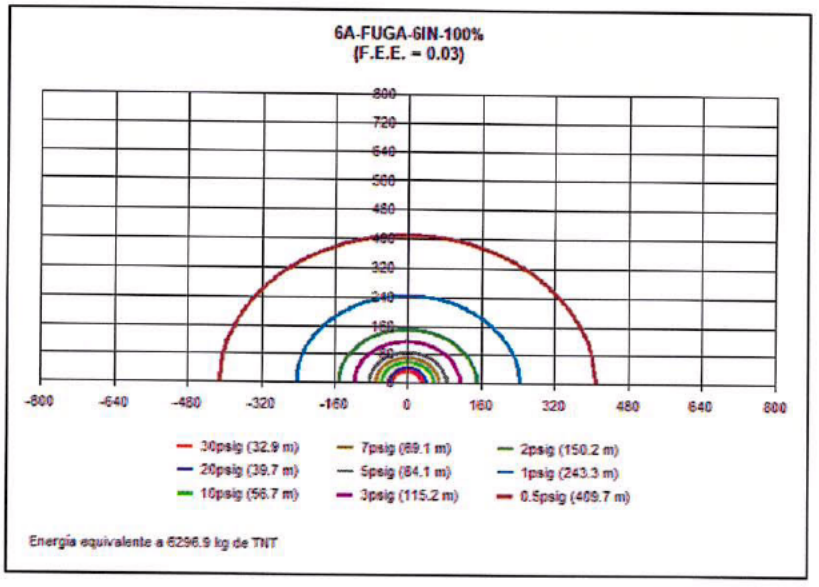


Figura 35. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 100% de tubería de 6" @35.15 kgf/cm².

Caso 9.

Clave de Escenario. 6B-FUGA-6IN-50%

Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm2 (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas UTM X: [redacted] COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 15.2 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 16.87 m, se generaría una radiación de 5 kw/m^2 a una distancia de 41.71 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 78.43 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.

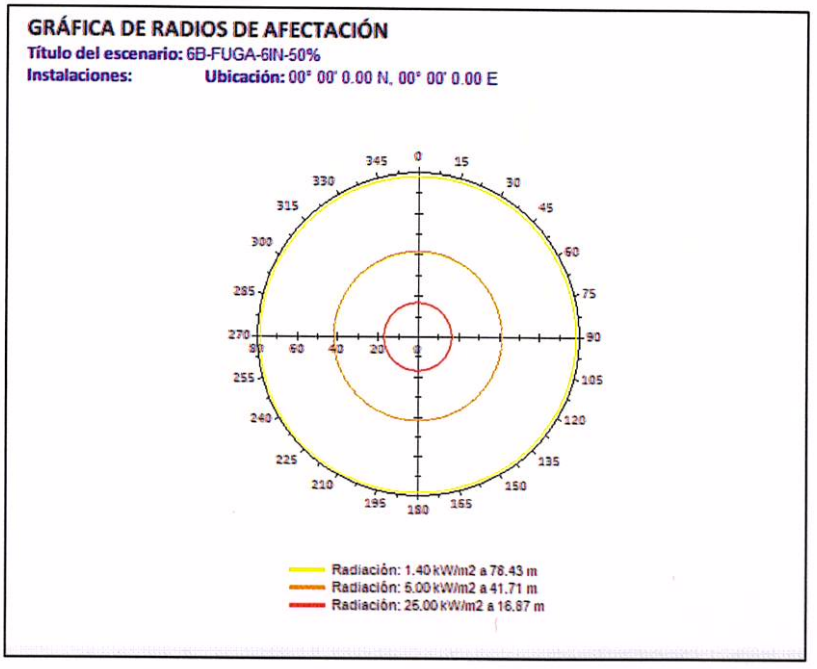


Figura 36. Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería de 6" @35.15 kgf/cm^2.

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 153.3 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 258.1 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.

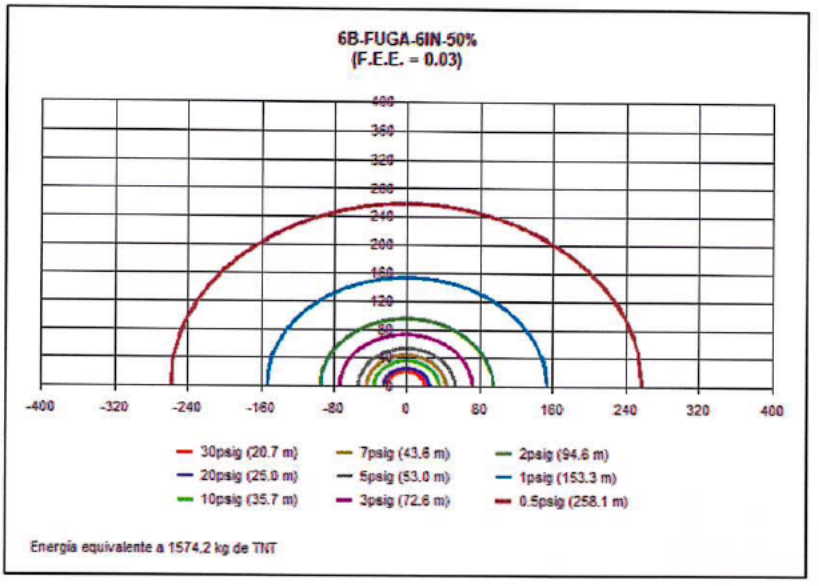


Figura 37. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 50% de la tubería de 6" @35.15 kgf/cm².

Caso 10.

Clave de Escenario. 6C-FUGA-6IN-25%

Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm2 (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas UTM X: [redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 7.6 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 7.69 m, se generaría una radiación de 5 kw/m^2 a una distancia de 21.10 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 40.19 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.

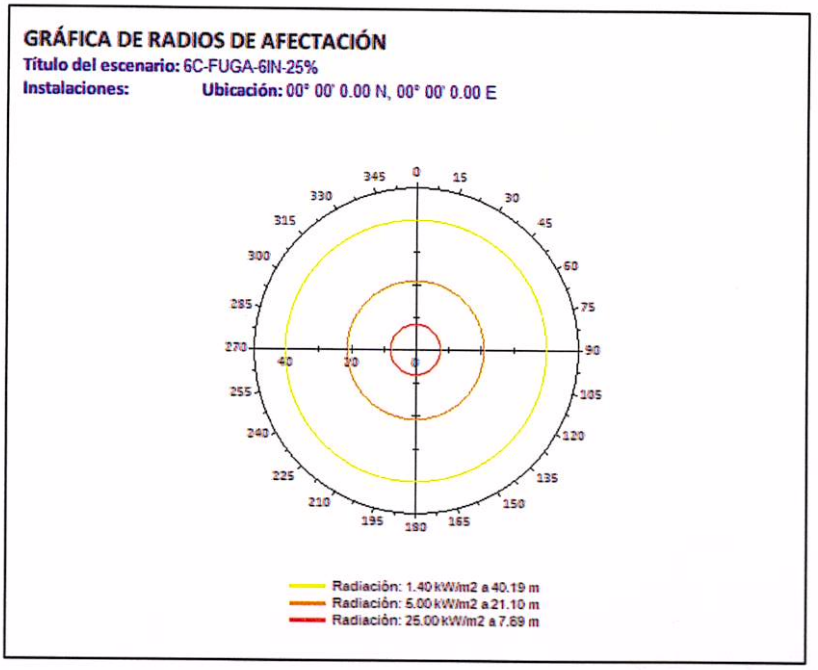


Figura 38. Gráfica de los radios de afectación generados por un incendio derivado de la fuga de gas natural por la ruptura del 25% de la tubería de 6" @35.15 kgf/cm^2.

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 96.6 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 162.6 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.

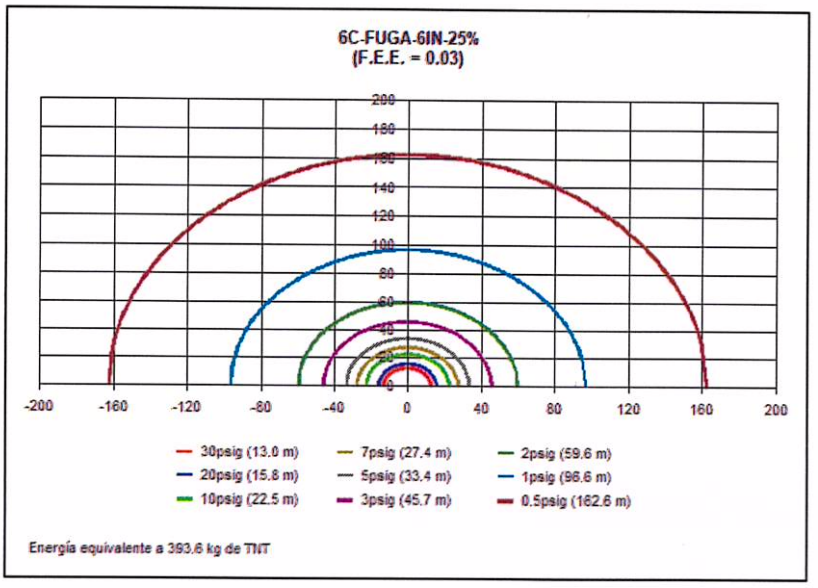


Figura 39. Gráfica de las ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión originada por fuga de gas natural por la ruptura del 25% de la tubería de 6" @35.15 kgf/cm^2.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de resultados de las Simulaciones de Eventos de Riesgo:

Tabla 60. 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 (m^2)	Presión (kgf/cm^2)	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/m^2	5 kw/m^2	1.4 kw/m^2	3 psi	1 psi	0.5 psi
												Distancia Máxima (m)					
1	1A-VAL-20IN-100%	100%	20	0.508	20	0.508	0.20268	69.98	1496.154	448,846.20	101.3	161.53	363.73	673.94	323.50	683.1	1,150.2
2	2A-VAL-24IN-100%	100%	24	0.6096	24	0.6096	0.29186	56.24	1731.451	519,435.26	121.6	171.02	389.08	722.20	339.60	717.2	1,207.5
3	3A-VAL-24IN-100%	100%	24	0.6096	24	0.6096	0.29186	56.24	1731.451	519,435.26	121.6	171.02	389.08	722.20	339.60	717.2	1,207.5
4	4A-VAL-8IN-100%	100%	8	0.2032	8	0.2032	0.03242	56.24	192.383	57,715.03	40.5	59.39	135.80	252.28	163.30	344.8	580.5
5	5A-FUGA-24IN-100%	100%	24	0.6096	24	0.6096	0.29186	35.15	1082.157	324,647.03	121.6	131.07	308.34	575.47	290.40	613.2	1,032.4
6	5B-FUGA-24IN-50%	50%	24	0.6096	12	0.3048	0.07296	35.15	270.539	81,161.76	60.8	67.25	158.72	296.37	182.90	386.3	650.4
7	5C-FUGA-24IN-25%	25%	24	0.6096	6	0.1524	0.01824	35.15	67.635	20,290.44	30.4	34.13	81.54	152.55	115.20	243.3	409.7
8	6A-FUGA-6IN-100%	100%	6	0.1524	6	0.1524	0.01824	35.15	67.635	20,290.44	30.4	34.13	81.54	152.55	115.20	243.3	409.7
9	6B-FUGA-6IN-50%	50%	6	0.1524	3	0.0762	0.00456	35.15	16.909	5,072.61	15.2	16.87	41.71	78.43	72.60	153.3	258.1
10	6C-FUGA-6IN-25%	25%	6	0.1524	1.5	0.0381	0.00114	35.15	4.227	1,268.14	7.6	7.69	21.10	40.19	45.70	96.6	162.6

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 61. 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	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor y una carretera (Internacional).	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	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor y una carretera (Internacional).		
		Amortiguamiento	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, una carretera (Internacional) y un cuerpo de agua.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor y una carretera (Internacional).		
		Alto Riesgo	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, una carretera (Internacional) y un cuerpo de agua.		
		Amortiguamiento	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, una carretera (Internacional) y un cuerpo de agua.		
2A-FUGA-12IN-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor.	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	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor.		
		Amortiguamiento	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor.		
		Alto Riesgo	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor.		
		Amortiguamiento	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor.		
2B-FUGA-12IN-50%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor.	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	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor.		
		Amortiguamiento	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor.		
		Alto Riesgo	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor.	Válvulas de seccionamiento en la	Dar seguimiento a los programas de

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
		Amortiguamiento	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor.	trayectoria del ducto. Medidor de flujo y alarma de campo. Sistemas de protección catódica.	mantenimiento, de medición de espesores, así como programas de calibración. Patrullaje de la franja del sistema.
2C-FUGA-12IN-25%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.		
		Alto Riesgo	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.		
		Amortiguamiento	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.		
		Alto Riesgo	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y daña parte de una comunidad.	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	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes, la Av. Álvaro Obregón y daña parte de dos comunidades.		
3A-FUGA-4IN-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	Se observan daños en una comunidad dentro de la zona afectada, un cuerpo de agua y algunos circuitos vehiculares.		
		Alto Riesgo	Se observan daños en una comunidad dentro de la zona afectada, un cuerpo de agua y algunos circuitos vehiculares.		
		Amortiguamiento	Se observan daños en una comunidad dentro de la zona afectada, un cuerpo de agua, algunos circuitos vehiculares y áreas verdes.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	Se observan daños en una comunidad dentro de la zona afectada, un cuerpo de agua y algunos circuitos vehiculares.	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 en una comunidad dentro de la zona afectada, un cuerpo de agua, algunos circuitos vehiculares y áreas verdes.		
		Amortiguamiento	Se observan daños en una comunidad dentro de la zona afectada, un cuerpo de agua, algunos circuitos vehiculares y áreas verdes.		

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
3B-FUGA-4IN-50%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	Se observan daños en una comunidad dentro de la zona afectada, un cuerpo de agua y algunos circuitos vehiculares.		
		Alto Riesgo	Se observan daños en una comunidad dentro de la zona afectada, un cuerpo de agua y algunos circuitos vehiculares.		
		Amortiguamiento	Se observan daños en una comunidad dentro de la zona afectada, un cuerpo de agua y algunos circuitos vehiculares.	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	Alto Riesgo para equipos	Se observan daños en una comunidad dentro de la zona afectada, un cuerpo de agua y algunos circuitos vehiculares.		
		Alto Riesgo	Se observan daños en una comunidad dentro de la zona afectada, un cuerpo de agua y algunos circuitos vehiculares.		
		Amortiguamiento	Se observan daños en una comunidad dentro de la zona afectada, un cuerpo de agua, algunos circuitos vehiculares y áreas verdes.		
3C-FUGA-4IN-25%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	Se observan daños en una comunidad dentro de la zona afectada y algunos circuitos vehiculares.		
		Alto Riesgo	Se observan daños en una comunidad dentro de la zona afectada, un cuerpo de agua y algunos circuitos vehiculares.		
		Amortiguamiento	Se observan daños en una comunidad dentro de la zona afectada, un cuerpo de agua y algunos circuitos vehiculares.	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	Alto Riesgo para equipos	Se observan daños en una comunidad dentro de la zona afectada, un cuerpo de agua y algunos circuitos vehiculares.		
		Alto Riesgo	Se observan daños en una comunidad dentro de la zona afectada, un cuerpo de agua y algunos circuitos vehiculares.		
		Amortiguamiento	Se observan daños en una comunidad dentro de la zona afectada, un cuerpo de agua, algunos circuitos vehiculares y áreas verdes.		
4A-FUGA-10IN-100%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.	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.

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
		Alto Riesgo	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.		
		Amortiguamiento	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.		
		Alto Riesgo	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.		
		Amortiguamiento	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes, una comunidad y la Av. Álvaro Obregón.	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.
4B-FUGA-10IN-50%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor.		
		Alto Riesgo	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.		
		Amortiguamiento	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.		
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.		
		Alto Riesgo	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.		
		Amortiguamiento	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.	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.
4C-FUGA-10IN-25%	Radiación	Alto Riesgo para equipos	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor.		
		Alto Riesgo	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor.		
		Amortiguamiento	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.		

Clave del Escenario	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de Afectación	Descripción de salvaguardas	Recomendaciones a implementar
	Sobrepresión	Alto Riesgo para equipos	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.		
		Alto Riesgo	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.		
		Amortiguamiento	El área de afectación es desértica por lo que se puede observar arena alrededor, se alcanza a impactar áreas verdes y una propiedad privada.		

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 62. 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	161.53	No hay instalaciones afectadas	NA	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	332.50	No hay instalaciones afectadas	NA		
2A-FUGA-12IN-100%	579518	2100764	Alto Riesgo	Radiación	171.02	No hay instalaciones afectadas	NA	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	339.60	No hay instalaciones afectadas	NA		
2B-FUGA-12IN-50%	579518	2100764	Alto Riesgo	Radiación	171.02	No hay instalaciones afectadas	NA	Válvulas de seccionamiento en la trayectoria del ducto. Medidor de	Dar seguimiento a los programas de mantenimiento, de medición de

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							
				Sobrepresión	339.60	No hay instalaciones afectadas	NA	flujo y alarma de campo. Sistemas de protección catódica.	espesores, así como programas de calibración. Patrullaje de la franja del sistema.
2C-FUGA-12IN-25%			Alto Riesgo	Radiación	59.39	No hay instalaciones afectadas	NA		
				Sobrepresión	163.30	No hay instalaciones afectadas	NA		
3A-FUGA-4IN-100%	574603	2110145	Alto Riesgo	Radiación	131.07	No hay instalaciones afectadas	NA	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	290.40	No hay instalaciones afectadas	NA		
3B-FUGA-4IN-50%	574603	2110145	Alto Riesgo	Radiación	67.25	No hay instalaciones afectadas	NA	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	182.90	No hay instalaciones afectadas	NA		
3C-FUGA-4IN-25%			Alto Riesgo	Radiación	34.13	No hay instalaciones afectadas	NA		
				Sobrepresión	115.20	No hay instalaciones afectadas	NA		
4A-FUGA-10IN-100%	580581	2100342	Alto Riesgo	Radiación	34.13	No hay instalaciones afectadas	NA	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	115.20	No hay instalaciones afectadas	NA		
4B-FUGA 10IN-50%	580581	2100342	Alto Riesgo	Radiación	16.87	No hay instalaciones afectadas	NA	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	72.60	No hay instalaciones afectadas	NA		
4C-FUGA-10IN-25%			Alto Riesgo	Radiación	7.69	No hay instalaciones afectadas	NA		
				Sobrepresión	45.70	No hay instalaciones afectadas	NA		

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 transporte 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 63. Inventario de Equipo de Emergencias.

No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
1	Exposlmetro	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

No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
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
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

No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
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 tuberia 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 realizaran 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:

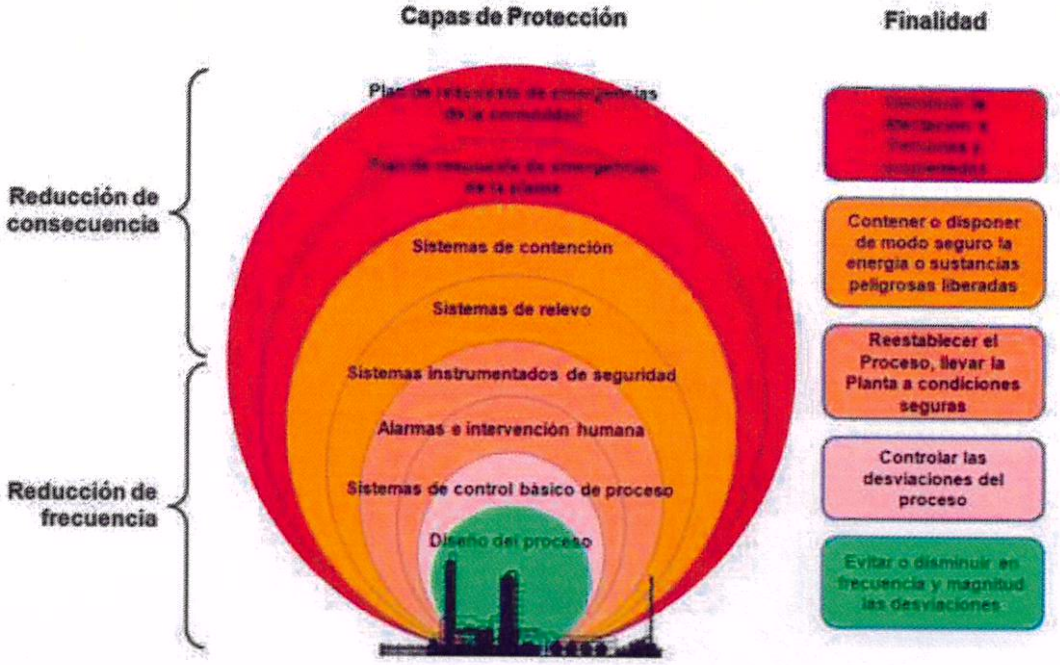


Figura 40. Capas de Protección (Medidas preventivas).

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 adjuntan 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 TRANSPORTE DE GAS NATURAL DE ACCESO ABIERTO, RAMAL SLRC"***, el cual contempla instalar un sistema de transporte de gas natural por medio de ductos, ubicado en los municipios de Mexicali (Baja California Norte) y San Luis Río Colorado (Sonora), que constará de una gasoducto principal de acero en 24 pulgadas de diámetro y con ramales en acero en diámetros 6" para la cobertura industrial.

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 esfera de 20" de diámetro @69.98 kgf/cm^2 (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM "City Gate" con coordenadas UTM X: [redacted]*
- Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 24" de diámetro @56.24 kgf/cm^2 (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la EMRyC 1, con coordenadas UTM X: [redacted]*
- Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 24" de diámetro @56.24 kgf/cm^2 (presión máxima de operación, por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la EMRyC 2, con coordenadas UTM X: [redacted]*
- Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 8" de diámetro @56.24 kgf/cm^2 (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM 3, con coordenadas UTM X: [redacted]*
- Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm^2 (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la

*COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con coordenadas [redacted] debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.

- Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm² (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con coordenadas UTM X [redacted] ido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
- Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm² (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con coordenadas UTM X [redacted] ebido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
- Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm² (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas UTM X [redacted]
- Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm² (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas UTM X: [redacted]
- Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm² (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas UTM X: [redacted]

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:

*COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

- ***Caso 1. Clave de Escenario. 1A-VAL-20IN-100%***
  Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 20" de diámetro @69.98 kgf/cm² (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM "City Gate" con coordenadas UTM X: COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 101.3 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 161.53 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 363.73 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 673.94 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 683.1 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 1,150.2 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- ***Caso 2. Clave de Escenario. 2A-VAL-24IN-100%.***
  Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 24" de diámetro @56.24 kgf/cm² (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la EMRyC 1, con coordenadas UTM X: COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 121.6 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 171.02 m, se generaría una radiación de 5 kw/m^2 a una distancia de 389.08 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m2, se daría a una distancia máxima de 722.20 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 717.2 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 1,207.5 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- ***Caso 3. Clave de Escenario. 3A-VAL-24IN-100%.***
  Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 24" de diámetro @56.24 kgf/cm^2 (presión máxima de operación, por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la EMRyC 2, con coordenadas UTM X: COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 121.6 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 171.02 m, se generaría una radiación de 5 kw/m^2 a una

distancia de 389.08 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 722.20 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 717.2 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 1,207.5 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- ***Caso 4. Clave de Escenario. 4A-VAL-8IN-100%.***
  Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 8" de diámetro @56.24 kgf/cm^2 (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM 3, con coordenadas UTM X: [redacted] COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 40.5 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 59.39 m, se generaría una radiación de 5 kw/m^2 a una distancia de 135.80 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 252.28 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 344.8 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 580.5 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- ***Caso 5. Clave de Escenario. 5A-FUGA-24IN-100%.***
  Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm² (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con coordenadas UTM X: [redacted] debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 121.6 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 131.07 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 308.34 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 575.47 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 613.2 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 1,032.4 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- ***Caso 6. Clave de Escenario. 5B-FUGA-24IN-50%.***
  Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm² (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con coordenadas UTM X: [redacted] debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 60.8 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 67.25 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 158.72 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 296.37 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 386.3 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 650.4 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- ***Caso 7. Clave de Escenario. 5C-FUGA-24IN-25%***
  Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm² (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con coordenadas UTM X: [redacted] ido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 30.4 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 34.13 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 81.54 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 152.55 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 243.3 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 409.7 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- ***Caso 8. Clave de Escenario. 6A-FUGA-6IN-100%***
  Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm² (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas UTM X: [redacted] COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 30.4 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 34.13 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 81.54 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 152.55 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 243.3 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 409.7 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- ***Caso 9.Clave de Escenario. 6B-FUGA-6IN-50%***
  Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm² (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas UTM X: [redacted] COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 15.2 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 16.87 m, se generaría una radiación de 5 kw/m^2 a una distancia de 41.71 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 78.43 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 153.3 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 258.1 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

- ***Caso 10.***

  Clave de Escenario. 6C-FUGA-6IN-25%

  Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm^2 (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 7.6 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 7.69 m, se generaría una radiación de 5 kw/m^2 a una distancia de 21.10 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 40.19 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 96.6 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 162.6 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 TRANSPORTE DE GAS NATURAL DE ACCESO ABIERTO, RAMAL SLRC"***, actualmente se encuentra en etapa de diseño.

El Proyecto contempla instalar un sistema de transporte de gas natural por medio de ductos, ubicado en los municipios de Mexicali (Baja California Norte) y San Luis Río Colorado (Sonora), que constará de una gasoducto principal de acero en 24 pulgadas de diámetro y con ramales en acero en diámetros 6" para la cobertura industrial.

El proyecto es presentado por la empresa **Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.**, y proyectado en los municipios de Mexicali (Baja California) y San Luis Río Colorado (Sonora); apegado a la Norma NOM-007-ASEA-2016, que rige y estipula todo lo referente a los sistemas de transporte 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/cm^2.

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:

1. Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 20" de diámetro @69.98 kgf/cm^2 (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM "City Gate" con coordenadas UTM X: [redacted]*
2. Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 24" de diámetro @56.24 kgf/cm^2 (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la EMRyC 1, con coordenadas UTM X: [redacted]*

*COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

3. Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 24" de diámetro @56.24 kgf/cm^2 (presión máxima de operación, por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la EMRyC 2, con coordenadas UTM X[redacted]*
4. Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 8" de diámetro @56.24 kgf/cm^2 (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM 3, con coordenadas UTM X: [redacted]*
5. Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm^2 (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con coordenadas UTM X: [redacted]* ebido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
6. Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm^2 (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con coordenadas UTM X: [redacted]* debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
7. Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm^2 (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con coordenadas UTM X: [redacted]* ebido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.
8. Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm^2 (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas UTM X: [redacted]*
9. Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm^2 (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 50% del diámetro de la

*COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

tubería, debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas UTM X: [redacted]*

10. Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm² (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas UTM X: [redacted]*

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 4.5 y los eventos de incendio fueron hechos utilizando el Software SCRI Fuego en su Versión 2.2. Resultando los siguientes resultados:

Caso 1.

Clave de Escenario. 1A-VAL-20IN-100%.

Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 20" de diámetro @69.98 kgf/cm² (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM "City Gate" con coordenadas UTM X: [redacted]*

Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 101.3 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 161.53 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 363.73 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 673.94 m a partir del punto en que se genere la flama.

*COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

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 683.1 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 1,150.2 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

Caso 2.

Clave de Escenario. 2A-VAL-24IN-100%.

Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 24" de diámetro @56.24 kgf/cm² (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la EMRyC 1, con coordenadas UTM X: [redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 121.6 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 171.02 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 389.08 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 722.20 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 717.2 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 1,207.5 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

Caso 3.

Clave de Escenario. 3A-VAL-24IN-100%.

Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 24" de diámetro @56.24 kgf/cm² (presión máxima de operación, por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la EMRyC 2, con coordenadas UTM X: [redacted] COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 121.6 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 171.02 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 389.08 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 722.20 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 717.2 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 1,207.5 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

Caso 4.

Clave de Escenario. 4A-VAL-8IN-100%.

Fuga de Gas Natural en la válvula de esfera de 8" de diámetro @56.24 kgf/cm² (presión máxima de operación), por falla de la válvula que ocasiona ruptura total, localizada en la entrada de la ERM 3, con coordenadas UTM X: [redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 40.5 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 59.39 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 135.80 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 252.28 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 344.8 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 580.5 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

Caso 5.

Clave de Escenario. 5A-FUGA-24IN-100%.

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm² (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con coordenadas UTM [redacted] ***debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.***

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 121.6 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 131.07 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 308.34 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 575.47 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 613.2 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 1,032.4 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

Caso 6.

Clave de Escenario. 5B-FUGA-24IN-50%.

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm² (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con coordenadas UTM X [redacted] debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 110 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP

Incendio.

Al generarse la fuga y encontrar na fuente de ignición se produciría un incendio, que generaría una flama con una longitud de 60.8 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 67.25 m, se generaría una radiación de 5 kw/m² a una distancia de 158.72 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m², se daría a una distancia máxima de 296.37 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 386.3 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 650.4 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

Caso 7.

Clave de Escenario. 5C-FUGA-24IN-25%.

Fuga de Gas Natural en tubería principal de 24" de diámetro @35.15 kgf/cm² (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, en cruce carretero subterráneo UB-CR-CRR-03 con

coordenadas UTM X: [redacted] debido a golpe con maquinaria pesada por obras de remodelación de carretera.

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 30.4 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 34.13 m, se generaría una radiación de 5 kw/m^2 a una distancia de 81.54 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 152.55 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 243.3 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 409.7 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

Caso 8.

Clave de Escenario. 6A-FUGA-6IN-100%.

Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm^2 (presión máxima de operación) por una ruptura del 100% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas UTM X: [redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 30.4 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 34.13 m, se generaría una radiación de 5 kw/m^2 a una distancia de 81.54 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 152.55 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 243.3 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 409.7 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

Caso 9.

Clave de Escenario. 6B-FUGA-6IN-50%.

Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm² (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 50% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas UTM X: [redacted] COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 15.2 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 16.87 m, se generaría una radiación de 5 kw/m^2 a una

distancia de 41.71 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 78.43 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 153.3 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 258.1 m a partir del punto en el que se genere la fuga.

Caso 10.

Clave de Escenario. 6C-FUGA-6IN-25%.

Fuga de Gas Natural en ramal de 6" de diámetro @35.15 kgf/cm^2 (presión máxima de operación) por una ruptura equivalente al 25% del diámetro de la tubería, debido a golpe con maquinaria pesada antes de la entrada a ERM 3, con coordenadas UTM X: [redacted]

COORDENADAS DEL PROYECTO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 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 7.6 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 7.69 m, se generaría una radiación de 5 kw/m^2 a una distancia de 21.10 m y la zona de amortiguamiento definida por una radiación de 1.4 kW/m^2, se daría a una distancia máxima de 40.19 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 96.6 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 162.6 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 transporte 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 64. 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	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

No.	Nombre	Marca	Modelo	Cantidad	Unidad
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	Aguà 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 90º PE	CENTRAL	N.D.	4	PZ
50	Codo 4" Ø x 90º	CENTRAL	N.D.	4	PZ
51	Codo 8" Ø x 90º	CENTRAL	N.D.	2	PZ
52	Codo 4" Ø x 45º	CENTRAL	N.D.	2	PZ
53	Codo 8" Ø x 45º	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

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 tuberia 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 realizaran dos simulacros por año : Simulacro de gabinete y simulacro mayor
- Se contara 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:

- o 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.
- o 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.
- o 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.
- o 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.
- o 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.