

PROYECTO:
Gasoducto de
Transportadora
de Gas Agros
S.A. de C.V.,
para
Agroparque de
Aguascalientes

Ubicado en:

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



ESTUDIO DE RIESGO

MODALIDAD: ANÁLISIS DE RIESGO

**ACOMPaña A LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MODALIDAD:
PARTICULAR DEL SECTOR INDUSTRIAL.**

Elaboró:



INDICE

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO	4
I.1. BASES DE DISEÑO	4
I.1.1. Proyecto Civil	6
I.1.2. Proyecto mecánico	10
I.1.3. Proyecto sistema contra-incendio.....	16
I.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO	17
I.2.1. Hojas de seguridad.....	18
I.2.2. Almacenamiento	22
I.2.3. Equipos de proceso y auxiliares	22
I.2.4. Pruebas de verificación	23
I.3. CONDICIONES DE OPERACIÓN	23
I.3.1. Especificaciones del cuarto de control.....	24
I.3.2. Sistemas de aislamiento	27
I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS	27
I.4.1. Antecedentes de accidentes e incidentes.	27
I.4.2. Metodologías de identificación y jerarquización.....	34
II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES	61
II.1 Radios potenciales de afectación	61
II.2. INTERACCIONES DE RIESGO	75
II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL	84
III. SEÑALAMIENTOS DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL	92
III.1. Recomendaciones técnico-operativas	92
III.1.1 Sistemas de seguridad.....	97
III.1.2. Medidas preventivas.....	98
IV. RESUMEN	100
IV.1. Señalar las conclusiones del estudio de riesgo ambiental.....	100
IV.2. Hacer un resumen de la situación general que presenta el proyecto en materia de riesgo ambiental.....	101
IV.3. Presentar el informe técnico debidamente llenado.	105
V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.	108
V.1. FORMATOS DE PRESENTACIÓN	108
V.1.1. Planos de localización.	108
V.1.2. Fotografías.....	108

V.1.3. Videos	108
V.2. OTROS ANEXOS	108

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

I.1. BASES DE DISEÑO

El proyecto del sistema de Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos de la empresa “Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V.”, está programado de forma tal que el energético sea manejado de forma segura y confiable en su transporte, distribución y aprovechamiento para la producción en los invernaderos, agroindustrias, logística, equipamiento, comercio y servicios con los que contará el Agroparque de Aguascalientes. Se anexan los diámetros y longitudes de las tuberías a instalar:

Tabla 1. Diámetros y longitudes de tuberías a instalar

Diámetro	Polietileno, PEAD SDR 11	Acero, API 5L X60	Total
	LONGITUD [m]		
12”	532		532
10	207.51		207.51
8”	831.55		831.55
6”		58	58
1”	381.7		381.7
Total	2010.77		2010.77

El diseño y cálculo de la red de distribución de gas natural se encuentra de acuerdo a los requerimientos establecidos en la NOM-003-ASEA-2016 “Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos”, así como al Código ASME B 31.8, Edición 2010 “Sistemas de Transmisión y distribución de gas por tuberías” estándar de la industria norteamericana, el ASTM D 3408 “Fabricación de Tuberías de Polietileno para Transporte y Distribución de Gas Natural y L.P.” y la Norma Mexicana NMX-E-043-SCFI-2002 “Industria del Plástico-Tubos de Polietileno (PE) para la conducción de Gas Natural”.

Por otra parte, el diseño de un sistema de tubería de acero al carbón y plástica para servicio de gas natural incluye en su consideración los efectos combinados del tiempo, esfuerzos internos, externos y medio ambiente como base en general para seleccionar una clase y tamaño específicos de la tubería que lo conduzca en este caso, polietileno. El esfuerzo del diseño para tubos de polietileno usados para distribución de gas natural está regulado por la NOM-003-ASEA-2016.

En lo relativo al polietileno, se han considerado los siguientes estándares:

- ASTM D2513, cubre los requisitos y métodos de ensayo para el material, dimensiones, resistencia a la rotura hidrostática, resistencia a la tracción, resistencia química, la presión sostenida, la fusión de calor y resistencia al impacto de tubos de plástico, tubos y accesorios utilizados para el entierro directo de dichas tuberías en las redes y servicios de distribución de gas natural.
- ASTM D3261, la cual cubre las especificaciones de la fusión a tope para las tuberías de polietileno y sus accesorios. Se incluyen los requisitos para los materiales, mano de obra, dimensiones, marcado, presión de operación y la presión de ruptura.

- ASTM D2774, la cual es la práctica estándar para la instalación subterránea de tuberías de presión termoplástico.

El uso de gas natural, incrementa la eficiencia de los procesos de generación de energía, no forma residuos de combustión, lo que prolonga la vida útil de los equipos, por estas razones hoy en día la mayoría de las grandes ciudades, empresas e industrias del mundo cuentan con redes de transporte y distribución de gas natural, debido a que su utilización y operación ofrece todas estas cualidades.

Además de los aspectos técnicos, se tomaron en cuenta las características ambientales del área del proyecto, así como los impactos ambientales que su realización traería consigo.

Dentro de las características ambientales encontradas, se tiene la presencia de una falla geológica de nombre "Falla Poniente", éste se localiza en el extremo noreste del Agroparque con Orientación norte-sur y tomando un área de restricción de 10 m a cada lado de la falla afecta una superficie de 20,154 m² del Agroparque, la cual es reducida significativamente para el área del gasoducto. Se presenta un plano ilustrativo de la "Falla Poniente" con respecto al proyecto.

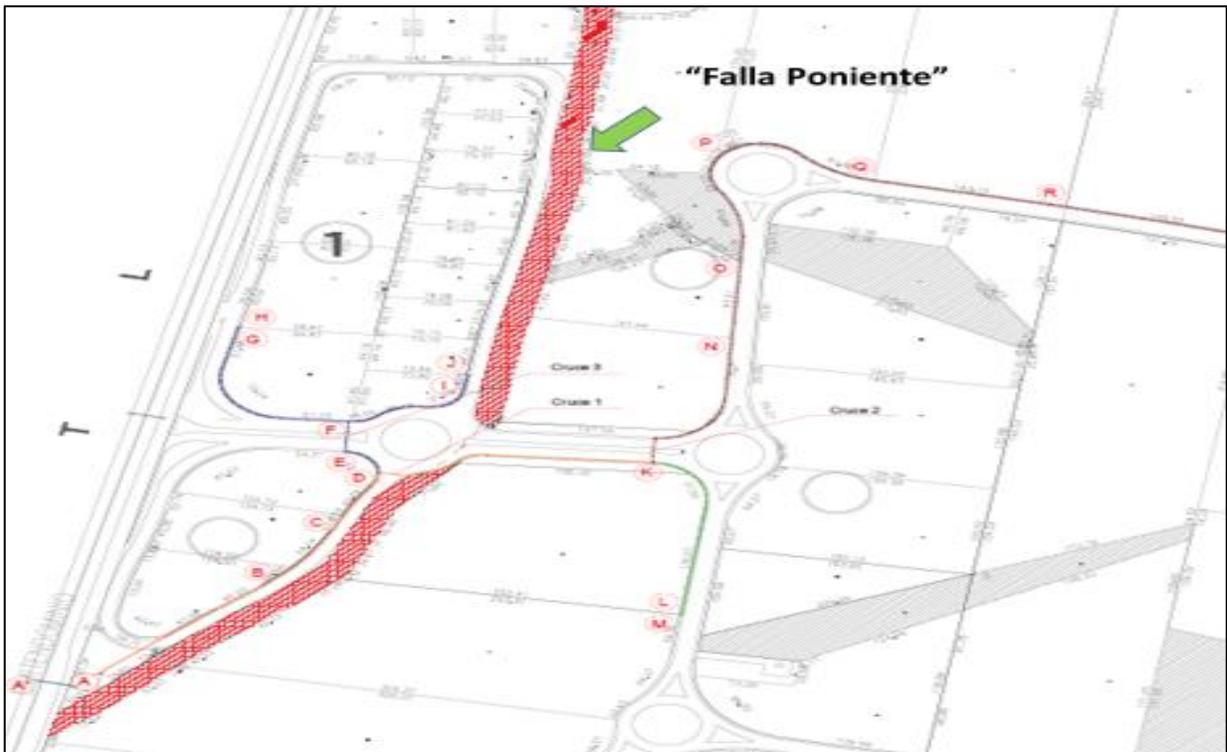


Imagen 1. Representación de la "Falla Poniente" con respecto al proyecto.

Dada la trayectoria del gasoducto, la falla geológica está paralela por 25.86 m a la tubería de 12" PEAD, por lo anterior se consideró colocar fluido en la zona para prevenir posibles hundimientos en un futuro.

Los impactos identificados para el proyecto fueron en su mayoría irrelevantes, de modo que su ejecución no traerá consecuencias ambientales al área de estudio, además de que se realizará en lo correspondiente al derecho de vía de las vialidades del Agroparque. Por otro lado, para la protección y la conservación de cruces

importantes, se realizará la perforación direccional, lo cual permite perforar e instalar el gasoducto sin dañar los puntos endebles a la modificación de su fisiografía.

A continuación, se presenta una imagen ilustrativa de la ubicación del proyecto con respecto al Agroparque y sus principales colindancias.



Imagen 2. Ubicación física del proyecto y del Agroparque.

Tabla 2. Distancia de colindancias

Pobladitos colindantes	Distancia (m)
Santa Fe	972.44
California	4,188.14
Puerta del Muerto	5,436.32
El Durazno	3,910.92
La Punta	3,031.81
La Esperanza	4,100.62
El Muerto	3,738.44

I.1.1. Proyecto Civil

Para el diseño del sistema de Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos para el Gasoducto de la empresa Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., se tomarán en cuenta los requerimientos de diseño establecidas en el capítulo 5 de la NOM-003-ASEA-2016.

En este caso, se tiene que, el diseño de un sistema de Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos debe incluir: el diagrama de flujo, los planos del proyecto, las normas y especificaciones, la memoria de cálculo y la información básica de los diferentes aspectos considerados en el diseño, mismos que serán presentados en los próximos capítulos.

Los ductos serán diseñados con un espesor de pared suficiente, para soportar la presión interna y las cargas externas a las cuales se prevé que estarán expuestos durante y después de su instalación, en conformidad con el numeral 7.7 de la presente norma.

En el diseño de los ductos se considerarán aspectos como:

- a) Características físicas y químicas del gas natural, de acuerdo a la NOM-001-SECRE-2010, Especificaciones del gas natural
- b) Máxima presión de operación, y
- c) Máxima temperatura de operación.

Cargas adicionales

En el diseño de los ductos se considerarán las cargas externas que puedan presentarse sobre el ducto, de acuerdo con las características del medio ambiente y condiciones de trabajo, tales como:

- a) Cargas vivas, como son el peso del gas natural (considerar el peso del agua para efecto del cálculo), nieve, hielo y viento, entre otros;
- b) Cargas por tráfico cíclico de vehículos;
- c) Cargas muertas tales como: el peso propio de la tubería, recubrimientos, rellenos, válvulas y otros accesorios no soportados;
- d) Esfuerzos provocados por sismos;
- e) Vibración y/o resonancia;
- f) Esfuerzos provocados por asentamientos o derrumbes en regiones de suelos inestables;
- g) Efectos de contracción y expansión térmica;
- h) Movimiento de los equipos conectados al ducto;
- i) Esfuerzos provocados por corrientes fluviales o pluviales;
- j) Esfuerzos provocados en los cruces con vías de comunicación;
- k) Factor de seguridad por densidad de población (F), en conformidad con el numeral 7.10 de esta Norma;
- l) Factor por eficiencia de junta (E), en conformidad con el numeral 7.11 de esta Norma;
- m) Espesor adicional por desgaste natural o margen de corrosión.

Clases de localización

La clase de localización fue definida de acuerdo a los criterios establecidos en el numeral 3 de la NOM-003-ASEA-2016. De esta forma, se tiene que, la clase de localización determinada para la zona donde pasará el ducto es 2, puesto que el área unitaria cuenta con más de diez y hasta cuarenta y cinco construcciones para ocupación humana, las demás instalaciones son de carácter industrial y no precisamente de ocupación humana. El área de servicios comunes representa la principal ocupación humana dentro del Agroparque de Aguascalientes.

Separación de ductos con otras instalaciones

Para paralelismo o cruces la separación mínima entre un ducto de transporte con cualquier otra estructura, debe tener un radio mínimo de 30 cm entre dichas estructuras exceptuando con las líneas eléctricas, donde la separación debe ser de 1 m. El ducto de transporte se debe colocar respetando la profundidad establecida en

el numeral 7.6 de esta Norma, mismo que establece una profundidad de 60 cm en suelo normal y 45 cm en roca consolidada para las clases de localización 1 y 2.

La tubería de acero que será empleada en el sistema de Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos, será bajo las especificaciones del API 5LX Grado X42, en cumplimiento al punto 6.2.1 de la NOM-003-ASEA-2016; con respecto al diseño, éste se apegará a lo establecido en el numeral 7.7 de la presente norma.

Para el tramo de interconexión del gasoducto propiedad de Gas Natural Industrial S.A. de C.V. (GNI) se aplicará la práctica de perforación direccional, mismo que se explica en líneas posteriores.

Direccionales

La perforación direccional horizontal es la técnica que permite realizar la perforación e instalación subterránea de tubería de acero y polietileno de alta densidad, además permite trabajar en terrenos tipo I,II, III para desviación internacional de un ducto siguiendo un determinado programa establecido en términos de la profundidad y ubicación relativa del objetivo, es decir, para salvar un obstáculo como puede ser algún tipo de instalación o edificación (parque, edificios), o donde el terreno por condiciones naturales (lagunas, ríos, montañas) hace difícil su acceso.

La perforación horizontal es una derivación directa de la perforación direccional. Con la aplicación de esta técnica se puede perforar un pozo direccionalmente hasta lograr un rango entre 80° y 90° de desviación a la profundidad y dirección del objeto a alcanzar, a partir del cual se iniciará la sección horizontal. A continuación, se describe brevemente el procedimiento de perforación.

Antes de iniciar la excavación, se lleva a cabo sondeos de estudios geotécnicos completos, con el propósito de poder evaluar todas las dificultades posibles y determinar la trayectoria de la perforación, para la cual se emplean diferentes brocas de múltiples formas y refuerzos en punta, para adaptarse a las necesidades de cada terreno:

- En terrenos blandos se utiliza el sistema de lanza, equipada con un puntero protegido por punta de widia (carburo de tungsteno, correspondiente a la parte corta de la broca), el cual erosiona el terreno,
- En terrenos especialmente blandos la erosión es realizada directamente por un fluido de perforación,
- En terrenos duros se utiliza el sistema para obras que requieren de grandes esfuerzos, en las puntas de perforación, ya que da mayor potencia en el extremo del varillaje. Dicha potencia es transmitida a través del mismo fluido de perforación, el cual, accionando un motor hidráulico, permite dar fuerza de rotación al cabezal del que está provisto. El cabezal de perforación (bit) es especial para cada tipo de roca, perforando el terreno de forma agresiva y evitando el martilleo.

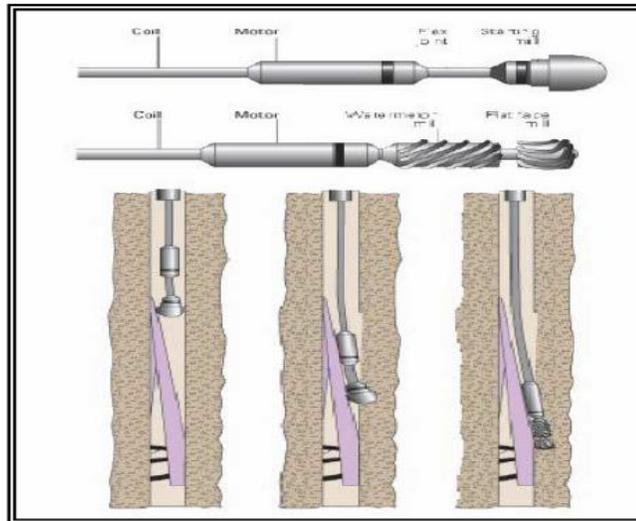


Imagen 3. Puntas de perforación del método direccional horizontal.

Luego del estudio geotécnico y definida la dirección y profundidades, se inicia la perforación con el ensanche, el cual es el proceso, que consiste en el desmontaje del cabezal de perforación, utilizado para los trabajos de direccionamiento de la perforación piloto, y en la conexión de un escariador para proceder al ensanche del micro túnel hasta el diámetro requerido para la introducción del tubo de servicio. El ensanche del micro túnel se realiza progresivamente, es decir, no se pasa del diámetro de perforación piloto directamente al diámetro final, sino que se ejecutan unos ensanches intermedios.

El ducto a instalar puede ser de acero o polietileno, adaptando el proceso de perforación a los radios de giro admisibles según el material, para minimizar las tensiones residuales. En ambos casos, paralelamente al proceso de perforación, se procede a la preparación y soldadura de la tubería. Esta se prepara en toda su longitud, y se alinea para permitir la introducción en la perforación.

La tubería a instalar se conecta inmediatamente detrás del escariador (ensanchador), como si se tratará del último de los ensanches de forma que, al tirar desde la máquina de perforación, el ensanchador agranda o limpia el túnel abierto, previamente y, simultáneamente, se instala el tubo de servicio. Una vez que la tubería sale a la cata de entrada, esta queda instalada dentro del túnel, según el trazo seguido para la perforación piloto, sin intensiones ni deformaciones.

Terminada la introducción de la tubería, se procede a retirar todo el equipo de perforación. Al concluir la obra se entrega un informe completo, con fotografía de la obra, una planta y un perfil del trazo final de la instalación del tubo de servicio.

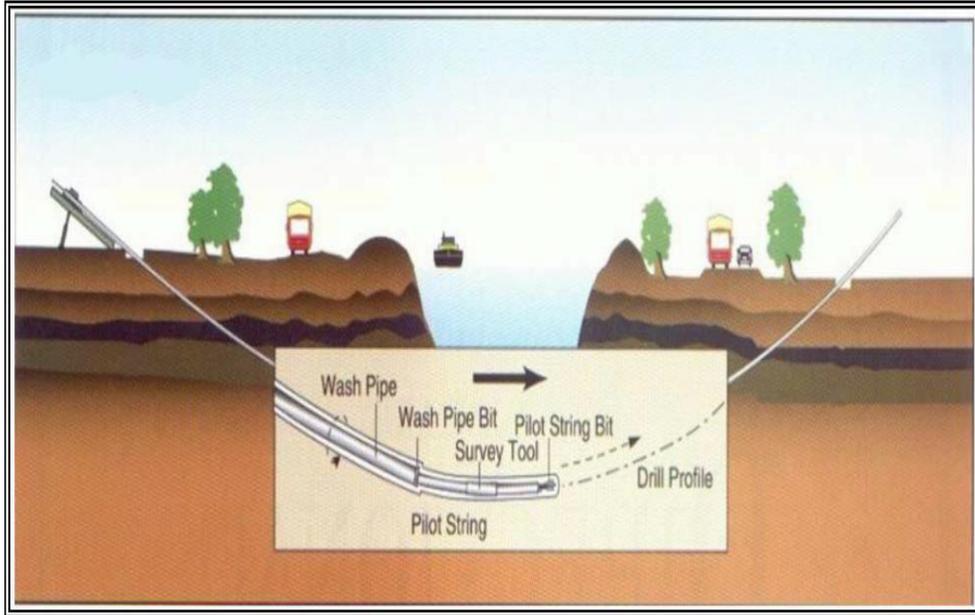


Imagen 4. Técnica de perforación direccional empleada para colocar las tuberías de manera horizontal.

Alineación de la tubería. La tubería será embarcada desde su lugar de origen hasta el sitio de construcción de la obra. Cada segmento se descargará de la plataforma que lo transporte, para depositarlo a un costado del área de afectación, sin rebasar sus límites. La actividad de alineación de la tubería en el terreno será coordinada con la excavación de la trinchera para minimizar el tipo de construcción.

Soldado de tubería. Una vez concluida las actividades de alineación de la tubería, los segmentos serán soldados siguiendo el procedimiento indicado en el capítulo 8 de la norma NOM-003-ASEA-2016 (Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos).

Depósito de zanja. La tubería será levantada por ambos extremos para hacerla descender al piso de la trinchera. La tubería y la trinchera, previamente son inspeccionadas para asegurar que la profundidad sea la correcta, así mismo, para constar que la trinchera esté libre de rocas y escombros, y que la superficie externa de la tubería no esté dañada, para posteriormente proceder a depositarla en el piso.

Cabe mencionar que el relleno de la trinchera se hace con material extraído de la misma, previamente seleccionado para evitar objetos abrasivos en contacto con la tubería. Aunado a lo anterior, se respetará el relleno de la trinchera a fin de depositar el material del subsuelo en la parte inferior y el material superficial sobre este con el fin de establecer el perfil del piso y dejar la base de la flora sin ninguna alteración.

I.1.2. Proyecto mecánico

Antes de iniciar el cálculo de los diámetros de las tuberías que suministrarán gas natural a los usuarios, para las condiciones permanentes de flujo, se debe determinar la presión de entrega a cada usuario, y ésta deberá cumplir con el mínimo requerido para el adecuado funcionamiento de los aparatos de servicio que utilizarán el combustible.

Para el diseño y dimensionamiento del Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos, se utilizará el modelo para flujos conocido como Ecuación de Weymouth. Para aplicar este modelo, se debe discretizar la red; esto es, las consideraciones iniciales para facilitar la aplicación matemática del modelo. A continuación, se presenta el Diagrama de Flujo correspondiente al sistema de transporte del proyecto.

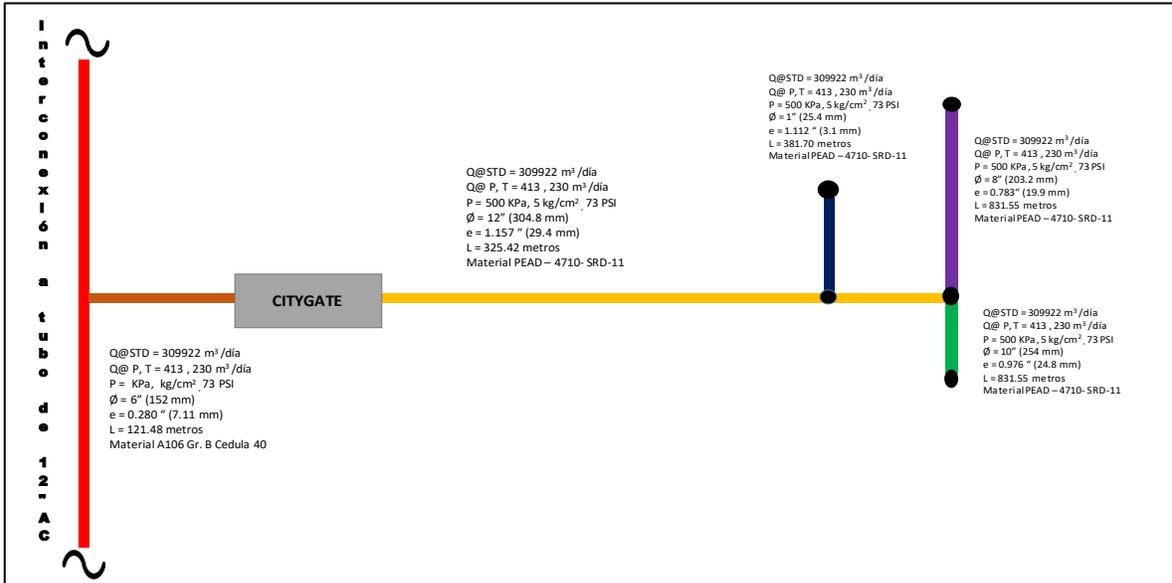


Imagen 5. Diagrama de flujo del sistema de transporte.

Para el cálculo de los diámetros de tuberías se usó la Ecuación de Weymouth que relaciona de un modo práctico la pérdida de carga cuadrática con el caudal circulante, la distancia recorrida por el gas, las características fisicoquímicas del energético y el diámetro de la tubería. Dicha fórmula, se considera que da resultados muy cercanos a la realidad para presiones y diámetros del rango de los que se tienen en este caso.

Tabla 3. Memoria de cálculo depresiones y diámetros de tuberías

Tabla de Consumo por Equipo						
Equipo	Cantidad	Nombre del Equipo	BTU	Total	m ³ /hr	Simultaneidad (100%)
1	35	Produccion Invernaderos	9834606.08	344211212.80	9696.09	9696.09
2	29	Agroindustria	9057983.30	262681515.61	7399.48	7399.48
3	6	Logistica	310270.00	1861620.00	52.44	52.44
4	16	Equipamiento, Comercio y Servicios	155135.00	2482160.00	69.92	69.92
Total					17217.930	17217.930

Estudio de Riesgo
Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Cálculo de la Caída de Presión con la Ecuación Renouard Cuadrática (Alta Presión)

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 S L Q^{1.82} D^{-4.82}$$

Donde:

Q = m³/hr

P₁ = bar

P₂ = bar

D = mm

S = 0.6

L = m

Ecuación para el Cálculo de la velocidad del Fluido

$$V = \frac{354 * Q}{D^2 * P}$$

Donde:

V = m/s

Q = m³/hr

D = mm

P = bar

Presión Barométrica de la zona = 0.777 bar

Presión Manométrica = 5.000 bar

S = 0.600 Densidad

Tramo de Acero al Carbon

Tramo	Consumo (m ³ /hr)	Diámetro nominal (pulg.)	Diámetro Interior (mm)	Material	Longitud (m)	Longitud Total Equivalente (m)	Velocidad del Flujo (m/s)	Presión de Entrada (bar)	Presión de Salida (bar)	Caída de Presión (bar)
K - B'	17217.930	10	254.00	AC-C40	3.44	18.68	16.35	5.777	5.771	0.006

S = 0.600 Densidad

Tubería de PEAD

Tramo	Consumo (m ³ /hr)	Diámetro nominal (pulg.)	Diámetro Interior (mm)	Material	Longitud (m)	Longitud Total Equivalente (m)	Velocidad del Flujo (m/s)	Presión de Entrada (bar)	Presión de Salida (bar)	Caída de Presión (bar)
B' - C'	17217.930	12	264.80	PEAD	194.18	199.48	15.06	5.771	5.716	0.054
C' - D'	17213.560	12	264.80	PEAD	73.89	84.48	15.20	5.716	5.693	0.023
D' - E'	17209.190	12	264.80	PEAD	57.35	67.94	15.26	5.693	5.675	0.019
E' - F'	61.180	1	27.40	PEAD	39.47	40.57	5.08	5.675	5.653	0.022
F' - G'	56.810	1	27.40	PEAD	36.46	39.47	4.74	5.653	5.634	0.019
G' - H'	17.480	1	27.40	PEAD	184.63	185.73	1.46	5.634	5.624	0.010
H' - I'	13.110	1	27.40	PEAD	2.00	2.55	1.10	5.624	5.624	0.000
G' - J'	39.330	1	27.40	PEAD	117.14	118.24	3.29	5.634	5.605	0.029
J' - K'	34.960	1	27.40	PEAD	2.00	2.55	2.94	5.605	5.605	0.001
E' - L'	17148.010	12	264.80	PEAD	206.56	227.74	15.26	5.675	5.612	0.063
L' - M'	10206.399	10	223.40	PEAD	206.51	215.45	12.90	5.612	5.559	0.053
M' - N'	9951.245	10	223.40	PEAD	1.00	5.47	12.70	5.559	5.558	0.001
L' - O'	6941.610	8	179.50	PEAD	180.90	200.65	13.72	5.558	5.487	0.071
O' - P'	6686.456	8	179.50	PEAD	93.00	100.18	13.22	5.559	5.526	0.033
P' - Q'	6431.301	8	179.50	PEAD	151.76	158.94	12.79	5.526	5.477	0.049
Q' - R'	6176.147	8	179.50	PEAD	111.90	119.08	12.09	5.612	5.578	0.034
R' - S'	5920.993	8	179.50	PEAD	143.47	150.65	11.66	5.578	5.539	0.040
S' - T'	5665.838	8	179.50	PEAD	149.52	156.70	11.24	5.539	5.500	0.038
T' - U'	5410.684	8	179.50	PEAD	1.00	4.59	10.81	5.500	5.499	0.001

Estudio de Riesgo
Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Primera Etapa (City Gate)										
Presión Barométrica de la zona =		0.816	bar							
Presión Manométrica =		7.000	bar				S =	0.600	Densidad	
Tramo	Consumo (m³/hr)	Diámetro nominal (pulg.)	Diámetro Interior (mm)	Material	Longitud (m)	Longitud Total Equivalente (m)	Velocidad del Flujo (m/s)	Presión de Entrada (bar)	Presión de Salida (bar)	Caída de Presión (bar)
E-F	17217.930	8	203.00	AC-Ced. 40	1.73	1.73	18.92	7.816	7.815	0.001
Segunda Etapa (City Gate)										
Presión Barométrica de la zona =		0.816	bar							
Presión Manométrica =		5.000	bar				S =	0.600	Densidad	
Tramo	Consumo (m³/hr)	Diámetro nominal (pulg.)	Diámetro Interior (mm)	Material	Longitud (m)	Longitud Total Equivalente (m)	Velocidad del Flujo (m/s)	Presión de Entrada (bar)	Presión de Salida (bar)	Caída de Presión (bar)
F-G	17217.930	10	255.00	AC-Ced. 40	2.85	2.85	16.12	5.816	5.815	0.001
G-H	17217.930	10	255.00	AC-Ced. 40	2.80	15.55	16.12	5.815	5.810	0.005
H-I	17217.930	10	255.00	AC-Ced. 40	6.37	11.47	16.13	5.810	5.806	0.004
I-J	17217.930	10	255.00	AC-Ced. 40	0.72	5.82	16.14	5.806	5.804	0.002
J-K	17217.930	10	255.00	AC-Ced. 40	1.72	14.47	16.15	5.804	5.800	0.005
H-Q	17217.930	10	255.00	AC-Ced. 40	4.36	17.11	16.13	5.810	5.805	0.006
Q-I	17217.930	10	255.00	AC-Ced. 40	3.96	9.06	16.15	5.805	5.802	0.003
I-J	17217.930	10	255.00	AC-Ced. 40	0.72	13.47	16.16	5.802	5.797	0.004
J-K	17217.930	10	255.00	AC-Ced. 40	1.72	6.82	16.17	5.797	5.795	0.002
By Pass Entrada (City Gate)										
Presión Barométrica de la zona =		0.816	bar							
Presión Manométrica =		21.000	bar				S =	0.600	Densidad	
Tramo	Consumo (m³/hr)	Diámetro nominal (pulg.)	Diámetro Interior (mm)	Material	Longitud (m)	Longitud Total Equivalente (m)	Velocidad del Flujo (m/s)	Presión de Entrada (bar)	Presión de Salida (bar)	Caída de Presión (bar)
A-B	17217.930	6	154.00	AC-Ced. 40	2.47	11.71	11.78	21.816	21.805	0.011
B-M	17217.930	6	154.00	AC-Ced. 40	1.63	15.49	11.79	21.805	21.789	0.015
N-O	17217.930	6	154.00	AC-Ced. 40	2.71	11.95	11.80	21.789	21.778	0.012

Estudio de Riesgo
Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

By Pass Primera Etapa (City Gate)										
Presión Barométrica de la zona =		0.816	bar							
Presión Manométrica =		7.000	bar				S =	0.600	Densidad	
Tramo	Consumo (m³/hr)	Diámetro nominal (pulg.)	Diámetro Interior (mm)	Material	Longitud (m)	Longitud Total Equivalente (m)	Velocidad del Flujo (m/s)	Presión de Entrada (bar)	Presión de Salida (bar)	Caída de Presión (bar)
O-P	17217.930	8	203.00	AC-Ced. 40	1.73	1.73	18.92	7.816	7.815	0.001
By Pass Segunda Etapa (City Gate)										
Presión Barométrica de la zona =		0.816	bar							
Presión Manométrica =		5.000	bar				S =	0.600	Densidad	
Tramo	Consumo (m³/hr)	Diámetro nominal (pulg.)	Diámetro Interior (mm)	Material	Longitud (m)	Longitud Total Equivalente (m)	Velocidad del Flujo (m/s)	Presión de Entrada (bar)	Presión de Salida (bar)	Caída de Presión (bar)
P-G	17217.930	10	255.00	AC-Ced. 40	3.83	16.58	16.12	5.816	5.811	0.005
G-H	17217.930	10	255.000	AC-Ced. 40	3.83	8.93	16.13	5.811	5.808	0.003
H-I	17217.930	10	255.00	AC-Ced. 40	6.37	11.47	16.14	5.808	5.804	0.004
I-J	17217.930	10	255.000	AC-Ced. 40	0.72	5.82	16.15	5.804	5.802	0.002
J-K	17217.930	10	255.00	AC-Ced. 40	1.72	14.47	16.16	5.802	5.797	0.005
H-Q	17217.930	10	255.00	AC-Ced. 40	4.36	27.31	16.17	5.797	5.789	0.009
Q-I	17217.930	10	255.000	AC-Ced. 40	3.96	3.96	16.19	5.789	5.787	0.001
I-J	17217.930	10	255.00	AC-Ced. 40	0.72	16.02	16.20	5.787	5.782	0.005
J-K	17217.930	10	255.000	AC-Ced. 40	1.72	14.47	16.21	5.782	5.777	0.005

Se presenta las memorias de cálculo de caídas de presión para el proyecto (**Anexo 2**).

Prueba de hermeticidad

Previo a la realización de la prueba de hermeticidad, se efectuará una limpieza al interior del tubo a través de un diablo de limpieza, que se correrá con aire para extraer cualquier material extraño.

Esta prueba comprueba la integridad de la tubería y se efectúa de acuerdo a la NOM-003-ASEA-2016 (Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos) de acuerdo a los requisitos del Capítulo 10 de dicha norma, para todos los ductos y cabezales localizados en la clase de localización 1 y 2 se deben probar neumática o hidrostáticamente a 1.25 veces la Máxima Presión de Operación Permissible (MPOP).

Cualquier indicación de pérdida de presión que indique una fuga en el tramo a probar deberá originar una revisión exhaustiva para localizar la falla, su eliminación y reparación. El proceso se repetirá hasta que la prueba sea 100% satisfactoria durante las 24 horas requeridas.

Control de corrosión externa: revestimiento protector

La empresa Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., seleccionará los revestimientos protectores aplicados a sus tuberías de acero con el propósito de controlar la corrosión externa sobre ellos, en base a la agresividad del medio y a las condiciones operativas a las cuales se verá sometido y se asegurará que cumpla con los requerimientos que establece la NOM-003-ASEA-2016, así como los establecidos en el Apéndice 2 de la misma, entre los que se pueden indicar:

- Ser aplicado a la superficie de la tubería previamente preparada y limpia.
- Tener la suficiente adhesión a la superficie metálica del tubo para evitar la introducción de la humedad entre el recubrimiento y el tubo.
- Ser suficientemente dúctil para evitar agrietamientos.
- Ser suficientemente resistente contra daños por el manejo de la tubería y por esfuerzos ocasionados por el suelo.
- Ser de alta resistividad eléctrica y baja capacidad de absorción de humedad.
- Se deberá contar con el certificado de calidad del recubrimiento.

La tubería de acero al carbón API 5L X42 Cedula 40 que se instalará comprenderá sección de tubería enterrada a la cual se le suministrará protección catódica por ánodos de sacrificio. La tubería a instalar es PEAD 4710/3408, no requiere ningún tipo de recubrimiento o protección mecánica o catódica por las características propias del material.

Se anexa Memoria técnico descriptiva (**Anexo 3**).

I.1.3. Proyecto sistema contra-incendio

El gasoducto Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. cuenta con extintores debidamente ubicados en sus instalaciones, compuesto por los siguientes elementos en base a la NOM-002-STPS-2010, correspondiente a la ubicación de extintores para el tipo de riesgo de incendio alto y fuego clase A, se podrán ubicar a una distancia máxima de 15 m del Citygate y de los ramales de distribución existentes, siempre que sean del tipo móvil cumpliendo con la norma NOM-100-STPS-1994 para cumplir con las características.

Extintores contra incendio

Tabla 4. Características de los extintores a emplear en el proyecto

Ubicación	Tipo	Cantidad	Capacidad
Citygate	PQS	2	9 KG
Disparo 1	PQS	1	9 KG
Disparo 2	PQS	1	9 KG
Disparo 3	PQS	1	9 KG
Disparo 4	PQS	1	9 KG

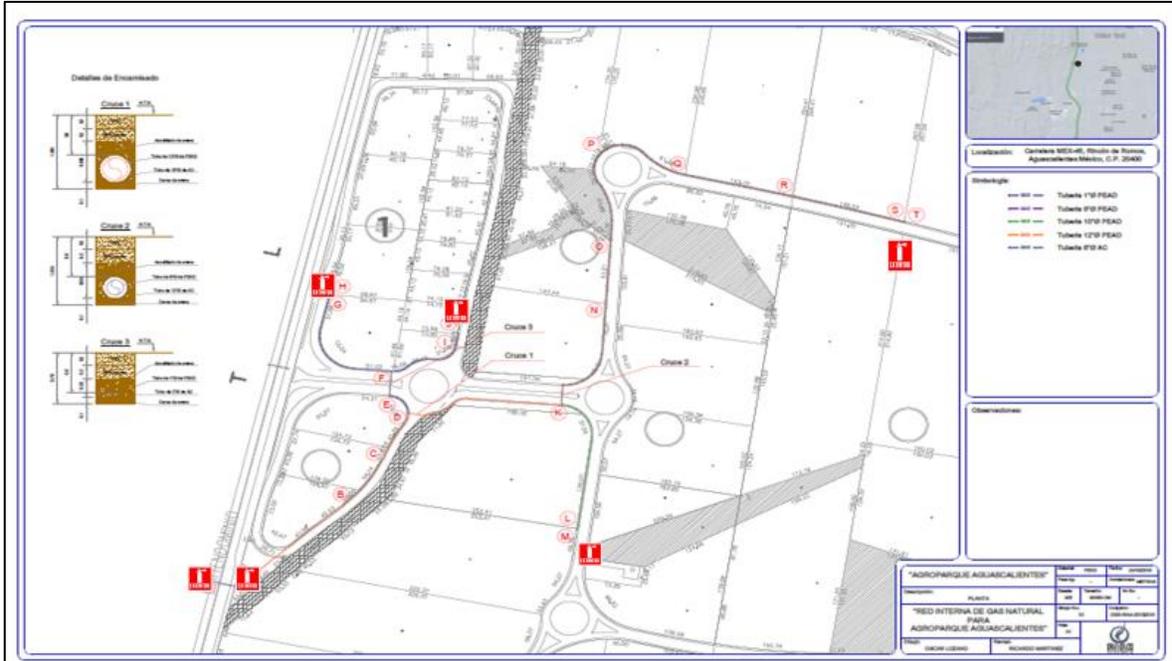


Imagen 6. Plano de ubicación de extintores en el proyecto.

I.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

El sistema de transporte por parte de la empresa Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., está constituido por el gasoducto con tuberías de acero al carbón y polietileno que proveerá de energético al Agroparque de Aguascalientes.

El gasoducto se interconectará en las coordenadas UTM Latitud: 2467905.407 N Longitud: 778030.7772 O; al gasoducto de 12 pulgadas de diámetro propiedad de Gas Natural Industrial S.A. de C.V. Tiene una longitud 2010.77 metros, se anexa tabla de diámetros y longitudes.

Tabla 5. Diámetros y longitudes de gasoductos del Agroparque.

Diámetro	Polietileno, PEAD SDR 11	Acero, API 5L X60	Total
	LONGITUD [m]		
12"	532		532
10"	207.51		207.51
8"	831.55		831.55
6"		58	58
1"	381.7		381.7
Total	2010.77		2010.77

Para la interconexión del gasoducto se utilizará tubería de Acero al Carbón API 5LX Grado X-42 sin costura en 6" de diámetro, con espesores de acuerdo al cálculo que dictamina la NOM-003-ASEA-2016 dependiendo de la clase de localización, la tubería deberá cumplir los requisitos de fabricación de la norma API 5LX que son:

- El fabricante de la tubería deberá contar con sus sistemas de aseguramiento de calidad, deberá contar con la autorización para utilizar el monograma API y contar con un historial adecuado en la fabricación de tubería similar.
- La tubería deberá fabricarse mediante el proceso de doble arco sumergido de inducción a alta frecuencia o ser sin costura.
- El acero deberá fabricarse por el proceso de aceleración al oxígeno ser el tipo calmado y fabricado con un proceso de limpieza y grano fino.
- La placa para la tubería deberá ser laminar en forma controlada, con o sin enfriamiento a ritmo acelerado.

Para el caso de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) que se van a utilizar, éstas deben satisfacer los requerimientos mínimos o equivalentes establecidos en las normas vigentes en México con relación a esta materia y, a falta de éstas, con la práctica internacionalmente reconocida aplicable. Para ello, se han considerado los siguientes estándares:

- ASTM D2513, cubre los requisitos y métodos de ensayo para el material, dimensiones, resistencia a la rotura hidrostática, resistencia química, la presión sostenida, la fusión de calor y resistencia al impacto de tubos de plástico, tubos y accesorios utilizados para el entierro directo de dichas tuberías en las redes y servicios de distribución de gas natural.
- ASTM D3261, la cual cubre las especificaciones de la fusión a tope para las tuberías de polietileno y sus accesorios. Se incluyen los requisitos para los materiales, mano de obra, dimensiones, marcado, presión de operación y la presión de ruptura.
- ASTM D2774, la cual es la práctica estándar para la instalación subterránea de tuberías de presión. Las válvulas y conexiones soldables deben cumplir con los mismos requisitos de presión que la tubería. Los componentes tales como codos, bridas, válvulas, etc., deberán cumplir las especificaciones del ASTM 234 WPD, ANSI B 16.9 y ANSI B 16.28, satisfaciendo los requerimientos del numeral 7.36 y 7.37 de la Norma Oficial Mexicana NOM-003-ASEA-2016.

Con respecto al manejo de sustancias peligrosas, la única que se utilizará en el proyecto es el metano, principal componente del Gas natural. La cantidad empleada (5,099.33 kg) rebasa a la establecida en el segundo listado de actividades riesgosas establecida por la SEMARNAT, la cual corresponde a 500 kg en estado gaseoso, debido a lo anterior, la instalación se cataloga como un establecimiento de Alto Riesgo.

I.2.1. Hojas de seguridad.

La única sustancia peligrosa que se empleará en el proyecto es el Gas Natural, cuyas características son las siguientes:

Tabla 6. Características del Gas Natural.

Identificación del producto		Composición Química	
Nombre del producto	Gas Natural	Gas Natural (Metano)	88%
Nombre químico	Metano	Etano	9%
Familia química	Hidrocarburos del Petróleo	Propano	3%
Fórmula molecular	Mezcla (CH ₄ + C ₂ H ₆ +C ₃ H ₈)	Etil Mercaptano	17-28 ppm

Sinónimos	Gas natural licuado, gas natural comprimido, gas de los pantanos, grisú, hidruro de metilo, Liquefied Natural Gas (LNG	Número CAS (Chemical Abstracts Service)	74-82-8
-----------	--	---	---------

El gas natural es más ligero que el aire (su densidad relativa es 0.61, aire = 1.0) y a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad, las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas en el aire. Esta característica permite su preferencia y explica su uso cada vez más generalizado en instalaciones domésticas e industriales y como carburante en motores de combustión interna. Por otra parte, presenta ventajas ecológicas ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles. El gas natural no tiene color, sabor, ni olor, por lo que es necesario administrar un odorífico para advertir su presencia en caso de fuga.

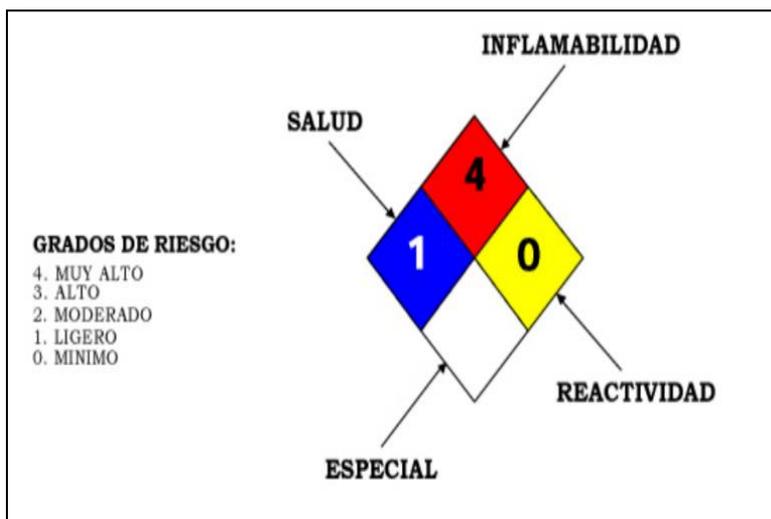


Imagen 7. Rombo de seguridad para el gas natural.

Es considerado como un gas altamente inflamable. Deberá mantenerse alejado de fuentes de ignición, chispas, flama y calor. Las conexiones eléctricas domésticas o carentes de clasificación son las fuentes de ignición más comunes. Debe manejarse a la intemperie ó en sitios abiertos a la atmósfera para conseguir la inmediata disipación de posibles fugas. Se deberá evitar el manejo del gas natural en espacios confinados ya que desplaza al oxígeno disponible para respirar. Su olor característico, por el odorífico utilizado, puede advertirnos de la presencia de gas en el ambiente; sin embargo, el sentido del olfato se perturba, a tal grado, que es incapaz de alertarnos cuando existan concentraciones potencialmente peligrosas.

Primeros Auxilios:

Ojos: El gas natural licuado puede salpicar a los ojos provocando un severo congelamiento del tejido, irritación, dolor y lagrimeo. Aplique, con mucho cuidado, agua tibia en el ojo afectado. Solicite atención médica. Deberá manejarse con precaución el gas natural cuando esta comprimido ya que una fuga provocaría lesiones por la presión contenida en los cilindros.

Piel: Al salpicar el gas natural licuado sobre la piel provoca quemaduras por frío, similares al congelamiento. Mojar el área afectada con agua tibia o irrigar con agua corriente. No use agua caliente. Quítese los zapatos o la ropa impregnada. Solicite atención médica.

Inhalación: No deberá exponerse a altas concentraciones de gas, en caso de lesionados, aléjelos del área contaminada para que respiren aire fresco. Si la víctima no respira, inicie de inmediato resucitación cardiopulmonar. Si presenta dificultad para respirar, adminístrese oxígeno medicinal (solo personal calificado) Solicite atención médica inmediata. El gas natural es un asfixiante simple que, al mezclarse con el aire ambiente, desplaza al oxígeno y entonces se respira un aire deficiente en oxígeno. Los efectos de exposición prolongada pueden incluir dificultad para respirar, mareos, posibles náuseas y eventual inconsciencia.

Ingestión: La ingestión de este producto no es un riesgo normal.

Combate de incendios:

El gas natural y las mezclas de éste con el aire ascenderán rápidamente a las capas superiores de la atmósfera; en ciertas concentraciones son explosivas. En una casa, habitación, o techumbre industrial, una fuga de gas natural asciende hacia el techo, y si ésta no tiene salida por la parte más alta, se quedará atrapada como se muestra en los dibujos (abajo), parte del gas sale por las ventanas y Zona Explosiva.

Las mezclas del gas natural con aire en concentraciones entre 4.5 % y 14.5 % son explosivas, solo hará falta una fuente de ignición para que se desencadene una violenta explosión, 5/8 puertas hacia la atmósfera exterior, y otra parte se queda “atrapada” en la parte inferior del techo y en el momento en que se produzca alguna chispa (al energizar algún extractor, ventilador o el alumbrado) se producirá una violenta explosión.

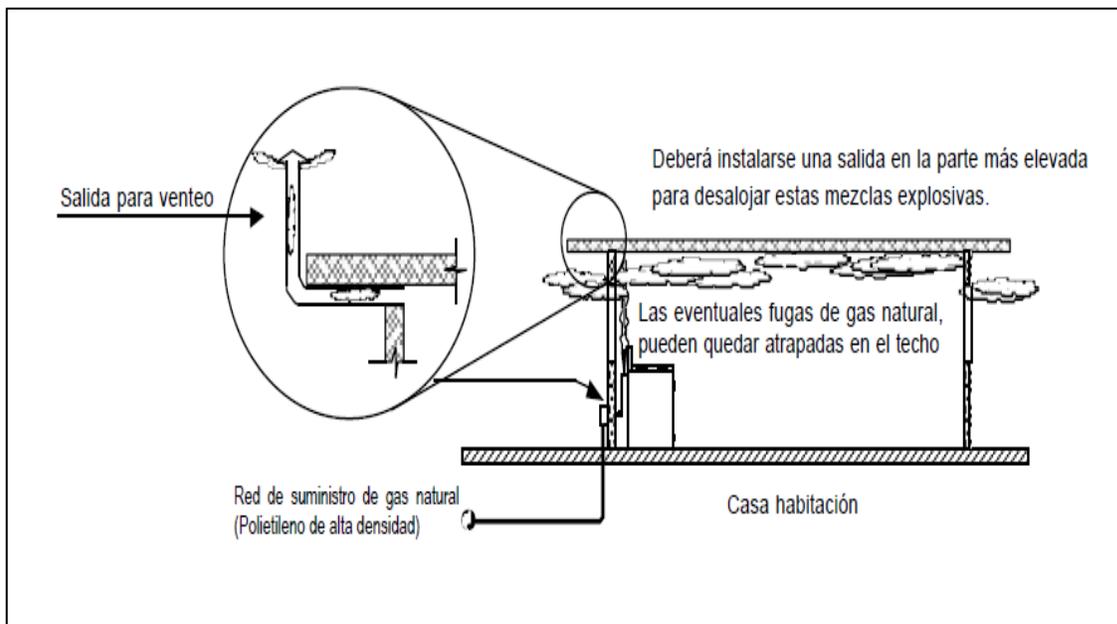


Imagen 8. Ilustración de acumulación de Gas Natural en el techo de casas.

Para la extinción de incendios, se recomienda el uso de polvo químico o seco (púrpura K = bicarbonato de potasio, bicarbonato de sodio, fosfato mono amónico) bióxido de carbono y aspersion de agua para las áreas afectadas por el calor o circundantes. Apague el fuego bloqueando la fuente de fuga.

Instrucciones especiales para el combate de incendios:

a) Fuga de gas natural a la atmósfera, sin incendio:

Si esto sucede a la intemperie el gas natural se disipa fácilmente en las capas superiores de la atmósfera; contrariamente, cuando queda atrapado en la parte inferior de techumbres se forman mezclas explosivas con gran potencial para explotar, y explotarán violentamente al encontrar una fuente de ignición.

Algunas recomendaciones para evitar este supuesto escenario son:

- El gas natural o metano es más ligero que el aire y, por lo tanto, las fugas ascenderán rápidamente a las capas superiores de la atmósfera, disipándose en el aire. Las techumbres deberán tener preventivamente venteos para desalojar las nubes de gas, de lo contrario, lo atraparán riesgosamente en las partes altas.
- Verificar anticipadamente por medio de pruebas y auditorías que la integridad mecánica-eléctrica de las instalaciones está en óptimas condiciones (diseño, construcción y mantenimiento):
 - Especificaciones de tubería (válvulas, conexiones, accesorios, etc.) y prácticas internacionales de ingeniería.
 - Detectores de mezclas explosivas, calor y humo con alarmas audibles y visuales.
 - Válvulas de operación remota para aislar grandes inventarios, entradas, salidas, etc., en prevención a posibles fugas, con actuadores local y remoto en un refugio confiable.
 - Redes de agua contra incendio permanentemente presionadas, con sistemas disponibles de aspersion, hidrantes y monitores, con revisiones y pruebas frecuentes.
 - Extintores portátiles.
- El personal de operación, mantenimiento, seguridad y contra incendio deberá estar capacitado, adiestrado y equipado para cuidar, manejar, reparar, y atacar incendios o emergencias, que deberá demostrarse a través de simulacros operacionales (falla eléctrica, falla de aire de instrumentos, falla de agua de enfriamiento, rotura de ducto de transporte, etc.) y contra incendio.

b) Incendio de una fuga de gas natural:

- Active el Plan de Emergencia según la magnitud del evento.
- Aún sin incendio, asegúrese que el personal utilice el equipo de protección para combate de incendios.
- Bloquee las válvulas que alimentan la fuga y proceda con los movimientos operacionales de ataque a la emergencia mientras enfría con agua las superficies expuestas al calor, ya que el fuego, incidiendo sobre tuberías y equipos provoca daños catastróficos.

Respuesta en caso de fuga

Fuga en Espacios Abiertos: Proceda a bloquear las válvulas que alimentan la fuga. El gas natural se disipará fácilmente. Tenga presente la dirección del viento.

Fuga en Espacios Cerrados: Elimine precavidamente fuentes de ignición y prevenga venteos para expulsar las probables fugas que pudieran quedar atrapadas.

Precauciones para el manejo y almacenamiento

Todo sistema donde se maneje gas natural debe construirse y mantenerse de acuerdo a especificaciones que aseguren la integridad mecánica y protección de daños físicos. En caso de fugas en un lugar confinado, el riesgo de incendio o explosión es muy alto.

Precauciones en el Manejo: Evite respirar altas concentraciones de gas natural. Procure la máxima ventilación para mantener las concentraciones de exposición por debajo de los límites recomendados. Nunca busque fugas con flama o cerillos. Utilice agua jabonosa o un detector electrónico de fugas.

I.2.2. Almacenamiento

La cantidad de metano que el sistema de transporte de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., almacenará rebasa la cantidad de reporte (500 kg) establecido en el segundo listado de actividades riesgosas de SEMARNAT, por lo tanto, el proyecto es considerado como de Alto Riesgo.

Tabla 7. Descripción del Gas Natural

Nombre de la sustancia química	Cantidad almacenada	Equipos a almacenar	Ubicación de almacenamiento
Gas Natural (metano)	5,099.33 kg	Producción invernaderos Agroindustria Logística Equipamiento, comercio y servicios	Infraestructura de tubería

I.2.3. Equipos de proceso y auxiliares

El sistema de Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos contará con los siguientes equipos y accesorios:

- Una estación de regulación y medición denominada Citygate, mismo que se compone de los siguientes accesorios: válvula de corte principal, medidor de flujo Roots Meter, manómetros, reguladores en monitor y válvulas de corte asociadas, válvulas de alivio con sistema de comunicación Scada; incluye instalación, calibración y puesta en servicio, con sistema de odorización. La información técnica del mismo se presenta en el **Anexo 4**.
- Ramal de tubería de Polietileno de Alta Densidad PEAD 4710 (4710 SDR-11) de 1" (25.4 mm) de diámetro con una longitud de 381.70 metros.
- Ramal de tubería de Polietileno de Alta Densidad PEAD 4710 (4710 SDR-11) de 12" (304.8 mm) de diámetro con una longitud de 532.00 metros.
- Ramal de tubería de Polietileno de Alta Densidad PEAD 4710 (4710 SDR-11) de 10" (254 mm) de diámetro con una longitud de 207.51 metros.
- Ramal de tubería de Polietileno de Alta Densidad PEAD 4710 (4710 SDR-11) de 8" (203.2 mm) de diámetro con una longitud de 831.55 metros.

Anexo 5: Plano isométrico del sistema de transporte

I.2.4. Pruebas de verificación

Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., cuenta con su programa calendarizado de actividades, para la aplicación y supervisión de mantenimiento tanto predictivo como correctivo, el cual tiene como objetivo reducir los riesgos de operación del gasoducto, para minimizar la presencia de fugas que puedan ocasionar eventos catastróficos si entra en contacto con una fuente de ignición, así mismo, con la implementación del presente programa de mantenimiento se pretende extender la vida útil de la Citygate y de la tubería que transporta el Gas Natural para el uso del Agroparque.

I.3. CONDICIONES DE OPERACIÓN

El gasoducto se interconectará al gasoducto de 12 pulgadas de diámetro propiedad de Gas Natural Industrial S.A. de C.V. Tiene una longitud de 58 metros desde la interconexión hasta el Citygate con tubería de diámetro 152.4mm (6”) en Acero al Carbón, 325.42 metros del Citygate hasta la primera bifurcación con tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) RD11 304.8mm (12”) de diámetro. El ramal de la primera bifurcación consta de dos disparos y la longitud de este tramo es de 381.70 metros de tubería con diámetro 25.4mm (1”) en PEAD RD11, en este tramo, hace un cruce de calle con un encamisado de 50.8 mm (2”) en Acero al Carbón cédula 40. La segunda bifurcación se encuentra en dirección Este a 206.56 metros de la primera bifurcación con tubería de diámetro 304.8 mm (12”) en PEAD RD11, antes de llegar a ella hace un cruce de calle con un encamisado de diámetro 406.4 mm (6”) en Acero al Carbón cedula 40, la primera bifurcación tiene una longitud de 831.55 metros en dirección Norte con tubería de diámetro 203.2 mm (8”) en PEAD RD11, hace un cruce de calle con un encamisado de diámetro 304.8 mm (12”) en Acero al Carbón cedula 40; la segunda bifurcación tiene una longitud de 207.51 metros en dirección Sur con tubería de diámetro 254 mm (10”) en PEAD RD11.

Los parámetros de presión utilizados para la instalación del gasoducto, son las siguientes:
 Para tramo de interconexión al Citygate.

Tabla 8. Parámetros de presión para instalación de gasoducto por tramo de interconexión al Citygate

Concepto	Unidades		
	Kpa	PSI	Kg/cm2
Máxima Presión de Operación	2059.336	298.68	21
Presión de diseño	25751.589	3734.929	262.6

Para tramo del Citygate a los ramales de distribución.

Tabla 9. Parámetros de presión para instalación de gasoducto por tramo del Citygate a los ramales de distribución

Concepto	Unidades		
	Kpa	PSI	Kg/cm2
Máxima Presión de Operación	392.254	56.891	5
Presión de diseño	17619.613	2555.493	179.675

Por otro lado, la temperatura en que se manipulará el gas natural será de 21°C, mismo que se controlará desde el citygate.

I.3.1. Especificaciones del cuarto de control.

Estación de Regulación y Medición (Citygate)

La estación de Filtración y Medición se diseñó bajo los siguientes parámetros:

Tabla 10. Parámetros Filtración y Medición Citygate

Parámetros	
Fluido	Gas Natural
Diseño	Toda la estación 600 ANSI
Flujo m ³ /h	17, 217.9
Presión de entrada	21 bar
Presión de salida	20.941 bar
Inlet	6° ANSI 600
Outlet	6° ANSI 600
Medidor	Canalta dual chamber fitting de 3 secciones de 6°

Se ubicará en las siguientes coordenadas geográficas:

Tabla 11 Coordenadas Geográficas del Citygate

Coordenadas UTM	
Punto	<i>COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.</i>
Latitud Norte	
Longitud Oeste	
Altura (msnm)	
Punto	
Latitud Norte	
Longitud Oeste	
Altura (msnm)	
Punto	
Latitud Norte	
Longitud Oeste	
Altura (msnm)	
Punto	
Latitud Norte	
Longitud Oeste	
Altura (msnm)	

Tabla 12. Coordenadas UTM del Citygate

Coordenadas UTM	
Punto	<i>COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.</i>
Latitud Norte	
Longitud Oeste	
Zona	
Punto	
Latitud Norte	
Longitud Oeste	

Zona	COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.
Punto	
Latitud Norte	
Longitud Oeste	
Zona	
Punto	
Latitud Norte	
Longitud Oeste	
Zona	

La lista de materiales para el Citygate, se presenta a continuación:

Tabla 13. Lista de materiales para Citygate.

DESCRIPCIÓN DE MATERIAL TECNICA	UNIDAD	CANTIDAD
Válvula tipo esfera de 6"Ø Brida RF ANSI 600 con actuador neumático y sensores para baja y alta presión (Válvula de corte por fuga).	pza.	1
Filtro Coalescente Marca FilterFab Modelo C2-740F Brida RTJ ANSI 600	pza.	2
Válvula tipo bola paso completo Marca Worcester tipo trunnion de 6"Ø Brida RF ANSI 600	pza.	2
Regulador Marca Mooney Modelo FG-121 de 2"x3"Ø Brida RF ANSI 600	pza.	2
Piloto tipo 20 Mooney	pza.	2
Resorte Purple Rango 60-200 PSI Mooney	pza.	2
Regulador Marca Mooney Modelo FG-41 de 4"x4"Ø Brida RF ANSI 600	pza.	2
Piloto tipo 20 Mooney	pza.	2
Resorte Blue Rango 25-90 PSI Mooney	pza.	2
Válvula tipo bola paso completo Marca Worcester tipo trunnion de 10"Ø Brida RF ANSI 600	pza.	6
Válvula de Seguridad Marca Vayremex Modelo 34V, orificio H, con entrada de 1 1/2"Ø Brida RF ANSI 300 y salida de 3"Ø Brida RF ANSI 150	pza.	1
Medidor tipo turbina Marca Elster Modelo Q75 de 10"Ø. G-Size 1600, Brida RF ANSI 600	pza.	2
Brida de 6"Ø WN, 600# RF BORE Ced. 80 A.C. A150	pza.	10
Empaque de 6"Ø, 600# Dev. Espiral Grafito/ 304 Inox. Anillo Cent. E INT. / CGI	pza.	9
Birlo A193 Gr. B7 de 1"Ø x 205mm long, C/2Tuercas de 1 5/8", A 194 GR 2H Pesadas.	Juego	108
Brida de 2"Ø WN, 600# RF BORE Ced. 40 A.C. A150	pza.	6
Empaque de 2"Ø, 600# Dev. Espiral Grafito/ 304 Inox. Anillo Cent. E INT. / CGI	pza.	6
Birlo A193 Gr. B7 de 5/8"Ø x 128mm long, C/2Tuercas de 1 1/16", A 194 GR 2H Pesadas.	Juego	48
Brida de 3"Ø WN, 600# RF BORE Ced. Std. A.C. A150	pza.	2
Empaque de 3"Ø, 600# Dev. Espiral Grafito/ 304 Inox. Anillo Cent. E INT. / CGI	pza.	2
Birlo A193 Gr. B7 de 3/4"Ø x 148mm long, C/2Tuercas de 1 1/4", A 194 GR 2H Pesadas.	Juego	16
Brida de 4"Ø WN, 600# RF BORE Ced. Std. A.C. A150	pza.	4

Estudio de Riesgo
Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Empaque de 4"Ø, 600# Dev. Espiral Grafito/ 304 Inox. Anillo Cent. E INT. / CGI	pza.	4
Birlo A193 Gr. B7 de 7/8"Ø x 172mm long, C/2Tuercas de 1 7/16", A 194 GR 2H Pesadas.	Juego	32
Brida de 10"Ø WN, 600# RF BORE Ced. Std. A.C. A150	pza.	20
Empaque de 10"Ø, 600# Dev. Espiral Grafito/ 304 Inox. Anillo Cent. E INT. / CGI	pza.	18
Birlo A193 Gr. B7 de 7/8"Ø x 252 mm long, C/2Tuercas de 1 7/16", A 194 GR 2H Pesadas.	Juego	288
Tubo de 6"Ø Ced. Std. S/Cost. A.C. A106 B.	Mts.	76.7

Continuación tabla 13...

DESCRIPCIÓN DE MATERIAL TECNICA	UNIDAD	CANTIDAD
Tubo de 8"Ø Ced. Std. S/Cost. A.C. A106 B.	Mts.	2.2
Tubo de 10"Ø Ced. Std. S/Cost. A.C. A106 B.	Mts.	15.2
Codo 90° R.L. de 6 "Ø, Ced. Std. A.C. A234 WPB	pza.	12
Te de 6 "Ø Ced. Std. A.C. A234 WPB	pza.	1
Red. Conc. De 6"x4" Ø Ced. Std. A.C. A234 WPB	pza.	6
Red. Conc. De 4"x2" Ø Ced. Std. A.C. A234 WPB	pza.	6
Red. Conc. De 6"x3" Ø Ced. Std. A.C. A234 WPB	pza.	4
Red. Conc. De 8"x6" Ø Ced. Std. A.C. A234 WPB	pza.	4
Red. Conc. De 6"x4" Ø Ced. Std. A.C. A234 WPB	pza.	2
Red. Conc. De 10"x4" Ø Ced. Std. A.C. A234 WPB	pza.	2
Codo 90° R.L. de 10 "Ø, Ced. Std. A.C. A234 WPB	pza.	5
Te de 10"Ø Ced. Std. A.C. A234 WPB	pza.	3
Te Red. De 10"x6" Ø Ced. Std. A.C. A234 WPB	pza.	1
Red. Conc. De 3"x1 1/2" Ø Ced. Std. A.C. A234 WPB	pza.	1
Thredolet de Ø 1/4", 3000# A.C. A105	pza.	14
Válvula tipo Compuerta de 6"Ø, 600# RF AC 216 WCB, API TRIM 5	pza.	1
Brida de 6"Ø WN, 600# RF BORE Ced. Std. A.C. A150	pza.	2
Empaque de 6"Ø, 600# Dev. Espiral Grafito/ 304 Inox. Anillo Cent. E INT. / CGI	pza.	2
Birlo A193 Gr. B7 de 1"Ø x 205mm long, C/2Tuercas de 1 5/8", A 194 GR 2H Pesadas.	Juego	24
Nipolet de 1"Ø 3000 # Ext. Rosc. A.C. A105 Long. 6-1/2"	pza.	1
Niple de 1"Ø Ced. 160 A.C. A106B Rosc. Long. 4"	pza.	1
Tapón Cachucha de 1"Ø 6000# Rosc. A.C. A105	pza.	1
Válvula Compuerta de 1"Ø 800# Rosc. A.C. A105/ API TRIM 5 (N/A C/C)	pza.	1
Brida de 1 1/2"Ø WN, 300# RF BORE Ced. Std. A.C. A150	pza.	1
Empaque de 1 1/2"Ø, 300# Dev. Espiral Grafito/ 304 Inox. Anillo Cent. E INT. / CGI	pza.	1
Birlo A193 Gr. B7 de 3/4"Ø x 110mm long, C/2Tuercas de 1 1/4", A 194 GR 2H Pesadas.	Juego	4
Brida de 3"Ø WN, 140# RF BORE Ced. Std. A.C. A150	pza.	1
Empaque de 3"Ø, 150# Dev. Espiral Grafito/ 304 Inox. Anillo Cent. E INT. / CGI	pza.	1
Birlo A193 Gr. B7 de 5/8"Ø x 110mm long, C/2Tuercas de 1 1/16", A 194 GR 2H Pesadas.	Juego	4
Nipolet de 1/4"Ø 3000# Ext. Rosc. A.C. A105 Long. 6-1/2"	pza.	2
Nipolet de 2"Ø 3000# Ext. Biselado A.C. A105 Long. 6-1/2"	pza.	2
Thredolet de 1/2" Ø, 3000# A.C. A105	pza.	2

Thredolet de 3/4" Ø, 3000# A.C. 105	pza.	2
Codo 45° R.L. de 6 "Ø, Ced. Std. A.C. A234 WPB	pza.	2
Tubo de 2"Ø Ced. XS S/Cost. A.C. A106 B.	pza.	6.0
Codo 90° R.L. de 2 "Ø, Ced. XS. A.C. A234 WPB	pza.	4

I.3.2. Sistemas de aislamiento

El Citygate representa un riesgo potencial de incendio por ser el área de control de todo el sistema de Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos. La estación de medición y regulación (Citygate) tiene un medidor de flujo Roots Meter que a una baja de presión de 740 Psig se bloquea, asimismo contiene una válvula de seguridad calibrada para activarse a una presión de 21 bar en el Citygate.

I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

I.4.1. Antecedentes de accidentes e incidentes.

El proyecto del Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., contempla procesos que involucran el manejo y Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente publicada en el Diario Oficial de la federación, el 28 de enero de 1998 en su capítulo V, el artículo 146 versa sobre la clasificación de las actividades que deban considerarse altamente riesgosas en virtud de las características de los materiales que se manejan, siendo el gas natural uno de esos materiales a manejar en el proyecto.

Como se había mencionado anteriormente, el gas natural es altamente inflamable, por lo que es muy importante que se mantenga alejado de fuentes de ignición, chispas, flama y calor.

A continuación, se mencionan algunos accidentes relacionados al Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos.

- Fuga de Gas Natural en instalaciones de PEMEX, en el Estado de Veracruz.

Durante la madrugada del domingo 27 de abril del 2008, se registró una fuga de gas natural en el interior de instalaciones de Petróleos Mexicanos (PEMEX) asentadas en la zona sur de Veracruz, lo que provocó que fuera cerrada la circulación de una importante carretera.

De acuerdo con el informe oficial de la Secretaría de Protección Civil, la fuga de gas natural se registró a las 05: 00 horas del domingo en el interior de la Estación de Recolección de Gas Alquimia en Cosamaloapan.

De acuerdo con los reportes de Pemex, el incidente se debió a la ruptura en una válvula del pozo Alquimia 1, localizado un kilómetro adentro de la carretera federal Cosamaloapan-Tinaja a la altura del kilómetro 75.

Personal de Petróleos Mexicanos se presentó de inmediato en el sitio donde de manera preventiva y, para evitar riesgos, procedió a cerrar y desfogar de forma controlada los tres pozos que fluían por este gasoducto.

En tanto, elementos de Protección Civil, en coordinación con agentes de Policía Municipal y estatal, así como de la Policía Federal Preventiva y el Ejército mexicano, acordonaron la zona.

Las autoridades estatales aseguraron que no se reportaron daños mayores ni lesionados, sin embargo, fue cerrada a la circulación el tramo carretero Cosamaloapan – La Tinaja, pues como parte de los trabajos para el cambio de la válvula hay un desfogue a cielo abierto del gasoducto. Fuente: El Universal.mx.



Imagen 9. Fuga de Gas Natural en instalaciones de PEMEX, Veracruz.

- Explosión de un ducto de gas natural en Cuautitlán Izcalli.

El accidente ocurrió en la mañana del 12 de septiembre del 2008, siendo las 8:10 horas, en el kilómetro 34.5 del municipio de Cuautitlán Izcalli, lo que provocó que por más de cuatro horas permanecieran cerrados los carriles centrales de la autopista México-Querétaro.

Según investigaciones realizadas, la explosión fue provocada accidentalmente por trabajadores de la empresa OHL, quienes golpearon un ducto de gas de 10 pulgadas de diámetro de la empresa Gas Natural de México S.A. de C.V. (Diganamex) al realizar trabajos de perforación para la construcción de un puente vehicular del Circuito Exterior Mexiquense, tercera etapa, resultando dos personas lesionadas y el desalojo de poco más de cinco mil habitantes. Dentro de las personas que resultaron heridas se encontraba el operador de la perforadora, Arturo Guevara Flores, quien tuvo tiempo de correr tras el flama; sin embargo, fue necesario su traslado al hospital de Traumatología del IMSS de Lomas Verdes, junto con Ramón Huidobro, quien transitaba por el lugar, por las graves quemaduras que sufrieron.

De acuerdo con informes de Protección Civil del Estado de México, la explosión no fue de peligro, aun cuando hubo momentos en que se registraron llamas de hasta 40 metros de altura, a pesar de ello, fueron desalojados 150 alumnos de la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán, así como de dos escuelas primarias cercanas al lugar de accidente.

Una hora después de la explosión, la flama se redujo hasta dos metros de altura, debido a que la empresa Diganamex cerró la válvula a la altura de Venta de Carpio. Fuente: Cronica.com.mx



Imagen 10. Explosión de ducto de gas natural.

- Fuga de Gas Natural, debido a una ruptura de una tubería. Zapopán, Jalisco.

El 1 de julio del 2011, una cuadra entera fue evacuada en la colonia Paseos del Sol de municipio de Zapopán puesto que se reportó una fuga de gas natural, debido a la ruptura de una tubería.

Cuando trabajadores de la construcción se encontraban realizando una excavación sobre la calle Tomás Balcázar a su cruce con la Avenida Felipe Zetter en la colonia Paseos del Sol, realizaron una mala maniobra y maquinaria pesada rompió unos tramos de tubería de aproximadamente 4 pulgadas de diámetro, provocando que se registrara una fuga de gas natural subterránea.

A escasos metros de los hechos se encuentra una base de Bomberos y Protección Civil de Zapopan, por lo que rápidamente acudieron al lugar, al igual que personal de la empresa gasera para controlar la emergencia. Por lo que fue necesario la evacuación de aproximadamente 80 personas, entre ellas habitantes de la zona y gente que se encontraba en una unidad deportiva cercana. Tras controlar la situación, los moradores regresaron a sus viviendas. Fuente: Informador.mx, Guadalajara, Jalisco.



Imagen 11. Ruptura de gasoducto en Zapopan, Jalisco.

- Incendio y explosión en el interior de la empresa Neo Mexicana S.A. de C.V. ubicada en San Miguel Xoxtla, Puebla.

El 13 de noviembre del 2012 se reportó una fuga de gas que provocó explosión e incendio de contenedores y vehículos de la empresa Neo Mexicana S.A. de C.V., ubicada en Xoxtla, inmueble al cual acudieron bomberos, personal de Protección Civil y paramédicos del 066, ya que del siniestro resultaron lesionados dos personas, mismas que presentaron quemaduras por lo que fueron trasladadas al Hospital de Traumatología y Ortopedia del IMSS en Puebla.

Más de 27 efectivos en 11 vehículos de bomberos acudieron a la Avenida de las Torres No. 8 de San Miguel Xoxtla. Al llegar al lugar observaron una columna de humo y flama de aproximadamente 15 metros de altura. Durante estas acciones los bomberos se percataron que al interior se combustionaban 6 plataformas de tipo caja seca, contenedores de gas natural comprimido, 168 cilindros, un tractocamión marca Kenworth modelo 2001 y una camioneta tipo Pick Up con placas RG 31624 del Estado de Nuevo León. De inmediato se procedió a la extinción y remoción de material flamable para evitar el riesgo de un incendio mayor, ya que se encontraban cerca del siniestro transformadores de energía eléctrica.

La Secretaría de Seguridad Pública estatal a través del Cuerpo de Bomberos refrenda su compromiso con la ciudadanía implementando acciones de reacción inmediata.

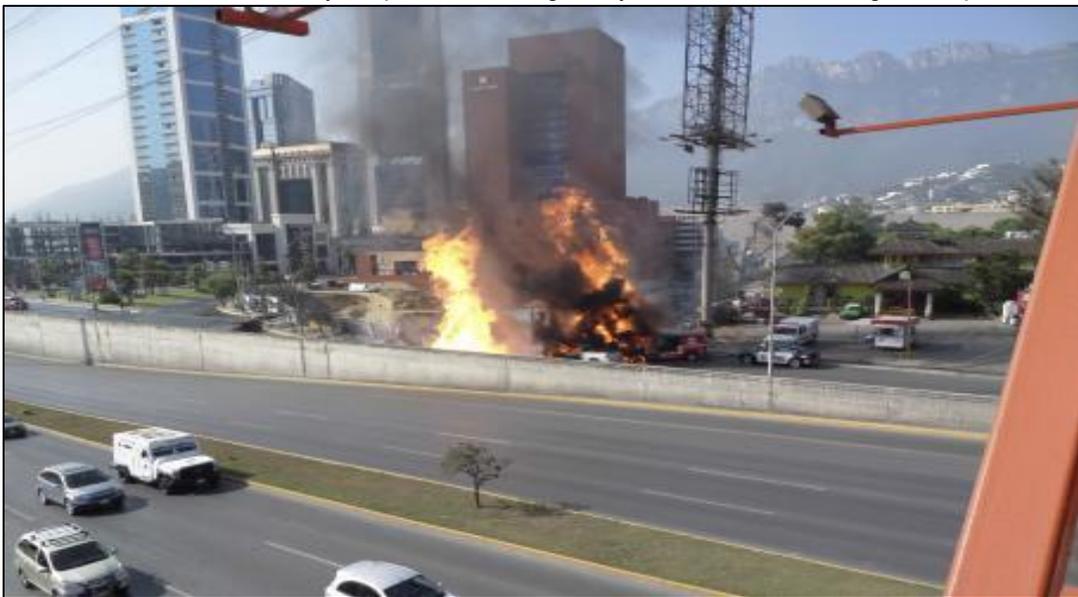
La Secretaría General de Gobierno, encabezada por Fernando Manzanilla Prieto, informa que autoridades de esta dependencia se comunicaron con directivos de Neomexicana, quienes se comprometieron a brindar todo el apoyo y la colaboración que sean necesarios para identificar las causas que provocaron el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



Imagen. 12. Incendio y explosión en San Miguel Xoxtla, Puebla.

- Incendio en Ducto de Gas en Nuevo León.

El incidente fue reportado el 07 de agosto del 2014. La explosión e incendio de una tubería de gas natural en la zona hotelera de San Pedro Garza García provocó la movilización de los cuerpos de seguridad para controlarlo; según autoridades, una fuga de agua reblandeció la tierra y un poste de energía cayó sobre el ducto de gas, lo que derivó en



la explosión.

Imagen 13. Incendio en Ducto de Gas en Nuevo León

La empresa Gas Natural Fenosa (GNF) informó que el incidente fue reportado a su Centro de Control de atención a Urgencias a las 10:01 de la mañana. Agregó que personal labora en el cierre de válvulas para seccionar el tramo de red afectado para que el gas termine de consumirse. El director de Protección Civil del estado, Jorge Rincón Camacho, explicó que, de acuerdo a datos obtenidos de testigos, el incendio se originó luego que una fuga de agua reblandeció la tierra. Por ello, cayó un poste energía eléctrica sobre un ducto de gas de unas 12 pulgadas, lo que provocó la conflagración.

El incendio se registró sobre la lateral de la avenida Lázaro Cárdenas y Diego Rivera, en la zona hotelera, sin que se presenten personas lesionadas. Debido al accidente, los hoteles aledaños fueron desalojados de manera preventiva, en tanto que elementos de Protección Civil y Bomberos del municipio y del estado coordinan acciones para sofocar el incendio que afectó algunos vehículos, incluido una unidad de rescate. Fuente: El Financiero.

- Rompen tubería y provocan fuga de gas natural en Río Churubusco

Se registró una fuga de Gas Natural en la madrugada del 19 de octubre del 2016 en la Avenida México esquina con el Circuito Río Churubusco, perímetro de la delegación Coyoacán.



Imagen 14. Fuga de gas natural en Río Churubusco

La movilización policiaca se registró alrededor de las 2:30 horas, cuando un trascabo que realizaba labores en las obras sobre la cinta asfáltica rompió una tubería de aproximadamente 5 pulgadas. Lo anterior provocó que el combustible escapara.

Al lugar acudieron elementos del Heroico Cuerpo de Bomberos, personal de Protección Civil y de la empresa de Gas Natural Fenosa, quienes trabajaron para controlar la fuga y evitar una tragedia mayor.

Paramédicos particulares atendieron a un bombero que resultó intoxicado. Pese a la fuga de gas, no se requirió la evacuación de edificios y casas aledañas a la zona.

Una hora aproximadamente estuvo cerrada la circulación vehicular para los trabajos de reparación de la tubería. De manera preventiva, la empresa gasera informó que el suministro fue suspendido en varias colonias de las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán. Fuente: Excélsior.

- Controlan fuga de gas natural en predio de Azcapotzalco

Una fuga de gas fue controlada en la delegación Azcapotzalco, luego de que trabajadores de un predio golpearán la tubería que transporta el combustible.

El incidente se registró en la colonia San Pablo Xalpa, a un costado del Eje 5 Norte Montevideo, tan sólo a unos metros de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Azcapotzalco, el 29 de junio del 2016; el peligro era mayor debido a que la fuga se registró a un costado de una gasolinera.



Imagen 15. Fuga de Gas Natural en predio de Azcapotzalco.

Trabajadores de la empresa Gas Natural arribaron al lugar para cerrar la válvula correspondiente, al tiempo que elementos de la Secretaría de Seguridad Pública del Distrito Federal (SSPDF) acordonaron varios metros a la redonda para evitar mayores riesgos.

Personal de la Secretaría de Protección Civil de la Ciudad de México evacuó a 1,600 personas que se encontraban a los alrededores del predio. Luego de una hora el incidente fue controlado y comenzó a reabrirse la circulación vehicular en la zona.

I.4.2. Metodologías de identificación y jerarquización.

El transporte y distribución de gas natural por ductos, es una actividad comúnmente adoptada en la industria y en las instalaciones de aprovechamiento, la cual se enfoca en los riesgos de su manejo y utilización a la generación de incendios o explosiones derivadas de fugas. Por tal motivo la determinación de estos, en sus aspectos cualitativos, cuantitativos y de consecuencias se basan en procesos y prácticas ampliamente conocidas.

El proceso de análisis de riesgo que se llevó a cabo consiste en la identificación, valoración y mitigación sistemática de los riesgos potenciales a las instalaciones de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V.

Esta es una función importante en el proceso de las actividades gerenciales, enfocadas a la seguridad que requieren de una cantidad sustantiva de tiempo, esfuerzo y aplicación de expertos especializados. La importancia de esta actividad está contenida en la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) PSM Standard Title 29 CFR 1910, la cual requiere de un proceso de análisis de riesgo inicial de todos los procesos bajo este estándar.

El análisis de los riesgos del sistema requiere de una identificación proactiva de éstos, su evaluación y su disminución o prevención.

Los criterios de selección de la metodología para la identificación y jerarquización de riesgos dependen del alcance y la profundidad de identificación de éstos, ya que existen técnicas tan simples como ¿qué pasa si?, listas de verificación, índices de Dow o Mond, etc., que son aplicadas a procesos simples y dan buenos resultados de análisis con unos minutos de aplicación.

Otras metodologías más estructuradas y de aplicación a procesos más complejos pueden ser tales como análisis de modos de fallo efecto y criticidad (FMECA), análisis de árbol de fallas o árbol de sucesos, análisis de riesgo y operabilidad (HAZOP), etc., dado que este último considera a los procesos desde su diseño, la construcción de la instalación, su operación y mantenimiento, es una de las técnicas más utilizadas, ya que engloba todas las fases y todas las operaciones del campo motivo de análisis. Por lo anterior será esta la metodología para la identificación de riesgos a utilizar en el presente estudio.

1. La identificación de riesgos puede ser abordada a través de un análisis de riesgo y operabilidad (HAZOP), para aquellas situaciones que se derivan de condiciones inseguras del diseño, operación y mantenimiento. Adicionalmente, se determinan condiciones de riesgo a través de una evaluación física, así como de las características relacionadas con su entorno. Lo anterior proporciona un análisis cualitativo de los riesgos.
2. Para ponderar los riesgos, lo clasificaremos en cuatro niveles:
 - Nivel 4: Afectaciones humanas y materiales (explosión).
 - Nivel 3: Incendios y riesgos del fuego.
 - Nivel 2: Suspensión del servicio y trastornos mayores.
 - Nivel 1: Desviaciones del servicio y trastornos menores
3. Posterior a la clasificación de los riesgos, se evaluarán sus consecuencias mediante la combinación de la frecuencia de ocurrencia y su severidad, combinando los resultados del estudio HAZOP con un

análisis de probabilidad a través del desarrollo de un árbol de fallas con ponderaciones de probabilidad.

En toda instalación donde se utiliza gas natural existe una variedad de elementos de falla, como tuberías, filtros, válvulas, accesorios, uniones, equipos de medición y regulación, etc., sujetos a defecto o roturas, bajo determinadas circunstancias, y dadas las condiciones de presión positiva en su interior, el evento resultante termina en una emisión de gas a la atmósfera.

La emisión de gas a la atmósfera genera un área volumétrica cuya forma y contenido de material fugado, depende de la cantidad de masa del gas, el tiempo de emisión dado hacia la atmósfera, la presión del fluido y las condiciones meteorológicas en el punto de emisión.

Los enfoques de clasificación de riesgos son cualitativos por naturaleza y presentan situaciones potenciales de los peligros del peor de los escenarios y asignan causas o componentes del sistema que representan los más probables a originar éste.

La clasificación de riesgos es una herramienta para ayudar a la administración a decidir dónde hay que asignar recursos en técnicas de evaluación. Un principio clave de la evaluación de riesgos es que las técnicas sólo deben utilizarse en el grado necesario para tomar decisiones en cuanto al control del riesgo. Con una clasificación de riesgos efectiva, la empresa puede concentrar el esfuerzo de evaluación del riesgo en donde proporcione el valor máximo.

Todas las técnicas de evaluación de riesgos comparten la meta de identificar peligros en el proceso de manera sistemática y proporcionar un análisis preliminar, dando la primera fase del estudio. Las técnicas comúnmente usadas para esta evaluación deben cumplir los requerimientos de análisis de riesgo contemplados en la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), EPA (Environmental Protection Agency) o la CMA (Chemical Manufacturers Association).

Análisis HAZOP y Matriz de Consecuencias.

El análisis de operación y riesgo HAZOP (Hazard and Operability Analysis), es el método más amplio y reconocido para realizar un análisis de riesgo en procesos industriales. El análisis HAZOP, es un estudio que identifica cada desviación concebible de un diseño, de una operación o de una afectación cualquiera y todas las posibles causas y consecuencias que pueden ocurrir en las condiciones más adversas para el proceso, de modo que nos sirve para identificar problemas de seguridad y mejorar la operabilidad de una instalación industrial.

El carácter sistemático del análisis se realiza con un examen basado en la aplicación sucesiva de una serie de palabras guía "nodos", que tienen por objeto proporcionar una estructura de razonamiento, capaz de facilitar la identificación de desviaciones ocasionadas por múltiples causas, para determinar la flexibilidad de las respuestas a afectaciones por errores humanos, fallas de materiales, causas externas a la red, etc. De la misma forma se efectúa el análisis para la parte operativa del proceso comprendiendo el control, el mantenimiento y la supervisión. Cada vez que una desviación razonable es identificada, se analizan sus causas, consecuencias y posibles acciones correctoras, plasmándose en un registro ordenado de los datos y resultados.

La mecánica propia del HAZOP es el determinar una variable del proceso, por ejemplo “flujo” y analizar el nodo bajo la consideración. Entonces una serie de palabras guía son combinadas con la variable “Flujo” para crear desviaciones. Por ejemplo, la palabra guía “Desviación” es combinada con la variable “flujo” para dar la desviación “No flujo”, iniciando con la búsqueda de la causa que puede resultar en la peor consecuencia posible. Cada causa es registrada con su listado de consecuencias, derivándose de esto protecciones, controles o recomendaciones apropiadas a cada escenario. El proceso es repetido para la siguiente desviación hasta completar el nodo bajo estudio. El HAZOP se concentra en la identificación de riesgos, así como en las posibles afectaciones externas.

La metodología aplicada se resume como sigue:

- División del proceso en áreas.
- Descripción de la intención de diseño (operación normal, límites y condiciones de seguridad según diseño) de las diferentes secciones definidas.
- Postulación, a través de palabras guía, de desviaciones de la intención de diseño de cada tramo y sus componentes.
- Determinación de las causas y consecuencias posibles de las desviaciones postuladas.
- Determinación de las desviaciones significativas (aquellas cuyas consecuencias implican riesgos importantes y cuyas causas son creíbles, haciéndolas posibles).
- Evaluación de las defensas existentes contra tales desviaciones (prevención de las causas de las desviaciones, mitigación de sus consecuencias).
- Proposición de mejoras de diseño, procedimientos, programas y capacitación del personal, para la prevención de las desviaciones y la mitigación de sus consecuencias.

Las palabras guía utilizadas para el presente estudio son: No, Más, Menos, Otro que y Reversa.

Las variables consideradas en el desarrollo del HAZOP varían dependiendo del tipo de operación, ellas son:

- Flujo, Presión, Temperatura, Instrumentación, Tiempo, Alivio, Corrosión, Mantenimiento, Seguridad, Factor humano y Agentes externos.

Una vez realizado el análisis HAZOP, se realizó la matriz de riesgos para cada uno de los nodos y parámetros analizados, utilizando los siguientes parámetros.:-

Tabla 14. Severidades del proyecto

N	Severidad	Criterio 1	Criterio 2
1	Insignificante	No es suficientemente serio para causar heridas o enfermedad ocupacional.	Mínimo daño a la propiedad o al sistema, puede resultar en mantenimientos o reparaciones fuera de los programados.
2	Marginal	Puede causar heridas menores, enfermedad ocupacional menor.	Daño menor a la propiedad o al sistema.
3	Crítico	Puede causar heridas severas. Enfermedad ocupacional severa.	Daño mayor a la propiedad o al sistema.
4	Catastrófico	Puede causar muertes	Pérdida del sistema o proceso

Tabla 15. Frecuencia

N	Frecuencia	Criterio 1	Criterio 2
1	Prácticamente imposible	Improbable que ocurra, pero posible	Tan improbable que se asume imposible.
2	Remoto	Improbable, pero es razonable esperar que ocurra	Improbable, pero es posible que ocurra en la vida del equipo o proceso.
3	Ocasional	Ocurrirá varias veces	Probable que ocurra alguna vez en la vida del equipo o proceso.
4	Probable	Ocurrirá frecuentemente	Ocurrirá varias veces en la vida del equipo o proceso.
5	Frecuente	Continuamente	Probable que ocurra frecuentemente.

Tabla 16. Niveles de Riesgo.

N		Etiqueta	Descripción
1		A	Aceptable sin revisión
2		B	Aceptable con revisión
3		C	Indeseable
4		D	Inaceptable

NODOS

Para la determinación de los nodos de estudio se determinó por sección de alimentación del sistema de transporte ya que de acuerdo a lo estudiado es la sección más probable que llegara a suceder algún evento ya sea de bajo riesgo o catastrófico, se anexa tabla de relación de nodos:

Tabla 17. Relación de nodos

Nodo	Nombre	Diámetro (in)
1	Invernaderos	8
2	Agroindustria	10
3	Ramal principal	12
4	Comercio y servicio	1
5	Equipamiento	1
6	Citygate	6
7	Interconexión	6

Los nodos determinados para la realización del análisis son:

- ✓ Nodo 1: Invernaderos con una presión de operación de 5 kg/cm² con una tubería de 8" pulgadas de diámetro nominal de PEAD, con las siguientes condiciones de operación:

Tabla 18. Especificaciones del diseño de la tubería No. 1

Fluido	Gas Natural
Tubería	8"
Presión de Diseño	Alta densidad (10.5 kg/cm ²)
Presión de trabajo	5 Kg/cm ²
Presión máxima de trabajo	5 Kg/cm ²
Presión mínima de trabajo	3.92 kg/cm ²
Flujo de operación	17,217.9 m ³ /h
Temperatura de Diseño	45°C
Temperatura de Trabajo	21°C

- ✓ Nodo 2: Agroindustria con una presión de 5 bar y tubería de 10" pulgadas de diámetro nominal de PEAD, con las siguientes condiciones de operación:

Tabla 19. Especificaciones del diseño de la tubería No. 1

Fluido	Gas Natural
Tubería	10"
Presión de Diseño	Alta densidad (10.5 kg/cm ²)
Presión de trabajo	5 Kg/cm ²
Presión máxima de trabajo	5 kg/cm ²
Presión mínima de trabajo	3.92 bar
Flujo de operación	17,217.9 m ³ /h
Temperatura de Diseño	45°C
Temperatura de Trabajo	21°C

- ✓ Nodo 3: Ramal principal con una presión de 5 bar y tubería de 12" de PEAD, con una presión de con las siguientes condiciones de operación:

Tabla 20. Especificaciones del diseño de la tubería No. 2

Fluido	Gas Natural
Tubería	12"
Presión de Diseño	Alta densidad (10.5 kg/cm ²)
Presión de trabajo	4 bar
Presión máxima de trabajo	5 bar
Presión mínima de trabajo	3.92 bar
Flujo de operación	17,217.9 m ³ /h
Temperatura de Diseño	45°C
Temperatura de Trabajo	21°C

- ✓ Nodo 4: Comercio y Servicio con una presión de 5 bar y tubería de 1" de PEAD, con las siguientes condiciones de operación:

Tabla 21. Especificaciones del diseño de la tubería No. 3

Fluido	Gas Natural
Tubería	1"
Presión de Diseño	Alta densidad (10.5 kg/cm ²)
Presión de trabajo	4 bar
Presión máxima de trabajo	5 bar
Presión mínima de trabajo	3.92 bar
Flujo de operación	17,217.9 m ³ /h
Temperatura de Diseño	45°C
Temperatura de Trabajo	21°C

- ✓ Nodo 5: Equipamiento con una presión de 5 bar y tubería de 1" de PEAD, con las siguientes condiciones de operación:

Tabla 22. Especificaciones del diseño de la tubería No. 3

Fluido	Gas Natural
Tubería	1"
Presión de Diseño	Alta densidad (10.5 kg/cm ²)
Presión de trabajo	4 bar
Presión máxima de trabajo	5 bar
Presión mínima de trabajo	3.92 bar
Flujo de operación	17,217.9 m ³ /h
Temperatura de Diseño	45°C
Temperatura de Trabajo	21°C

- ✓ Nodo 6: Citygate con una presión de 21 bar y tubería de 6" de AC, con las siguientes condiciones de operación:

Tabla 23. Especificaciones del diseño de la tubería No. 3

Fluido	Gas Natural
Tubería	6"
Presión de Diseño	600 ANSI (70 kg/cm ²)
Presión de trabajo	21 Kg/cm ²
Presión máxima de trabajo	21.33 Kg/cm ²
Presión mínima de trabajo	5 bar
Flujo de operación	17,217.9 m ³ /h
Temperatura de Diseño	45°C
Temperatura de Trabajo	21°C

- ✓ Nodo 7: Interconexión con una presión de 21 bar y tubería de 6" de AC, con las siguientes condiciones de operación:

Tabla 24. Especificaciones del diseño de la tubería No. 3

Fluido	Gas Natural
Tubería	6"
Presión de Diseño	600 ANSI (70 kg/cm ²)
Presión de trabajo	21 Kg/cm ²
Presión máxima de trabajo	21.33 Kg/cm ²
Presión mínima de trabajo	5 bar
Flujo de operación	17,217.9 m ³ /h
Temperatura de Diseño	45°C
Temperatura de Trabajo	21°C

A continuación, se presenta una imagen representativa de los nodos de afectación identificados para el gasoducto.

Imagen 16. Nodos de afectación identificados para el gasoducto.



Matriz de desviación “HAZOP” Nodo 1 Invernaderos.

Tabla 25. HAZOP para Nodo 1, correspondiente a Invernaderos

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
FLUJO									
No	Sin flujo	Asunto operativo únicamente	Sin alimentación	Falla de equipo, Incidente previo	Falta de suministro de gas, no se puede operar el sistema	Relativo a la operabilidad	1	2	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Baja presión de entrada	Falla de equipo, Incidente previo	Suministro de gas deficiente	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Línea parcialmente obstruida o bloqueada	Falla de equipo	Suministro de gas deficiente, fuga de gas	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	1	2	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Filtro parcialmente bloqueado	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Suministro de gas deficiente.	Relativo a la operabilidad	1	5	B
Más	Más flujo	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta presión de entrada	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el citygate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Más flujo	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta alimentación	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el Citygate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	3	C
Reversa	Flujo en reversa	Otras desviaciones de presión y temperatura	Línea rota por persona corriente arriba	Falla de equipo, Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en Citygate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	2	B
Otro que	Flujo mal dirigido	Otras emisiones tóxicas	Fuga de gas	Falla de equipo, Error/factor humano, Incidente previo, Falla de control/salvaguarda	Fuga de gas	Relativo a la seguridad	2	3	B
PRESION									
No	Sin presión	Asunto operativo únicamente	Rotura en la línea de entrada	Falla de equipo, Error/factor humano	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	4	B
Menos	Presión más baja	Asunto operativo únicamente	Regulador de presión abierto en falla	Falla de equipo	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Menos	Presión más baja	Asunto operativo únicamente	Despresurización corriente abajo	Incidente previo	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Regulador de presión cerrado en falla	Falla de equipo	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Válvula de alivio de presión cerrada en falla	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Sobre presurización corriente abajo	Falla de equipo, Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	2	B
TEMPERATURA									

Estudio de Riesgo

Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
Menos	Temperatura más baja	Asunto operativo únicamente	Baja temperatura ambiente	Distribución de la planta/evento externo	Ninguna	Relativo a la operabilidad	1	5	B
Más	Temperatura más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta temperatura ambiente, incendio externo	Distribución de la planta/evento externo	Sobrepresión en el citygate	Relativo a la seguridad	4	2	C
INSTRUMENTACION									
No	Sistema sin control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, negligencia	Error/factor humano, Falta de control/salvaguarda	Falta de control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	2	B
Menos	Incremento en la incertidumbre al control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia	Error/factor humano, Falta de control/salvaguarda	Menor control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Ninguna	Asunto operativo únicamente	Sobredimensionamiento y aseguramiento de riesgos	Error/factor humano	Sin consecuencias	Relativo a la seguridad	1	3	A
Otro que	Decisiones erróneas en el control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia	Error/factor humano, Falta de control/salvaguarda	Menor control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	2	B
MANTENIMIENTO									
No	Falla en equipos y en equipos de control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, no programas de mantenimiento, no ejecución de programas de mantenimiento	Error/factor humano	Falla en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	1	B
Menos	Falla en equipos y en equipos de control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, falla en la ejecución de programas de mantenimiento	Error/factor humano	Falla en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	2	B
Más	Ninguna	Asunto operativo únicamente	Programas de mantenimiento sobredimensionado	Error/factor humano	Ninguna	Relativo a la operabilidad	1	2	A
Reversa	Daños involuntarios	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación	Error/factor humano	Fallas en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
CORROSION									
Más	Más corrosión	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Falla en protección al sistema	Falla de control/salvaguarda	Afectación grave a la tubería	Relativo a la seguridad	3	3	C
Otro que	Incrustación en la tubería	Otras desviaciones de presión y temperatura	Taponamiento en la tubería	Falla de equipo, Error/factor humano	Afectación al servicio	Relativo a la operabilidad	2	2	B
SEGURIDAD									
No	No seguridad	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falta de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	Relativo a la seguridad	4	1	B

Estudio de Riesgo
Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
Menos	Menos seguridad	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
Otro que	Riesgos externos, sabotaje	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
Reversa	Riesgos externos, sabotaje	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
FACTOR HUMANO									
Más	Mas factor humano, menos instrumentación	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Menor instrumentación	Error/factor humano	Fugas de gas	Relativo a la seguridad	2	3	B
AGENTES EXTERNOS									
Más	Más agentes externos	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Agentes externos como sismos, rayos, raíces de árboles, huracanes	Incidente previo	Riesgos mayores	Relativo a la seguridad	3	3	C

Matriz de desviación “HAZOP” Nodo 2 Agroindustria.

Tabla 26. HAZOP para Nodo 2, correspondiente a Agroindustria

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
FLUJO									
No	Sin flujo	Asunto operativo únicamente	Sin alimentación	Falla de equipo, Incidente previo	Falta de suministro de gas, no se puede operar el sistema	Relativo a la operabilidad	1	2	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Baja presión de entrada	Falla de equipo, Incidente previo	Suministro de gas deficiente	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Línea parcialmente obstruida o bloqueada	Falla de equipo	Suministro de gas deficiente, fuga de gas	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	1	2	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Filtro parcialmente bloqueado	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Suministro de gas deficiente.	Relativo a la operabilidad	1	5	B
Más	Más flujo	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta presión de entrada	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el citygate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	3	C

Estudio de Riesgo

Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
Más	Más flujo	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta alimentación	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el Citygate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	3	C
Reversa	Flujo en reversa	Otras desviaciones de presión y temperatura	Línea rota por persona corriente arriba	Falla de equipo, Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en city gate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	2	B
Otro que	Flujo mal dirigido	Otras emisiones tóxicas	Fuga de gas	Falla de equipo, Error/factor humano, Incidente previo, Falla de control/salvaguarda	Fuga de gas	Relativo a la seguridad	2	3	B
PRESION									
No	Sin presión	Asunto operativo únicamente	Rotura en la línea de entrada	Falla de equipo, Error/factor humano	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	4	B
Menos	Presión más baja	Asunto operativo únicamente	Regulador de presión abierto en falla	Falla de equipo	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Menos	Presión más baja	Asunto operativo únicamente	Despresurización corriente abajo	Incidente previo	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Regulador de presión cerrado en falla	Falla de equipo	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Válvula de alivio de presión cerrada en falla	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Sobre presurización corriente abajo	Falla de equipo, Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	2	B
TEMPERATURA									
Menos	Temperatura más baja	Asunto operativo únicamente	Baja temperatura ambiente	Distribución de la planta/evento externo	Ninguna	Relativo a la operabilidad	1	5	B
Más	Temperatura más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta temperatura ambiente, incendio externo	Distribución de la planta/evento externo	Sobrepresión en el citygate	Relativo a la seguridad	4	2	C
INSTRUMENTACION									
No	Sistema sin control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, negligencia	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Falta de control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	2	B
Menos	Incremento en la incertidumbre al control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Menor control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Ninguna	Asunto operativo únicamente	Sobredimensionamiento y aseguramiento de riesgos	Error/factor humano	Sin consecuencias	Relativo a la seguridad	1	3	A
Otro que	Decisiones erróneas en el control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Menor control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	2	B

Estudio de Riesgo
Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
MANTENIMIENTO									
No	Falla en equipos y en equipos de control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, no programas de mantenimiento, no ejecución de programas de mantenimiento	Error/factor humano	Falla en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	1	B
Menos	Falla en equipos y en equipos de control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, falla en la ejecución de programas de mantenimiento	Error/factor humano	Falla en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	2	B
Más	Ninguna	Asunto operativo únicamente	Programas de mantenimiento sobredimensionado	Error/factor humano	Ninguna	Relativo a la operabilidad	1	2	A
Reversa	Daños involuntarios	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación	Error/factor humano	Fallas en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
CORROSION									
Más	Más corrosión	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Falla en protección al sistema	Falla de control/salvaguarda	Afectación grave a la tubería	Relativo a la seguridad	3	3	C
Otro que	Incrustación en la tubería	Otras desviaciones de presión y temperatura	Taponamiento en la tubería	Falla de equipo, Error/factor humano	Afectación al servicio	Relativo a la operabilidad	2	2	B
SEGURIDAD									
No	No seguridad	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	Relativo a la seguridad	4	1	B
Menos	Menos seguridad	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
Otro que	Riesgos externos, sabotaje	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
Reversa	Riesgos externos, sabotaje	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
FACTOR HUMANO									
Más	Mas factor humano, menos instrumentación	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones	Menor instrumentación	Error/factor humano	Fugas de gas	Relativo a la seguridad	2	3	B

Estudio de Riesgo

Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
		de presión y temperatura							
AGENTES EXTERNOS									
Más	Más agentes externos	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Agentes externos como sismos, rayos, raíces de árboles, huracanes	Incidente previo	Riesgos mayores	Relativo a la seguridad	3	3	C

Matriz de desviación “HAZOP” Nodo 3 Ramal Principal.

Tabla 27. HAZOP para Nodo 3 Correspondiente a Ramal Principal.

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
FLUJO									
No	Sin flujo	Asunto operativo únicamente	Sin alimentación	Falla de equipo, Incidente previo	Falta de suministro de gas, no se puede operar el sistema	Relativo a la operabilidad	1	2	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Baja presión de entrada	Falla de equipo, Incidente previo	Suministro de gas deficiente	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Línea parcialmente obstruida o bloqueada	Falla de equipo	Suministro de gas deficiente, fuga de gas	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	1	2	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Filtro parcialmente bloqueado	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Suministro de gas deficiente.	Relativo a la operabilidad	1	5	B
Más	Más flujo	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta presión de entrada	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el citygate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Más flujo	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta alimentación	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el Citygate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	3	C
Reversa	Flujo en reversa	Otras desviaciones de presión y temperatura	Línea rota por persona corriente arriba	Falla de equipo, Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en city gate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	2	B
Otro que	Flujo mal dirigido	Otras emisiones tóxicas	Fuga de gas	Falla de equipo, Error/factor humano, Incidente previo, Falla de control/salvaguarda	Fuga de gas	Relativo a la seguridad	2	3	B
PRESION									
No	Sin presión	Asunto operativo únicamente	Rotura en la línea de entrada	Falla de equipo, Error/factor humano	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	4	B
Menos	Presión más baja	Asunto operativo únicamente	Regulador de presión abierto en falla	Falla de equipo	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Menos	Presión más baja	Asunto operativo únicamente	Despresurización corriente abajo	Incidente previo	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	3	A

Estudio de Riesgo

Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Regulador de presión cerrado en falla	Falla de equipo	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Válvula de alivio de presión cerrada en falla	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Sobre presurización corriente abajo	Falla de equipo, Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	2	B
TEMPERATURA									
Menos	Temperatura más baja	Asunto operativo únicamente	Baja temperatura ambiente	Distribución de la planta/evento externo	Ninguna	Relativo a la operabilidad	1	5	B
Más	Temperatura más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta temperatura ambiente, incendio externo	Distribución de la planta/evento externo	Sobrepresión en el citygate	Relativo a la seguridad	4	2	C
INSTRUMENTACION									
No	Sistema sin control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, negligencia	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Falta de control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	2	B
Menos	Incremento en la incertidumbre al control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Menor control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Ninguna	Asunto operativo únicamente	Sobredimensionamiento y aseguramiento de riesgos	Error/factor humano	Sin consecuencias	Relativo a la seguridad	1	3	A
Otro que	Decisiones erróneas en el control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Menor control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	2	B
MANTENIMIENTO									
No	Falla en equipos y en equipos de control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, no programas de mantenimiento, no ejecución de programas de mantenimiento	Error/factor humano	Falla en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	1	B
Menos	Falla en equipos y en equipos de control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, falla en la ejecución de programas de mantenimiento	Error/factor humano	Falla en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	2	B
Más	Ninguna	Asunto operativo únicamente	Programas de mantenimiento sobredimensionado	Error/factor humano	Ninguna	Relativo a la operabilidad	1	2	A
Reversa	Daños involuntarios	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación	Error/factor humano	Fallas en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
CORROSION									
Más	Más corrosión	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones	Falla en protección al sistema	Falla de control/salvaguarda	Afectación grave a la tubería	Relativo a la seguridad	3	3	C

Estudio de Riesgo
Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
		de presión y temperatura							
Otro que	Incrustación en la tubería	Otras desviaciones de presión y temperatura	Taponamiento en la tubería	Falla de equipo, Error/factor humano	Afectación al servicio	Relativo a la operabilidad	2	2	B
SEGURIDAD									
No	No seguridad	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	Relativo a la seguridad	4	1	B
Menos	Menos seguridad	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
Otro que	Riesgos externos, sabotaje	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
Reversa	Riesgos externos, sabotaje	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
FACTOR HUMANO									
Más	Mas factor humano, menos instrumentación	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Menor instrumentación	Error/factor humano	Fugas de gas	Relativo a la seguridad	2	3	B
AGENTES EXTERNOS									
Más	Más agentes externos	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Agentes externos como sismos, rayos, raíces de árboles, huracanes	Incidente previo	Riesgos mayores	Relativo a la seguridad	3	3	C

Matriz de desviación “HAZOP” Nodo 4 Comercio y Servicio.

Tabla 28. HAZOP para Nodo 4, correspondiente a Comercio y Servicio.

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
FLUJO									
No	Sin flujo	Asunto operativo únicamente	Sin alimentación	Falla de equipo, Incidente previo	Falta de suministro de gas, no se puede operar el sistema	Relativo a la operabilidad	1	2	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Baja presión de entrada	Falla de equipo, Incidente previo	Suministro de gas deficiente	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Línea parcialmente obstruida o bloqueada	Falla de equipo	Suministro de gas deficiente, fuga de gas	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	1	2	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Filtro parcialmente bloqueado	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Suministro de gas deficiente.	Relativo a la operabilidad	1	5	B
Más	Más flujo	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta presión de entrada	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el citygate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Más flujo	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta alimentación	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el Citygate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	3	C
Reversa	Flujo en reversa	Otras desviaciones de presión y temperatura	Línea rota por persona corriente arriba	Falla de equipo, Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en city gate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	2	B
Otro que	Flujo mal dirigido	Otras emisiones tóxicas	Fuga de gas	Falla de equipo, Error/factor humano, Incidente previo, Falla de control/salvaguarda	Fuga de gas	Relativo a la seguridad	2	3	B
PRESION									
No	Sin presión	Asunto operativo únicamente	Rotura en la línea de entrada	Falla de equipo, Error/factor humano	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	4	B
Menos	Presión más baja	Asunto operativo únicamente	Regulador de presión abierto en falla	Falla de equipo	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Menos	Presión más baja	Asunto operativo únicamente	Despresurización corriente abajo	Incidente previo	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Regulador de presión cerrado en falla	Falla de equipo	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Válvula de alivio de presión cerrada en falla	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Sobre presurización corriente abajo	Falla de equipo, Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	2	B
TEMPERATURA									

Estudio de Riesgo

Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
Menos	Temperatura más baja	Asunto operativo únicamente	Baja temperatura ambiente	Distribución de la planta/evento externo	Ninguna	Relativo a la operabilidad	1	5	B
Más	Temperatura más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta temperatura ambiente, incendio externo	Distribución de la planta/evento externo	Sobrepresión en el citygate	Relativo a la seguridad	4	2	C
INSTRUMENTACION									
No	Sistema sin control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, negligencia	Error/factor humano, Falta de control/salvaguarda	Falta de control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	2	B
Menos	Incremento en la incertidumbre al control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia	Error/factor humano, Falta de control/salvaguarda	Menor control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Ninguna	Asunto operativo únicamente	Sobredimensionamiento y aseguramiento de riesgos	Error/factor humano	Sin consecuencias	Relativo a la seguridad	1	3	A
Otro que	Decisiones erróneas en el control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia	Error/factor humano, Falta de control/salvaguarda	Menor control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	2	B
MANTENIMIENTO									
No	Falla en equipos y en equipos de control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, no programas de mantenimiento, no ejecución de programas de mantenimiento	Error/factor humano	Falla en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	1	B
Menos	Falla en equipos y en equipos de control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, falla en la ejecución de programas de mantenimiento	Error/factor humano	Falla en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	2	B
Más	Ninguna	Asunto operativo únicamente	Programas de mantenimiento sobredimensionado	Error/factor humano	Ninguna	Relativo a la operabilidad	1	2	A
Reversa	Daños involuntarios	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación	Error/factor humano	Fallas en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
CORROSION									
Más	Más corrosión	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Falla en protección al sistema	Falla de control/salvaguarda	Afectación grave a la tubería	Relativo a la seguridad	3	3	C
Otro que	Incrustación en la tubería	Otras desviaciones de presión y temperatura	Taponamiento en la tubería	Falla de equipo, Error/factor humano	Afectación al servicio	Relativo a la operabilidad	2	2	B
SEGURIDAD									
No	No seguridad	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falta de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	Relativo a la seguridad	4	1	B

Estudio de Riesgo

Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
Menos	Menos seguridad	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
Otro que	Riesgos externos, sabotaje	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
Reversa	Riesgos externos, sabotaje	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
FACTOR HUMANO									
Más	Mas factor humano, menos instrumentación	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Menor instrumentación	Error/factor humano	Fugas de gas	Relativo a la seguridad	2	3	B
AGENTES EXTERNOS									
Más	Más agentes externos	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Agentes externos como sismos, rayos, raíces de árboles, huracanes	Incidente previo	Riesgos mayores	Relativo a la seguridad	3	3	C

Matriz de desviación “HAZOP” Nodo 5 Equipamiento.

Tabla 29. HAZOP para Nodo 5, correspondiente a Equipamiento

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
FLUJO									
No	Sin flujo	Asunto operativo únicamente	Sin alimentación	Falla de equipo, Incidente previo	Falta de suministro de gas, no se puede operar el sistema	Relativo a la operabilidad	1	2	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Baja presión de entrada	Falla de equipo, Incidente previo	Suministro de gas deficiente	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Línea parcialmente obstruida o bloqueada	Falla de equipo	Suministro de gas deficiente, fuga de gas	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	1	2	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Filtro parcialmente bloqueado	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Suministro de gas deficiente.	Relativo a la operabilidad	1	5	B
Más	Más flujo	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta presión de entrada	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el citygate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Más flujo	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta alimentación	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el Citygate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	3	C
Reversa	Flujo en reversa	Otras desviaciones de presión y temperatura	Línea rota por persona corriente arriba	Falla de equipo, Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en city gate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	2	B
Otro que	Flujo mal dirigido	Otras emisiones tóxicas	Fuga de gas	Falla de equipo, Error/factor humano, Incidente previo, Falla de control/salvaguarda	Fuga de gas	Relativo a la seguridad	2	3	B
PRESION									
No	Sin presión	Asunto operativo únicamente	Rotura en la línea de entrada	Falla de equipo, Error/factor humano	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	4	B
Menos	Presión más baja	Asunto operativo únicamente	Regulador de presión abierto en falla	Falla de equipo	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Menos	Presión más baja	Asunto operativo únicamente	Despresurización corriente abajo	Incidente previo	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Regulador de presión cerrado en falla	Falla de equipo	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Válvula de alivio de presión cerrada en falla	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Sobre presurización corriente abajo	Falla de equipo, Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	2	B
TEMPERATURA									

Estudio de Riesgo

Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
Menos	Temperatura más baja	Asunto operativo únicamente	Baja temperatura ambiente	Distribución de la planta/evento externo	Ninguna	Relativo a la operabilidad	1	5	B
Más	Temperatura más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta temperatura ambiente, incendio externo	Distribución de la planta/evento externo	Sobrepresión en el citygate	Relativo a la seguridad	4	2	C
INSTRUMENTACION									
No	Sistema sin control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, negligencia	Error/factor humano, Falta de control/salvaguarda	Falta de control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	2	B
Menos	Incremento en la incertidumbre al control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia	Error/factor humano, Falta de control/salvaguarda	Menor control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Ninguna	Asunto operativo únicamente	Sobredimensionamiento y aseguramiento de riesgos	Error/factor humano	Sin consecuencias	Relativo a la seguridad	1	3	A
Otro que	Decisiones erróneas en el control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia	Error/factor humano, Falta de control/salvaguarda	Menor control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	2	B
MANTENIMIENTO									
No	Falla en equipos y en equipos de control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, no programas de mantenimiento, no ejecución de programas de mantenimiento	Error/factor humano	Falla en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	1	B
Menos	Falla en equipos y en equipos de control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, falla en la ejecución de programas de mantenimiento	Error/factor humano	Falla en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	2	B
Más	Ninguna	Asunto operativo únicamente	Programas de mantenimiento sobredimensionado	Error/factor humano	Ninguna	Relativo a la operabilidad	1	2	A
Reversa	Daños involuntarios	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación	Error/factor humano	Fallas en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
CORROSION									
Más	Más corrosión	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Falla en protección al sistema	Falla de control/salvaguarda	Afectación grave a la tubería	Relativo a la seguridad	3	3	C
Otro que	Incrustación en la tubería	Otras desviaciones de presión y temperatura	Taponamiento en la tubería	Falla de equipo, Error/factor humano	Afectación al servicio	Relativo a la operabilidad	2	2	B
SEGURIDAD									
No	No seguridad	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falta de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	Relativo a la seguridad	4	1	B

Estudio de Riesgo

Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
Menos	Menos seguridad	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
Otro que	Riesgos externos, sabotaje	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
Reversa	Riesgos externos, sabotaje	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
FACTOR HUMANO									
Más	Mas factor humano, menos instrumentación	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Menor instrumentación	Error/factor humano	Fugas de gas	Relativo a la seguridad	2	3	B
AGENTES EXTERNOS									
Más	Más agentes externos	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Agentes externos como sismos, rayos, raíces de árboles, huracanes	Incidente previo	Riesgos mayores	Relativo a la seguridad	3	3	C

Matriz de desviación “HAZOP” Nodo 6 Citygate.

Tabla 30. HAZOP para Nodo 6, correspondiente al Citygate

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
FLUJO									
No	Sin flujo	Asunto operativo únicamente	Sin alimentación	Falla de equipo, Incidente previo	Falta de suministro de gas, no se puede operar el sistema	Relativo a la operabilidad	1	2	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Baja presión de entrada	Falla de equipo, Incidente previo	Suministro de gas deficiente, paro de plantas	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Línea parcialmente obstruida o bloqueada	Falla de equipo	Suministro de gas deficiente, fuga de gas, paro de plantas	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	1	2	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Filtro parcialmente bloqueado	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Suministro de gas deficiente, paro de plantas	Relativo a la operabilidad	1	5	B
Más	Más flujo	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta presión de entrada	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el citygate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Más flujo	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta alimentación	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el Citygate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	3	C
Reversa	Flujo en reversa	Otras desviaciones de presión y temperatura	Línea rota por persona corriente arriba	Falla de equipo, Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en city gate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	2	B
Otro que	Flujo mal dirigido	Otras emisiones tóxicas	Fuga de gas	Falla de equipo, Error/factor humano, Incidente previo, Falla de control/salvaguarda	Fuga de gas	Relativo a la seguridad	2	3	B
PRESION									
No	Sin presión	Asunto operativo únicamente	Rotura en la línea de entrada	Falla de equipo, Error/factor humano	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	4	B
Menos	Presión más baja	Asunto operativo únicamente	Regulador de presión abierto en falla	Falla de equipo	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Menos	Presión más baja	Asunto operativo únicamente	Despresurización corriente abajo	Incidente previo	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Regulador de presión cerrado en falla	Falla de equipo	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Válvula de alivio de presión cerrada en falla	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Sobre presurización corriente abajo	Falla de equipo, Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	2	B
TEMPERATURA									

Estudio de Riesgo
Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
Menos	Temperatura más baja	Asunto operativo únicamente	Baja temperatura ambiente	Distribución de la planta/evento externo	Ninguna	Relativo a la operabilidad	1	5	B
Más	Temperatura más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta temperatura ambiente, incendio externo	Distribución de la planta/evento externo	Sobrepresión en el citygate	Relativo a la seguridad	4	2	C
INSTRUMENTACION									
No	Sistema sin control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, negligencia	Error/factor humano, Falta de control/salvaguarda	Falta de control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	2	B
Menos	Incremento en la incertidumbre al control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia	Error/factor humano, Falta de control/salvaguarda	Menor control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Ninguna	Asunto operativo únicamente	Sobredimensionamiento y aseguramiento de riesgos	Error/factor humano	Sin consecuencias	Relativo a la seguridad	1	3	A
Otro que	Decisiones erróneas en el control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia	Error/factor humano, Falta de control/salvaguarda	Menor control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	2	B
MANTENIMIENTO									
No	Falla en equipos y en equipos de control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, no programas de mantenimiento, no ejecución de programas de mantenimiento	Error/factor humano	Falla en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	1	B
Menos	Falla en equipos y en equipos de control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, falla en la ejecución de programas de mantenimiento	Error/factor humano	Falla en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	2	B
Más	Ninguna	Asunto operativo únicamente	Programas de mantenimiento sobredimensionado	Error/factor humano	Ninguna	Relativo a la operabilidad	1	2	A
Reversa	Daños involuntarios	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación	Error/factor humano	Fallas en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
CORROSION									
Más	Más corrosión	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Falla en protección al sistema	Falla de control/salvaguarda	Afectación grave a la tubería	Relativo a la seguridad	3	3	C
Otro que	Incrustación en la tubería	Otras desviaciones de presión y temperatura	Taponamiento en la tubería	Falla de equipo, Error/factor humano	Afectación al servicio	Relativo a la operabilidad	2	2	B
SEGURIDAD									
No	No seguridad	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falta de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	Relativo a la seguridad	4	1	B

Estudio de Riesgo

Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
Menos	Menos seguridad	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
Otro que	Riesgos externos, sabotaje	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
Reversa	Riesgos externos, sabotaje	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
FACTOR HUMANO									
Más	Mas factor humano, menos instrumentación	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Menor instrumentación	Error/factor humano	Fugas de gas	Relativo a la seguridad	2	3	B
AGENTES EXTERNOS									
Más	Más agentes externos	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Agentes externos como sismos, rayos, raíces de árboles, huracanes	Incidente previo	Riesgos mayores	Relativo a la seguridad	3	3	C

Matriz de desviación “HAZOP” Nodo 7 Interconexión.

Tabla 31. HAZOP para Nodo 7, correspondiente a la Interconexión

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
FLUJO									
No	Sin flujo	Asunto operativo únicamente	Sin alimentación	Falla de equipo, Incidente previo	Falta de suministro de gas, no se puede operar el sistema	Relativo a la operabilidad	1	2	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Baja presión de entrada	Falla de equipo, Incidente previo	Suministro de gas deficiente, paro de plantas	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Línea parcialmente obstruida o bloqueada	Falla de equipo	Suministro de gas deficiente, fuga de gas, paro de plantas	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	1	2	A
Menos	Menos flujo	Asunto operativo únicamente	Filtro parcialmente bloqueado	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Suministro de gas deficiente, paro de plantas	Relativo a la operabilidad	1	5	B
Más	Más flujo	Otras desviaciones de presión y	Alta presión de entrada	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el citygate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la	3	3	C

Estudio de Riesgo

Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
		temperatura				seguridad			
Más	Más flujo	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta alimentación	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el Citygate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	3	C
Reversa	Flujo en reversa	Otras desviaciones de presión y temperatura	Línea rota por persona corriente arriba	Falla de equipo, Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en city gate	Relativo a la operabilidad, Relativo a la seguridad	3	2	B
Otro que	Flujo mal dirigido	Otras emisiones tóxicas	Fuga de gas	Falla de equipo, Error/factor humano, Incidente previo, Falla de control/salvaguarda	Fuga de gas	Relativo a la seguridad	2	3	B
PRESION									
No	Sin presión	Asunto operativo únicamente	Rotura en la línea de entrada	Falla de equipo, Error/factor humano	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	4	B
Menos	Presión más baja	Asunto operativo únicamente	Regulador de presión abierto en falla	Falla de equipo	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Menos	Presión más baja	Asunto operativo únicamente	Despresurización corriente abajo	Incidente previo	Sin consecuencias	Relativo a la operabilidad	1	3	A
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Regulador de presión cerrado en falla	Falla de equipo	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Válvula de alivio de presión cerrada en falla	Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Presión más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Sobre presurización corriente abajo	Falla de equipo, Falla de control/salvaguarda	Sobrepresión en el sistema	Relativo a la seguridad	3	2	B
TEMPERATURA									
Menos	Temperatura más baja	Asunto operativo únicamente	Baja temperatura ambiente	Distribución de la planta/evento externo	Ninguna	Relativo a la operabilidad	1	5	B
Más	Temperatura más alta	Otras desviaciones de presión y temperatura	Alta temperatura ambiente, incendio externo	Distribución de la planta/evento externo	Sobrepresión en el citygate	Relativo a la seguridad	4	2	C
INSTRUMENTACION									
No	Sistema sin control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, negligencia	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Falta de control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	2	B
Menos	Incremento en la incertidumbre al control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Menor control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	3	C
Más	Ninguna	Asunto operativo únicamente	Sobredimensionamiento y aseguramiento de riesgos	Error/factor humano	Sin consecuencias	Relativo a la seguridad	1	3	A

Estudio de Riesgo
Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
Otro que	Decisiones erróneas en el control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Menor control en los parámetros de proceso	Relativo a la seguridad	3	2	B
MANTENIMIENTO									
No	Falla en equipos y en equipos de control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, no programas de mantenimiento, no ejecución de programas de mantenimiento	Error/factor humano	Falla en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	1	B
Menos	Falla en equipos y en equipos de control	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación, falla en la ejecución de programas de mantenimiento	Error/factor humano	Falla en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	2	B
Más	Ninguna	Asunto operativo únicamente	Programas de mantenimiento sobredimensionado	Error/factor humano	Ninguna	Relativo a la operabilidad	1	2	A
Reversa	Daños involuntarios	Otras desviaciones de presión y temperatura	Falta de capacitación	Error/factor humano	Fallas en la integridad del sistema	Relativo a la seguridad	3	3	C
CORROSION									
Más	Más corrosión	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Falla en protección al sistema	Falla de control/salvaguarda	Afectación grave a la tubería	Relativo a la seguridad	3	3	C
Otro que	Incrustación en la tubería	Otras desviaciones de presión y temperatura	Taponamiento en la tubería	Falla de equipo, Error/factor humano	Afectación al servicio	Relativo a la operabilidad	2	2	B
SEGURIDAD									
No	No seguridad	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	Relativo a la seguridad	4	1	B
Menos	Menos seguridad	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
Otro que	Riesgos externos, sabotaje	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
Reversa	Riesgos externos, sabotaje	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Negligencia, falta de capacitación	Error/factor humano, Falla de control/salvaguarda	Riesgos mayores en el sistema	-	4	2	C
FACTOR HUMANO									

Guía	Desviación	Categoría Desviación	Causa	Categoría Causa	Consecuencia	Categoría Consecuencia	Sev Escn	Frec Escn	Rsgo Escn
Más	Mas factor humano, menos instrumentación	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Menor instrumentación	Error/factor humano	Fugas de gas	Relativo a la seguridad	2	3	B
AGENTES EXTERNOS									
Más	Más agentes externos	Otras emisiones tóxicas, Otras desviaciones de presión y temperatura	Agentes externos como sismos, rayos, raíces de árboles, huracanes	Incidente previo	Riesgos mayores	Relativo a la seguridad	3	3	C

Resultados del HAZOP.

Como resultado del HAZOP podemos identificar los siguientes riesgos básicos:

- La posibilidad de roturas de tuberías o equipos con escapes de gas y con la consecuencia de incendio o explosiones.
- La posibilidad de decisiones erróneas operativas, por falta de suficiente información de las variables a controlar en el proceso.
- La posibilidad de afectaciones en la integridad del proceso por intervenciones internas de la operación.
- La posibilidad de afectaciones en la integridad del proceso por intervenciones externas a la operación.
- La posibilidad de roturas o escapes por procedimientos deficientes o mal aplicados en los programas de mantenimiento preventivo y correctivo.
- La posibilidad de fugas por deficiencias en las prácticas de operación.
- La posibilidad de afectaciones por deficiencia o escasa seguridad física de las instalaciones, como vandalismo.
- La posibilidad de accidentes viales con roturas y fugas de gas con la consecuencia de incendio o explosiones.
- La posibilidad de disminuir o suspender el servicio al cliente, por bloqueo o disminución de la presión y/o flujo en la Citygate.

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

II.1 Radios potenciales de afectación

Por la naturaleza de las actividades que realiza la empresa Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., se tienen registros potenciales en todo el proceso.

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

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

La evaluación de los riesgos a través de los escenarios más probables junto a la simulación de los eventos máximos definidos con el software SCRI fuego versión 1.4, permite determinar las áreas potencialmente vulnerables, de tal manera que se generen recomendaciones para evitar la ocurrencia del evento o contar con la protección adecuada en caso de que esto ocurra. Para las actividades de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., se han identificado 3 escenarios de riesgo potencial, las cuales involucran eventos de fuga de gas natural y que a su vez podrían desencadenar una explosión o incendio. A partir de estos datos, sumados a los sistemas y equipos de seguridad con los que contará la empresa, se está considerando la Citygate y las tuberías de salidas al consumo de los clientes con diámetros de 10" y 12" de diámetro en PEAD, tal como se pudo establecer en el análisis HAZOP desarrollado.

Modelación de explosiones (Sobrepresión)

Para realizar las simulaciones de los efectos por sobrepresiones en los tres escenarios definidos para el presente estudio se utilizó el modelo SCRI Fuego (Simulación de Contaminación y Riesgos Industriales) en la versión 1.4, el cual es un conjunto de herramientas para simular en computadora emisiones de contaminantes, fugas y derrames de productos tóxicos y daños por nubes explosivas, para estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas, para estudios de riesgo e impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal, en el manejo de situaciones de emergencia.

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

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

Modelación de incendio:

En el caso de la simulación de los escenarios de incendio son desarrollados a través del programa SCRI Fuego "Simulación de Contaminación y Riesgos Industriales" en su versión 1.4, que incluye los escenarios de fuego y explosión. Este modelo computa los radios de la zona en donde el fuego provoca quemaduras a personas sin protección, dichos radios están dados en dos escalas que determinan quemaduras letales para el radio que delimita los 9.5 kw /m² y quemaduras de segundo grado para el radio que marca los 5 Kw /m² de radiación.

El modelo trabaja con los siguientes parámetros del gas natural:

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

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

Límites para definición de las áreas de riesgo y amortiguamiento.

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

De acuerdo a la NOM-010-STPS-1999, los límites máximos permisibles de exposición para gas natural para toxicidad no se definen, debido a que la sustancia es clasificada como asfixiante, por lo que no se consideraron para el desarrollo del presente estudio.

Mientras que para la radiación térmica y los sobre-presiones se cuenta con los siguientes valores definidos por el Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAT.

Inflamabilidad (radiación térmica)

Zona de alta exposición	5 kW/m ²
Zona de media exposición	3 kW/m ²
Zona de baja exposición	1.4 kW/m ²

Explosividad (sobre presión)

Zona de alto riesgo	3.0 lb/plg ²
Zona de medio riesgo	1.0 lb/plg ²
Zona de bajo riesgo	0.5 lb/plg ²

La meteorología seleccionada para el estudio está sustentada en la guía del estudio de riesgo ambiental emitido por la SEMARNAT, en el sentido de seleccionar las condiciones más desfavorables para los escenarios seleccionados.

Velocidad del viento	6 m/seg.
Altura de referencia	1 m
Temperatura ambiente	16.0 °C temperatura media en el área.
Humedad	77%
Aspereza superficial	0.1 es el valor para un área rural plana
Estabilidad	Pasquill C Ligeramente Inestable

Una mayor estabilidad atmosférica reducirá la dispersión de gases en la atmósfera propiciando las mayores concentraciones del gas en ésta. Se consideran las mismas condiciones meteorológicas en los tres escenarios, debido a la corta distancia entre un punto y otro.

Otras consideraciones, durante la solicitud de datos en el Software Scri-Fuego 1.4.1:

Tiempo de duración de la exposición: Es el tiempo en el cual una persona o instalación, se encuentran bajo los efectos de la radiación térmica del fuego. Esto con el propósito de calcular la dosis de interés, se establece que la dosis de radiación que recibiría una persona es la dosis por minuto a la que se ve expuesto durante el siniestro. Los resultados de intensidad de radiación son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro.

Tiempo de duración del fuego: Es el tiempo en que el fuego se mantiene encendido, esto dependerá del tiempo de respuesta del personal o las medidas de seguridad y control que se tienen para controlar el fuego, en caso evento se determinará este factor.

Factor de Eficiencia explosiva: Determina la cantidad de energía desprendida en el evento. Para considerar el peor caso, se sugiere que el valor sea de 0.1 (EPA-RMP Guidance for offsite consequence analysis).

Análisis de consecuencias

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

Los resultados se utilizan para determinar las medidas de prevención, protección, control y mitigación que se han de tomar.

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

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

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

- Término de la fuente.
- Dispersión.
- Efecto.
- Factores de mitigación.

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

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

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

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

Definición de escenarios

Se analizan diferentes escenarios de un posible evento, considerando los de mayor trascendencia, dadas las particularidades de dimensión y condiciones de operación y transporte.

Con esta premisa se consideran 7 escenarios contemplados en los nodos de análisis HAZOP, que corresponden a:

Tabla 32. Escenarios contemplados en los nodos de análisis HAZOP.

Nodo	Nombre	Diámetro (in)
1	Invernaderos	8
2	Agroindustria	10
3	Ramal principal	12
4	Comercio y servicio	1
5	Equipamiento	1
6	Citygate	6
7	Interconexión	6

A continuación, se describen las áreas con las consideraciones de cada una:

- 1- **Invernaderos:** El Agroparque pretende alimentar el área con la línea de gas natural para para mantener el calor y las condiciones medioambientales de los invernaderos que producirán frutas del estado, por lo tanto, solo es esporádico a entrada de personal a esta área.
- 2- **Agroindustria:** Esta área esta considerara para los diferentes procesos para el empackado y condiciones del producto de los invernaderos a través de un sistema automatizado, por lo tanto, solo es esporádico a entrada de personal a esta área.
- 3- **Ramal principal:** Esta área esta considerara exclusivamente de la salida del citygate a la primera bifurcación del sistema de transporte, la función este es exclusivamente el transporte del gas natural por medio del gasoducto de PEAD, sin embargo, los factores se consideran es el transito esporádico de peatones y vehículos de carga o visitante al Agroparque.
- 4- **Comercio y Servicio:** en esta área está considerada para la alimentación con la línea de gas natural para las regaderas, vestidores y comedor.
- 5- **Equipamiento:** Esta área está considerada para las posibles empresas que sean armadoras sin embargo no existe en la actualidad ningún contrato con alguna de ellas.
- 6- **Citygate:** Esta área esta considerara exclusivamente para la construcción, instalación, operación y regulación del sistema de transporte, por lo tanto, solo es esporádico a entrada de personal autorizado a esta área.
- 7- **Interconexión:** Esta área esta considerara exclusivamente para la operación del sistema de transporte, por lo tanto, solo es esporádico a entrada de personal autorizado a esta área.

El análisis de estos escenarios nos permitirá evaluar las características del término de la fuente en cuanto a su magnitud y las posibilidades de ocurrencia de explosión o deflagración ante su ignición.

Los análisis a desarrollar están sustentados por prácticas de ingeniería comúnmente utilizadas y sus resultados permitirán seleccionar con mejores bases las simulaciones de los incidentes que se traten en el estudio.

Término de la fuente para el escenario 1 Invernaderos.

Área Invernaderos de Transportadora de Gas Agros S.A de C.V. Este escenario es la simulación de la rotura del 100% y 20% del diámetro de la línea de PEAD a la entrada del área a una presión de operación de 5 bar.

Tabla 33. Término de la fuente para el escenario 1, Tubería 1 Invernaderos

Ubicación:	Tubería de 8" de PEAD. Este escenario es la simulación de la rotura del 100% Y 20% de la línea de Polietileno de alta densidad	
Etapa de operación:	Entrada del área de Invernaderos.	
Causas probables:	Ruptura debido a accidentes por terceros	
	Sobrepresión y rotura de la tubería	
	Vandalismo, terrorismo y/o sabotaje	
	Aumento de la resistencia de la carga del concreto	
	Desastres naturales	
Consideraciones:	El tiempo máximo de detección y control de la fuga en la tubería se considera de 5 min debido a que las instalaciones cuentan con válvulas de bloqueo. Además de tener caminos de acceso transitables y señalizado, poca recurrencia de personas laborando en el área.	
	Tipo de liberación es continuo	
	Se considera que a 60 segundos de iniciada la fuga se incendia y/o detona con una fuente de ignición.	
	El diámetro del orificio es de 179.50 mm para la rotura al 100% de la tubería de 8" pulgadas	
	El diámetro del orificio es de 35.9 mm para la rotura al 20% de la tubería de 8" pulgadas	
Condiciones ambientales:	Condiciones ambientales	
	Temperatura del gas de la tubería	20° C
	Velocidad del viento	6 m/seg
	Humedad	77%, se eligió debido a que es la HR promedio en el área de estudio
	Presión	5 kg/cm2
	Altura de la fuente de emisión	1 m

Término de la fuente para el escenario 2 Agroindustria.

Área Agroindustrial de Transportadora de Gas Agros S.A de C.V. Este escenario es la simulación de la rotura del 100% y 20% del diámetro de la línea de PEAD a la entrada del área a una presión de operación de 5 bar.

Tabla 34. Término de la fuente para el escenario 2, Tubería 2 Agroindustria

Ubicación:	Tubería de 10" de PEAD. Este escenario es la simulación de la rotura del 100% Y 20% de la línea de Polietileno de alta densidad	
Etapa de operación:	Entrada al área de Agroindustria.	
Causas probables:	Ruptura debido a accidentes por terceros	
	Sobrepresión y rotura de la tubería	
	Vandalismo, terrorismo y/o sabotaje	
	Aumento de la resistencia de la carga del concreto	
	Desastres naturales	
Consideraciones:	El tiempo máximo de detección y control de la fuga en la tubería se considera de 5 min debido a que las instalaciones cuentan con válvulas de bloqueo. Además de tener caminos de acceso transitables y señalizado, hay poca afluencia de personas laborando en el área	
	Tipo de liberación es continuo	
	Se considera que a 60 segundos de iniciada la fuga se incendia y/o detona con una fuente de ignición	
	El diámetro del orificio es de 223.4 mm para la rotura al 100% de la tubería de 10" pulgadas	
	El diámetro del orificio es de 44.68 mm para la rotura al 20% de la tubería de 10" pulgadas	
	Condiciones ambientales	
Condiciones ambientales:	Temperatura del gas de la tubería	20° C
	Velocidad del viento	6 m/seg
	Humedad	77%, se eligió debido a que es la HR promedio en el área de estudio
	Presión	5 kg/cm2
	Altura de la fuente de emisión	0.5 m

Término de la fuente para el escenario 3 Ramal Principal.

Área al ramal principal Transportadora de Gas Agros S.A de C.V. Este escenario es la simulación de la rotura del 100% y 20% del diámetro de la línea de PEAD a la entrada del área a una presión de operación de 5 bar.

Tabla 35. Término de la fuente para el escenario 3, Tubería 3 Ramal Principal

Ubicación:	Tubería de 12" de PEAD. Este escenario es la simulación de la rotura del 100% Y 20% de la línea de Polietileno de alta densidad	
Etapa de operación:	Entrada al área del ramal Principal.	
Causas probables:	Ruptura debido a accidentes por terceros	
	Sobrepresión y rotura de la tubería	
	Vandalismo, terrorismo y/o sabotaje	
	Aumento de la resistencia de la carga del concreto	
	Desastres naturales	
Consideraciones:	El tiempo máximo de detección y control de la fuga en la tubería se considera de 5 min debido a que las instalaciones cuentan con válvulas de bloqueo. Además de tener caminos de acceso transitables y señalizado, hay personas laborando en el área	
	Tipo de liberación es continuo	
	Se considera que a 60 segundos de iniciada la fuga se incendia y/o detona con una fuente de ignición	
	El diámetro del orificio es 261.8 mm para la rotura al 100% de la tubería de 12" pulgadas de PEAD.	
	El diámetro del orificio es 52.36 mm para la rotura al 20% de la tubería de 12" pulgadas de PEAD.	
	Condiciones ambientales	
Condiciones ambientales:	Temperatura del gas de la tubería	20° C
	Velocidad del viento	6m/seg
	Humedad	77%, se eligió debido a que es la HR promedio en el área de estudio
	Presión	5 km/cm2
	Altura de la fuente de emisión	1 m

Término de la fuente para el escenario 4 Comercio y Servicio.

Área Comercio y Servicio de Transportadora de Gas Agros S.A de C.V. Este escenario es la simulación de la rotura del 100% y 20% del diámetro de la línea de PEAD a la entrada del área a una presión de operación de 5 bar.

Tabla 36. Término de la fuente para el escenario 4, Tubería 4 Comercio y Servicio

Ubicación:	Tubería de 1" de PEAD. Este escenario es la simulación de la rotura del 100% Y 20% de la línea de Polietileno de alta densidad	
Etapas de operación:	Entrada al área de comercio y servicio.	
Causas probables:	Ruptura debido a accidentes por terceros	
	Sobrepresión y rotura de la tubería	
	Vandalismo, terrorismo y/o sabotaje	
	Aumento de la resistencia de la carga del concreto	
	Desastres naturales	
Consideraciones:	El tiempo máximo de detección y control de la fuga en la tubería se considera de 5 min debido a que las instalaciones cuentan con válvulas de bloqueo. Además de tener caminos de acceso transitable y señalizado, hay personas laborando en el área.	
	Tipo de liberación es continuo	
	Se considera que a 60 segundos de iniciada la fuga se incendia y/o detona con una fuente de ignición	
	El diámetro del orificio es 27.40 mm para la rotura al 100% de la tubería de 1" pulgadas de PEAD.	
	El diámetro del orificio es 5.48 mm para la rotura al 20% de la tubería de 1" pulgadas de PEAD.	
	Condiciones ambientales	
Condiciones ambientales:	Temperatura del gas de la tubería	20° C
	Velocidad del viento	6 m/seg
	Humedad	77%, se eligió debido a que es la HR promedio en el área de estudio
	Presión	5 kg/cm ²
	Altura de la fuente de emisión	1 m

Término de la fuente para el escenario 5 Equipamiento.

Área equipamiento de Transportadora de Gas Agros S.A de C.V. Este escenario es la simulación de la rotura del 100% y 20% del diámetro de la línea de PEAD a la entrada del área a una presión de operación de 5 bar.

Tabla 37. Término de la fuente para el escenario 5, Tubería 5 Equipamiento

Ubicación:	Tubería de 1" de PEAD. Este escenario es la simulación de la rotura del 100% Y 20% de la línea de Polietileno de alta densidad	
Etapas de operación:	Entrada al área de equipamiento.	
Causas probables:	Ruptura debido a accidentes por terceros	
	Sobrepresión y rotura de la tubería	
	Vandalismo, terrorismo y/o sabotaje	
	Aumento de la resistencia de la carga del concreto	
	Desastres naturales	
Consideraciones:	El tiempo máximo de detección y control de la fuga en la tubería se considera de 5 min debido a que las instalaciones cuentan con válvulas de bloqueo. Además de tener caminos de acceso transitables y señalizado, hay personas laborando en el área	
	Tipo de liberación es continuo	
	Se considera que a 60 segundos de iniciada la fuga se incendia y/o detona con una fuente de ignición	
	El diámetro del orificio es 27.40 mm para la rotura al 100% de la tubería de 1" pulgadas de PEAD.	
	El diámetro del orificio es 5.48 mm para la rotura al 20% de la tubería de 1" pulgadas de PEAD.	
	Condiciones ambientales	
Condiciones ambientales:	Temperatura del gas de la tubería	20° C
	Velocidad del viento	6 m/seg
	Humedad	77%, se eligió debido a que es la HR promedio en el área de estudio
	Presión	5 kg/cm ²
	Altura de la fuente de emisión	1 m

Término de la fuente para el escenario 6 Citygate.

Área Citygate de Transportadora de Gas Agros S.A de C.V. Este escenario es la simulación de la rotura del 100% y 20% del diámetro de la línea de AC a la entrada del área a una presión de operación de 21 bar.

Tabla 38. Término de la fuente para el escenario 6, Tubería 6 Citygate

Ubicación:	Citygate de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. Este escenario es la simulación de la rotura del 100% y 20% del diámetro de la línea de Acero con Carbón	
Etapa de operación:	Citygate con tuberías de Acero al Carbón	
Causas probables:	Falla válvula de alivio en estación	
	Sobrepresión (falla de reguladores)	
	Vandalismo, terrorismo y/o sabotaje	
	Baja de presión	
Consideraciones:	El tiempo máximo de detección y control de la fuga en la tubería se considera de 5 min debido a que las instalaciones cuentan con válvulas de bloqueo y medidores de presión que emiten señales a través del sistema SCADA de GNI. además de tener caminos de acceso transitables y señalizado, hay personas laborando en el área	
	Tipo de liberación es continuo	
	Se considera que a 60 segundos de iniciada la fuga se incendia y/o detona con una fuente de ignición	
	El diámetro del orificio es de 154 mm para la rotura al 100% de la tubería de 6" pulgadas	
	El diámetro del orificio es de 30.8 mm para la rotura al 20% de la tubería de 6" pulgadas	
	Condiciones ambientales	
Condiciones ambientales:	Temperatura del gas de la tubería	20° C
	Velocidad del viento	6 m/seg
	Humedad	77%, se eligió debido a que es la HR promedio en el área de estudio
	Presión	21 (38.76 kg/cm ²)
	Altura de la fuente de emisión	1 m

Término de la fuente para el escenario 7 Interconexión.

Área interconexión de Transportadora de Gas Agros S.A de C.V. Este escenario es la simulación de la rotura del 100% y 20% del diámetro de la línea de AC a la entrada del área a una presión de operación de 21 bar.

Tabla 39. Término de la fuente para el escenario 7, Tubería 7 Interconexión

Ubicación	Interconexión AC 6". Este escenario es la simulación de la rotura del 100% y 20% del diámetro de la línea de Acero al Carbón	
Etapas de operación:	Tubería de interconexión de Acero al Carbón	
Causas probables:	Falla válvula de compuerta.	
	Vandalismo, terrorismo y/o sabotaje	
	Baja de presión	
Consideraciones:	El tiempo máximo de detección y control de la fuga en la tubería se considera de 5 min debido a que las instalaciones cuentan con válvulas de bloqueo. Además de tener caminos de acceso transitable y señalizado, hay personas laborando en el área.	
	Tipo de liberación es continuo	
	Se considera que a 60 segundos de iniciada la fuga se incendia y/o detona con una fuente de ignición	
	El diámetro del orificio es de 154 mm para la rotura al 100% de la tubería de 6" pulgadas	
	El diámetro del orificio es de 30.8 mm para la rotura al 20% de la tubería de 6" pulgadas	
	Condiciones ambientales	
	Probabilidad de conato de incendio a causa de vegetación aledaña	
Condiciones ambientales:	Temperatura del gas de la tubería	20° C
	Velocidad del viento	6 m/seg
	Humedad	77%, se eligió debido a que es la HR promedio en el área de estudio
	Presión	21 (38.76 kg/cm ²)
	Altura de la fuente de emisión	1 m

Incendio y explosión

Una vez identificados los riesgos de la red de Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales. Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que sienta dolor.

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

Tabla 40. Posibles efectos de un incendio.

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

Sobrepresión

De acuerdo a la simulación de la dispersión de la nube, los efectos de incendio y explosión, se pueden definir las áreas de seguridad estimadas en las tablas que describen las consecuencias en cada evento, pueden ser consideradas como las distancias mínimas que deberán ser restringidas al tránsito en un evento similar. Los efectos producidos por una explosión, se generan a través de una serie de ondas expansivas, de tal forma que las ondas de mayor presión están situadas formando una circunferencia cercana al centro de la nube y las de menor presión se sitúan en circunferencias de diámetros mayores. La tabla siguiente muestra la relación entre la sobrepresión y el tipo de daño asociado.

Tabla 41. Daños producidos por posibles detonaciones

Sobrepresión en kPa	Tipo de daño
0.7 a 1	Cristales 5% rotos
1.4 a 3	Cristales 50% rotos
3 a 6	Cristales 90% rotos
3 a 5	Tejas desplazadas
6 a 9	Marcos de puertas y ventanas rotos
14 a 28	Caída parcial de casas
35 a 80	50% a 75% destrucción de casas
80 a 260	Demolición completa

Existe una serie de modelaciones que estiman el potencial explosivo aproximado de una explosión y predicen los daños de ésta, bajo supuestos como que la fuga de material es instantánea, que la formación de la nube asume una determinada forma y que ésta no es distorsionada por los elementos climáticos, que la composición es uniforme y su concentración corresponde al algoritmo seleccionado para tal fin.

Tabla 42. Tasa de emisión para los ductos con rotura al 100%

Escenario	Fuente de emisión	Rotura de:	Resultados de la tasa de emisión (kg/s)
1	Chorro horizontal	100% en tubería de 8"	21.24
2	Chorro horizontal	100% en tubería de 10"	32.90
3	Chorro horizontal	100% en tubería de 12"	45.18
4	Chorro horizontal	100% en tubería de 1"	0.49
5	Chorro horizontal	100% en tubería de 1"	0.49
6	Chorro horizontal	100% en tuberías de Citygate	65.66
7	Chorro horizontal	100% en tuberías de Interconexión	65.66

A continuación, se presenta la tabla que muestra las distancias calculadas a nivel piso para las dosis de radiación específicas y la intensidad de radiación. Para fines de interpretación, se establece que la dosis de radiación que recibirá una persona es la dosis por minuto a la que se ve expuesto durante el siniestro. Los resultados de intensidad de radiación son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro.

Es importante mencionar que se tomaron los datos que resultan para el caso más catastrófico, en este caso para la ruptura de la tubería al 100%.

Tabla 43. Fuego- Intensidad de radiación y Dosis de radiación para los ductos con una rotura de 100%

Escenario	Zona de amortiguamiento (1.4 kW/m ²)		Zona de riesgo medio (3.0 kW/m ²)		Zona de alto riesgo (5.0 kW/m ²)	
	Radio (m)	Dosis (W/m ²)	Radio (m)	Dosis (W/m ²)	Radio (m)	Dosis (W/m ²)
1	91.09	9.397 ⁵	63.20	2.596 ⁶	49.49	5.130 ⁶
2	112.21	9.397 ⁵	77.92	2.596 ⁶	61.02	5.130 ⁶
3	130.61	9.397 ⁵	90.69	2.596 ⁶	71.02	5.130 ⁶
4	14.96	9.397 ⁵	10.36	2.596 ⁶	8.09	5.130 ⁶
5	14.96	9.397 ⁵	10.36	2.596 ⁶	8.09	5.130 ⁶
6	156.19	9.397 ⁵	108.46	2.596 ⁶	84.94	5.130 ⁶
7	156.19	9.397 ⁵	108.46	2.596 ⁶	84.94	5.130 ⁶

Se anexan las simulaciones realizadas para cada uno de los escenarios propuestos (**Anexo 7**).

II.2. INTERACCIONES DE RIESGO

Tanto las operaciones de recibo y transporte del gas natural, así como la operación de Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos están sujetas a la interacción de otros riesgos presentes en el área de influencia. Estos riesgos pueden ser clasificados en activos y pasivos.

Los **riesgos activos** son aquellos que se suman a las consecuencias en un evento de ocurrencia, como puede ser durante el transporte a la cercanía de instalaciones industriales catalogadas como de alto riesgo por sus procesos y los materiales involucrados en éstos, o la presencia de almacenamiento o confinamiento de productos combustibles o explosivos como gasolineras, gaseras, etc.

La combinación de riesgos para las operaciones de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., y cualquier otro riesgo activo, deberá ser analizada independientemente para evaluar sus posibles consecuencias y determinar las medidas y previsiones convenientes a tomar.

Los **riesgos pasivos** son aquellos que determinan un grado mayor de afectación ante el acontecer de un evento, tal es el caso de instalaciones que agrupen gente en las colindancias del predio o en las cercanías de la ruta de transporte, por ejemplo, escuelas, hospitales, estadios, etc.

Fueron establecidas situaciones de interacción de posibles riesgos activos, dentro de los radios potenciales de afectación determinados a través de los escenarios observados en el punto anterior.

A continuación, se presenta una breve explicación acerca de las simulaciones realizadas para cada uno de los escenarios establecidos. Cabe mencionar que, en los siete escenarios se tomaron en cuenta como probables causantes de riesgo, las siguientes: Sobrepresión y ruptura en la tubería, Falla de válvula de alivio en estación, Vandalismo, sabotaje o desastres naturales.

Resultados de los nodos (escenarios) de la ruptura de la tubería al 100%.

Nodo 1. Invernaderos:

Se simula la ruptura del ducto de 8" PEAD al 100%, para el caso más catastrófico del escenario (ruptura al 100%) del diámetro nominal del gasoducto podría llegar a causar daños en la infraestructura del Agroparque ya que se presenta una zona de amortiguamiento (1.4 Km/m^2) de 91.01m y una zona de alto riesgo (5Km/m^2) de 49.49 m, mismos que se representan en la siguiente imagen:

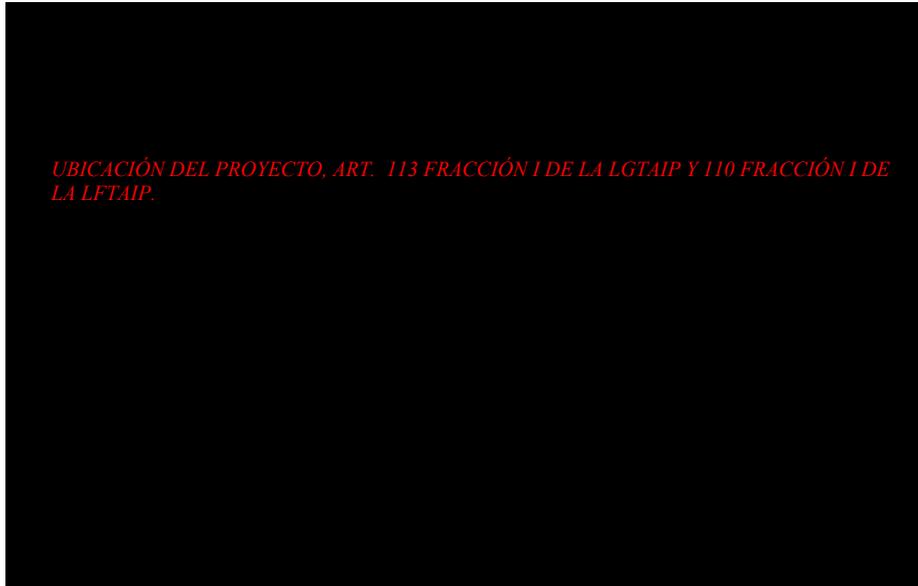


Imagen 17. Simulación de la ruptura del ducto de 8" PEAD al 100%, Invernaderos.

Las medidas preventivas para este escenario son:

Los mantenimientos preventivos e inspecciones de rutina para validar condiciones de los equipos, tuberías, instrumentos de control y sistemas de seguridad. Establecer un programa de simulacros para estar preparados a cómo responder a un evento de esta magnitud, así como comunicar oportunamente a todo el personal, empresas aledañas e instituciones de gobierno por la afectación a servicios de infraestructura.

Nodo 2. Agroindustria:

Se simula la ruptura del ducto de 10" PEAD al 100%, para el caso más catastrófico del escenario (ruptura al 100%) del diámetro nominal del gasoducto podría llegar a causar daños en la infraestructura del Agroparque ya que se presenta una zona de amortiguamiento (1.4 Km/m^2) de 112.21 m y una zona de alto riesgo (5 Km/m^2) de 61.02 m, mismos que se representan en la siguiente imagen:

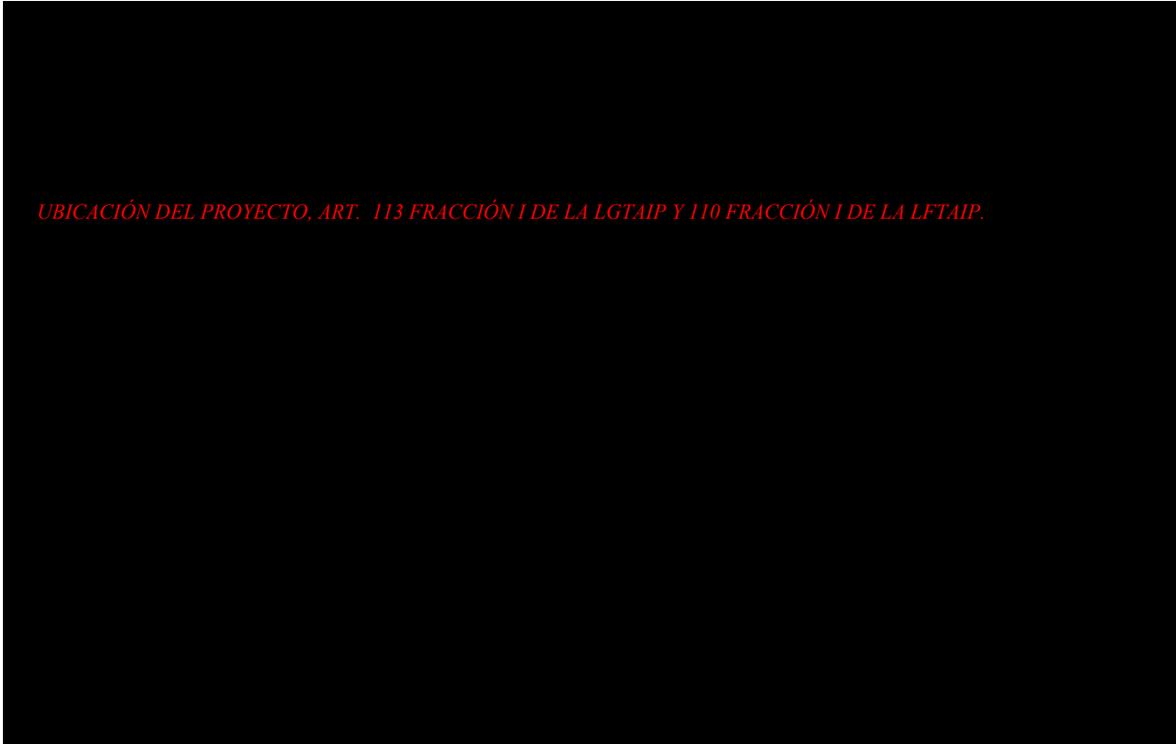


Imagen 18. Simulación de la ruptura del ducto de 10" PEAD al 100%, Agroindustria.

Las medidas preventivas para este escenario son:

Los mantenimientos preventivos e inspecciones de rutina para validar condiciones de los equipos, tuberías, instrumentos de control y sistemas de seguridad. Establecer un programa de simulacros para estar preparados a cómo responder a un evento de esta magnitud, así como comunicar oportunamente a todo el personal, empresas aledañas e instituciones de gobierno por la afectación a servicios de infraestructura.

Nodo 3. Ramal Principal:

Se simula la ruptura del ducto de 12" PEAD al 100%, para el caso más catastrófico del escenario (ruptura al 100%) del diámetro nominal del gasoducto podría llegar a causar daños en la infraestructura del Agroparque ya que se presenta una zona de amortiguamiento (1.4 Km/m^2) de 130.61 m y una zona de alto riesgo (5 Km/m^2) de 71.02 m, mismos que se representan en la siguiente imagen:

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

Imagen 19. Simulación de la ruptura del ducto de 12" PEAD al 100%, Ramal Principal.

Las medidas preventivas para este escenario son:

Los mantenimientos preventivos e inspecciones de rutina para validar condiciones de los equipos, tuberías, instrumentos de control y sistemas de seguridad. Establecer un programa de simulacros para estar preparados a cómo responder a un evento de esta magnitud, así como comunicar oportunamente a todo el personal, empresas aledañas e instituciones de gobierno por la afectación a servicios de infraestructura.

Nodo 4. Comercio y Servicio:

Se simula la ruptura del ducto de 1" PEAD al 100%, para el caso más catastrófico del escenario (ruptura al 100%) del diámetro nominal del gasoducto podría llegar a causar daños en la infraestructura del Agroparque ya que se presenta una zona de amortiguamiento (1.4 Km/m^2) de 14.96 m y una zona de alto riesgo (5 Km/m^2) de 8.09 m, mismos que se representan en la siguiente imagen:

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

Imagen 20. Simulación de la ruptura del ducto de 1" PEAD al 100%, Comercio y Servicio.

Las medidas preventivas para este escenario son:

Los mantenimientos preventivos e inspecciones de rutina para validar condiciones de los equipos, tuberías, instrumentos de control y sistemas de seguridad. Establecer un programa de simulacros para estar preparados a cómo responder a un evento de esta magnitud, así como comunicar oportunamente a todo el personal, empresas aledañas e instituciones de gobierno por la afectación a servicios de infraestructura.

Nodo 5. Equipamiento:

Se simula la ruptura del ducto de 1" PEAD al 100%, para el caso más catastrófico del escenario (ruptura al 100%) del diámetro nominal del gasoducto podría llegar a causar daños en la infraestructura del Agroparque ya que se presenta una zona de amortiguamiento (1.4 Km/m^2) de 14.96 m y una zona de alto riesgo (5 Km/m^2) de 8.09 m, mismos que se representan en la siguiente imagen:



Imagen 21. Simulación de la ruptura del ducto de 1" PEAD al 100%, Equipamiento.

Las medidas preventivas para este escenario son:

Los mantenimientos preventivos e inspecciones de rutina para validar condiciones de los equipos, tuberías, instrumentos de control y sistemas de seguridad. Establecer un programa de simulacros para estar preparados a cómo responder a un evento de esta magnitud, así como comunicar oportunamente a todo el personal, empresas aledañas e instituciones de gobierno por la afectación a servicios de infraestructura.

Nodo 6. Citygate:

Se simula la ruptura del ducto de 6" AC al 100%, para el caso más catastrófico del escenario (ruptura al 100%) del diámetro nominal del gasoducto podría llegar a causar daños en la infraestructura del Agroparque ya que se presenta una zona de amortiguamiento (1.4 Km/m^2) de 156.19 m y una zona de alto riesgo (5 Km/m^2) de 84.94 m, mismos que se representan en la siguiente imagen:

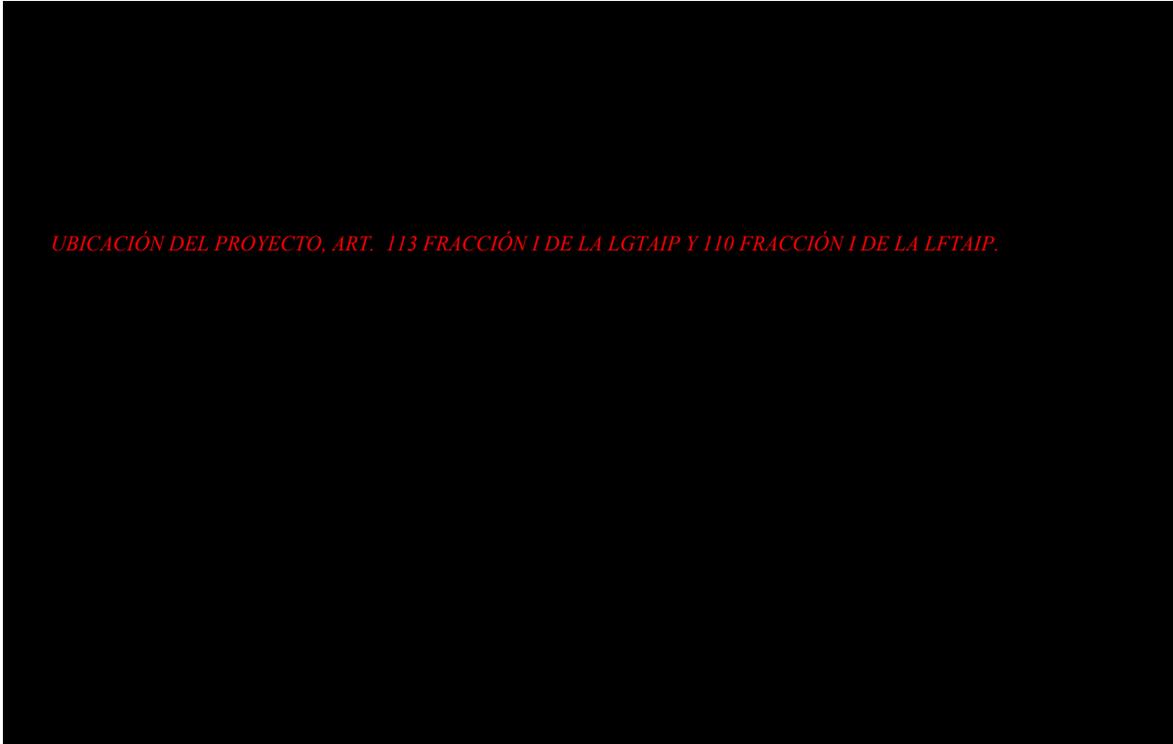


Imagen 22. Simulación de la ruptura del ducto de 6" AC al 100%, Citygate.

Las medidas preventivas para este escenario son:

Los mantenimientos preventivos e inspecciones de rutina para validar condiciones de los equipos, tuberías, instrumentos de control y sistemas de seguridad. Establecer un programa de simulacros para estar preparados a cómo responder a un evento de esta magnitud, así como comunicar oportunamente a todo el personal, empresas aledañas e instituciones de gobierno por la afectación a servicios de infraestructura.

Nodo 7. Citygate:

Se simula la ruptura del ducto de 6" AC al 100%, para el caso más catastrófico del escenario (ruptura al 100%) del diámetro nominal del gasoducto podría llegar a causar daños en la infraestructura del Agroparque ya que se presenta una zona de amortiguamiento (1.4 Km/m^2) de 156.19 m y una zona de alto riesgo (5Km/m^2) de 84.94 m, mismos que se representan en la siguiente imagen:

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

Imagen 23. Simulación de la ruptura del ducto de 6" AC al 100%, Interconexión.

Las medidas preventivas para este escenario son:

Los mantenimientos preventivos e inspecciones de rutina para validar condiciones de los equipos, tuberías, instrumentos de control y sistemas de seguridad. Establecer un programa de simulacros para estar preparados a cómo responder a un evento de esta magnitud, así como comunicar oportunamente a todo el personal, empresas aledañas e instituciones de gobierno por la afectación a servicios de infraestructura.

A continuación, se realiza la representación gráfica de los 7 nodos contemplando el escenario más catastrófico es decir la ruptura del 100% de las líneas de PEAD y AC.

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



Imagen 24. Simulación de los siete nodos con ruptura al 100%.

Anexo 7. Representación Gráfica de los 7 nodos con ruptura al 100%.

Como se puede observar en la representación gráfica de los 7 nodos en caso de que ocurriera algún evento catastrófico, el que tienen mayor alcance es el Citygate, asimismo considerando el sitio en conjunto de la afluencia de peatones o bien transportistas sigue siendo el mismo que generarían mayor impacto al ambiente.

En base a lo anterior, se puede decir que, el principal riesgo activo presente en el proyecto es la infraestructura del Agroparque, en este caso la correspondiente a la industria de transformación (una vez establecidos) y que se encuentren en los radios de afectación definidos en las simulaciones realizadas. En lo que respecta a las empresas o instalaciones fuera del Agroparque sólo se tiene referencia de un parque industrial en proceso de construcción, éste representaría un riesgo activo si se encontrará dentro del radio de afectación determinados por los escenarios, pero éste se encuentra fuera del rango, es decir, se localiza a aproximadamente 300 metros de distancia del nodo de afectación más cercano, mismo que corresponde al escenario 6.

Como parte de los riesgos pasivos considerados para el sistema de Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos, se encuentra nuevamente la infraestructura con la que contará el Agroparque, en este caso le correspondería al área de servicios comunes contemplados para el mismo. En caso de presentarse un evento de riesgo se deberán tomar medidas necesarias para atender al personal que se encuentre dentro de los radios de afectación definidos para este escenario. Por otra parte, es importante mencionar que el proyecto se encuentra alejado de asentamientos humanos bien establecidos, mismos que pudiesen considerarse como riesgos pasivos.

Como información adicional se presenta un cuadro con las distancias aproximadas de los principales asentamientos urbanos cercanos al proyecto mismo donde se puede notar que en caso de un evento catastrófico no llegara a alguna comunidad.

Tabla 44. Asentamientos humanos más próximos al proyecto.

Pobladitos colindantes	Distancia (m)
Santa Fe	972.44
California	4,188.14
Puerta del Muerto	5,436.32
El Durazno	3,910.92
La Punta	3,031.81
La Esperanza	4,100.62
El Muerto	3,738.44

Por otro lado, se anexan las representaciones y resultados del jetfire para la ruptura al 20% en el **Anexo 8, resultados y representaciones graficas de la ruptura al 20%**

Resultados de los nodos (escenarios) sobrepresión al 100%.

Tabla 45. Sobrepresión

Escenario	Zona de amortiguamiento		Zona de riesgo medio		Zona de alto riesgo	
	Radio (m)	Sobrepresión (psi)	Radio (m)	Sobrepresión (psi)	Radio (m)	Sobrepresión (psi)
1	227.78	0.50	134.00	1.00	58.70	3.00
2	263.55	0.50	155.04	1.00	67.92	3.00
3	392.94	0.50	172.33	1.00	75.49	3.00
4	65.06	0.50	38.28	1.00	16.77	3.00
5	64.84	0.50	38.15	1.00	16.71	3.00
6	331.81	0.50	195.20	1.00	85.51	3.00
7	331.81	0.50	195.20	1.00	85.51	3.00

Por otra parte, según las simulaciones realizadas para los modelos de sobrepresión provocadas por nubes explosivas, las cuales fueron calculadas para una distancia total de 200 metros y de acuerdo a las presiones de interés manejadas en cada escenario, resulta que éstas podrían ocasionar en su caso, caídas parciales de casas.

A continuación, se presenta la descripción gráfica de las simulaciones realizadas para cada uno de los escenarios establecidos de la sobrepresión al 100%.

Nodo 1. Invernaderos:



Imagen 25. Simulación de la sobrepresión del ducto de 8" PEAD al 100%, Invernaderos.

Nodo 2. Agroindustria:

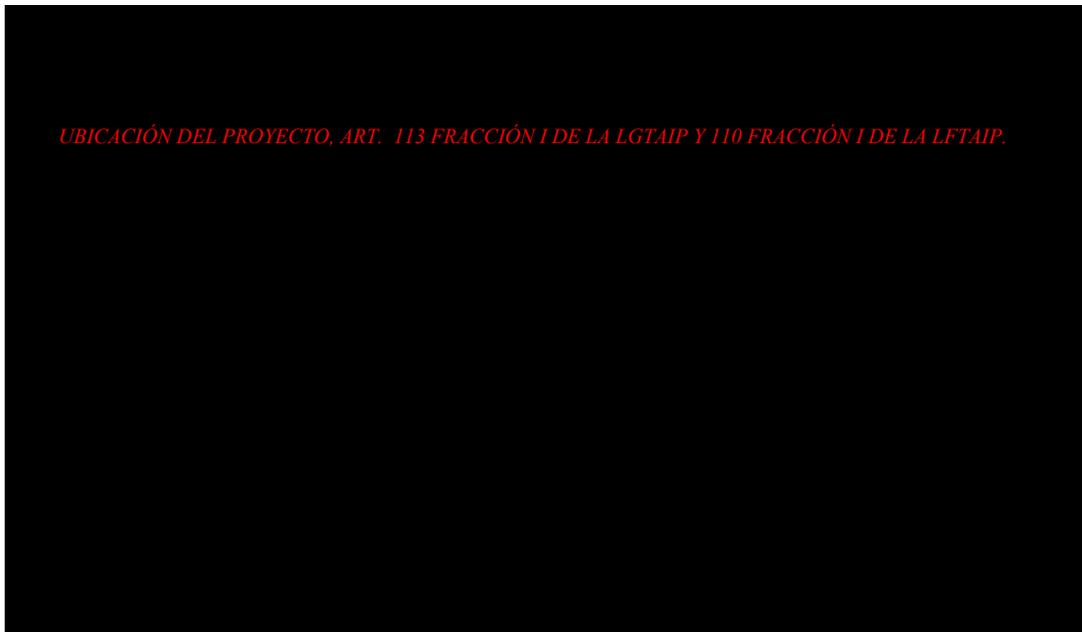


Imagen 26. Simulación de la sobrepresión del ducto de 10" PEAD al 100%, Agroindustria.

Nodo 3. Ramal Principal:



Imagen 27. Simulación de la sobrepresión del ducto de 12" PEAD al 100%, Ramal Principal.

Nodo 4. Comercio y Servicio:

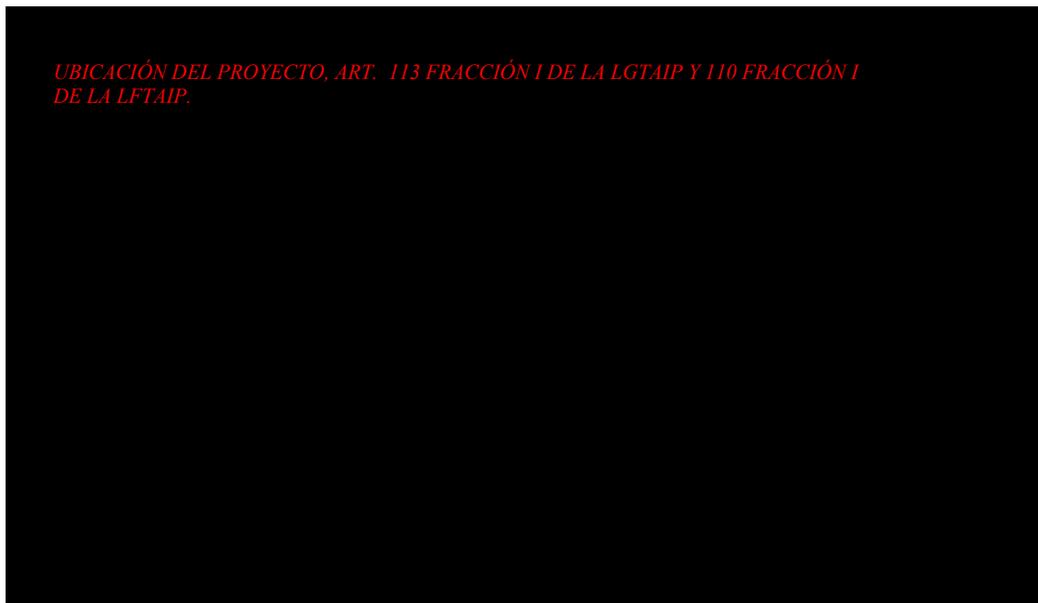


Imagen 28. Simulación de la sobrepresión del ducto de 1" PEAD al 100%, Comercio y Servicio.

Nodo 5. Equipamiento:



Imagen 29. Simulación de la sobrepresión del ducto de 1" PEAD al 100%, Equipamiento.

Nodo 6. Citygate:



Imagen 30. Simulación de la sobrepresión del ducto de 6" AC al 100%, Citygate.

Nodo 7. Interconexión:



A continuación, se realiza la representación gráfica de los 7 nodos contemplando el escenario más catastrófico, es decir, la sobrepresión del 100% de las líneas de PEAD y AC.



Imagen 32. Simulación de los siete nodos con una sobrepresión al 100%.

II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

En relación a lo expuesto en el capítulo IV del Manifiesto de Impacto Ambiental modalidad particular en la delimitación del área de estudio se expuso el área de influencia directa (**área del proyecto**) se determina que los posibles impactos en base a los resultados.

Para ello, se tomaron en cuenta diversos criterios con base en la ubicación, la naturaleza del proyecto y el análisis de la interacción directa e indirecta que el mismo, en sus diferentes etapas, pudiera tener con los componentes ambientales (factores bióticos y abióticos), y sociales de la zona en la que se establecerá, considerando la amplitud de dichas interacciones.

Para establecer en forma definitiva el sistema ambiental del proyecto, se efectuó no sólo una identificación, sino también una evaluación de los impactos ambientales potenciales, directos e indirectos y los riesgos debido al proyecto que puedan tener implicaciones en la vulnerabilidad de los componentes ambientales.

Los criterios ambientales considerados son:

Criterio 1: Dimensiones del proyecto, distribución de obras y actividades desarrollar, sitios para la disposición de desechos.

Criterio 2: Rasgos Geomorfoedológicos, hidrográficos, meteorológicos y tipos de vegetación.

Criterio 3: Tipo, características, distribución, uniformidad y continuidad de las unidades ambientales.

Criterio 4: Uso de suelo.

El polígono resultante (limitado al norte por la carretera a federal 45. Rincón de Romos – Cosío km 48 y al este, oeste y sur por un camino rural), es un mosaico de tierras utilizadas en su gran mayoría para actividades agropecuarias, en una zona con emplazamiento agro-industrial, donde los posibles impactos adversos no afectarán negativamente a zonas urbanas ni a ecosistemas naturales. El polígono definido se muestra a continuación:



Imagen 33. Área de influencia directa

Ahora bien, considerando el peor escenario que es el 6 cuando se suscita una fuga de gas natural en el Citygate a una presión de 21 bar y un diámetro de 6 pulgadas, se muestran los radios de afectación para una sobrepresión, en la delimitación del Sistema Ambiental, en donde se puede apreciar que la afectación sería sobre el criterio de vías de comunicación en Carretera federal 45. Rincón de Romos – Cosío km 48, no habiendo riesgos adversos en zonas urbanas cercanas como la comunidad:

Tabla 46. Zonas Urbanas colindantes

Pobladitos colindantes	Distancia (m)
Santa Fe	972.44
California	4,188.14
Puerta del Muerto	5,436.32
El Durazno	3,910.92
La Punta	3,031.81
La Esperanza	4,100.62
El Muerto	3,738.44

Por otro lado, no hay afectación severa en ecosistemas naturales y sistemas hídricos. Se reitera, que este es el evento más SEVERO pero muy RARO de suceder, ya que el City Gate de Transportadora Gas Agros S.A de C.V., cuenta con mecanismos preventivos y de seguridad para que este tipo de emergencias no sucedan.

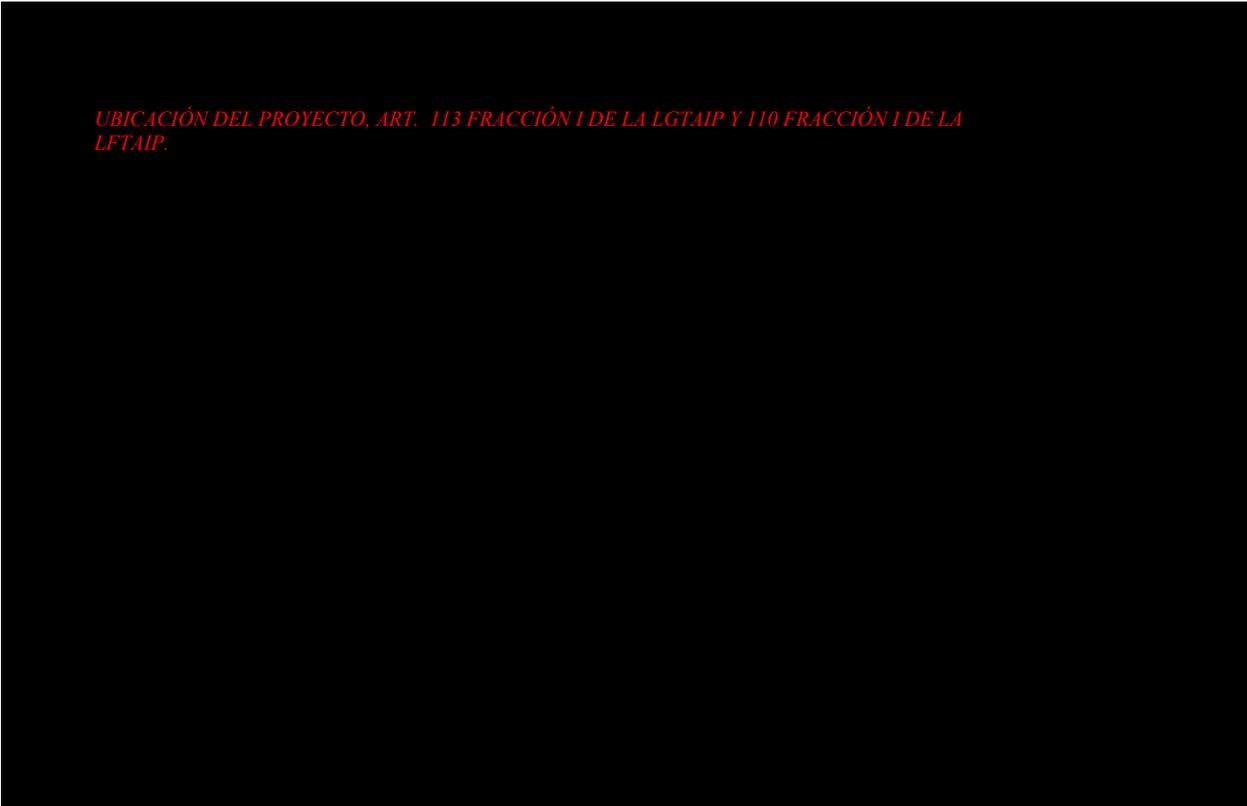


Imagen 34. Escenario 6, considerando el peor escenario cuando se suscita una fuga de gas natural

Finalmente, se realiza una valoración de los componentes ambientales y asentamientos humanos que pueden verse afectados por los eventos identificados, haciendo un análisis de los radios de afectación en zonas de riesgo y en zonas de amortiguamiento; esto es congruente a lo reflejado en la Manifestación de Impacto Ambiental en su sección V.2 Resultados de la Evaluación de Impactos Ambientales.

Se utiliza el criterio de evaluación de radios de afectación del Evento más catastrófico, pero menos probable (6) contra los componentes ambientales y asentamientos humanos que pudieran ser afectados, para ello, la valoración se realizó de la siguiente manera, utilizando la misma jerarquización de la Manifestación de Impacto Ambiental bajo el criterio de Nivel de Impacto, como se muestra a continuación:

Tabla 47. Niveles de impacto

Nivel de Impacto (IN)	
Bajo	Se produce cuando el elemento resulta algo modificado por los radios de afectación por el evento más catastrófico.
Medio	Se da el ser perturbado relativamente un elemento por los radios de afectación por el evento más catastrófico.
Alto	Se produce cuando un elemento destruido/dañado por los radios de afectación por el evento más catastrófico.

Tabla 48. Valoración de componentes ambientales y asentamientos humanos afectados

Evento de mayor severidad identificado en el análisis de riesgo.	Riesgo	Radio de afectación	Abióticos			Bióticos		Social		
			Agua	Aire	Suelo y geología	Vegetación	Fauna	Personal de las empresas Aledañas.	Asentamientos Humanos	Infraestructura de comunicaciones
Nodo 6 City Gate	Sobrepresión	Zona de Riesgo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Bajo	Alto
		Zona de amortiguamiento.	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio

En resumen, la empresa está consciente de los riesgos asociados con esta actividad y establecerá en el Programa para la Prevención de Accidentes, planes de emergencia para actuar antes, durante y después de la misma. Aunque ya se desarrollan los planes de emergencia, los cuáles son revisados continuamente por Protección Civil Municipal, se van a incluir estos riesgos identificados para establecer acciones que eviten cualquier desviación y la empresa mantenga sus niveles de seguridad.

Sin embargo, en caso de presentarse el nodo 6 se desarrollará y ejecutará un plan de respuesta ambiental donde:

- 1- Reduzca la relevancia del efecto sobre los componentes ambientales, que se afectarían;
- 2- Corregir y/o restaurar las áreas afectadas, con el fin de revertir el daño ambiental ocasionado por la presencia del evento y con ello revertir el daño ambiental ocasionando por la presencia del evento y

con ello restaurar los servicios ambientales que originalmente ofrecían al ecosistema de que se trate y que se está evaluando;

- 3- La protección, conservación y preservación del ecosistema de que se trate y su biodiversidad.
- 4- Programa de seguimiento de calidad ambiental que tenga como objeto valorar el éxito de la aplicación de las acciones de restauración en el ecosistema.

III. SEÑALAMIENTOS DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL.

III.1. Recomendaciones técnico-operativas

De acuerdo al análisis realizado en capítulos anteriores para la identificación de riesgos en el proyecto, la empresa establece las siguientes recomendaciones técnico-operativas:

- Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., debe contar con procedimientos escritos para manejar documentos de ingeniería, en los que se incluyen los planos, croquis, diagramas y especificaciones con su respectivo código de identificación, lista de revisión, aprobación y fechados.
- Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., deberá construir ampliaciones solo mediante planos y especificaciones que hayan sido aprobados y controlados mediante procedimientos escritos.
- Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., debe asegurarse de que las construcciones de sus ampliaciones queden registradas en planos o diagramas "As Built" que consignen todos los cambios o diferencias que se dieran en el proceso de construcción.
- Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., deberá asegurarse de que las tuberías de acero que integren todos los accesorios y equipos de estación, sean aptas para soportar la presión de operación y llevar grabados por el fabricante, las características que permitan identificarla y deberán contar con certificados de calidad. Preferentemente se empleará para tubos sin costura hasta 51 mm de diámetro, utilizando accesorios para soldadura. Se puede emplear soldadura tipo filete o a tope. En caso de utilizar este último se debe radiar el 100% de las uniones.

Brigada contra incendios

Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., debe:

- Informar a todo el personal sobre el rol de incendio respectivo; instruirlo y capacitarlo para actuar en caso de presentarse, impartiendo las instrucciones necesarias sobre el correcto manejo y forma de empleo de los extintores y demás elementos para extinción de incendios.
- Indicar a cada operario la tarea de asumir en caso de producirse una emergencia.
- Mantener en perfectas condiciones de funcionamiento y actualizadas las cargas de los extintores.
- Confeccionar y mantener actualizado un registro de todas las actividades que le corresponde desarrollar al personal afectado al rol de incendio de la planta de carga y descarga.

Programa para la prevención de Accidentes

Transportadora de Gas Agros S.A. de CV., debe contar con un Programa de Prevención de Accidentes para el caso de siniestro en las instalaciones, donde se indique:

Se deben evitar fugas de gas al ambiente, a fin de eliminar las posibilidades de fuegos y explosiones y si a pesar de ello se produce un siniestro, se debe proceder a atacar el fuego con los extintores disponibles, al mismo tiempo que se cierran todas las válvulas de las cañerías que entran y salen de los recipientes y la paralización total de las actividades.

En caso de que el siniestro se incremente, se procede en primera instancia a desalojar la zona en un radio de 100 m aproximadamente a toda persona ajena a la extinción del incendio y se da participación a los bomberos de la zona.

Cuando el fuego se localice en las conexiones, tuberías de recipientes o en éstos, se procederá a aplicar grandes cantidades de agua en todas las superficies expuestas al calor.

Si la válvula de cierre está en la zona de incendio, se considera la posibilidad de practicar su cierre protegiendo al operador con chorros de niebla de agua excepto que éste posea ropas protectoras, procediendo con cautela para evitar todo retroceso de las llamas, si el incendio no se puede apagar y el agua no es suficiente para enfriar el recipiente, siempre que no se note un aumento de presión y mayor volumen del fuego, habrá que considerar la posibilidad de alejamiento de todas las personas a un lugar seguro.

Siempre que los recipientes estén suficientemente refrigerados por el agua y el incendio no implique mayor riesgo, no se procederá a extinguir el fuego hasta que las pérdidas sean eliminadas. Habiéndose conjurado el siniestro, la planta quedará clausurada en forma preventiva y se procederá a una revisión exhaustiva de las partes afectadas por el fuego, efectuando los cambios y ajustes necesarios para la nueva puesta en marcha de las instalaciones. Realizadas las comprobaciones y de resultar satisfactorio, se procederá a su habilitación.

Carteles de seguridad

En el Citygate del gasoducto, deben colocarse carteles bien visibles con las leyendas:

- PELIGRO GAS A ALTA PRESION
- PELIGRO GAS NATURAL
- PROHIBDO FUMAR

Manual de procedimientos

Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., debe contar con Manual de Procedimientos donde se incluyan las disposiciones relativas al mantenimiento.

Trayectoria del ducto

Tuberías y accesorios de la instalación

Los materiales a utilizar en las instalaciones deberán ser aprobados para las condiciones de trabajo de acuerdo una norma reconocida. Todas las derivaciones y cambios de dirección se efectuarán con accesorios normalizados.

Las soldaduras de las tuberías serán realizadas por soldadores calificados. No se admitirá el uso de válvulas y accesorios de fundición.

Se utilizan exclusivamente cañerías de acero sin costura debiendo responder a alguna de las siguientes normas:

- API 5L

- ASTM A-106 Grado B.
- ANSI B 36.10
- ASTM A 53 Grado B.
- ASTM A-179
- ANSI B 16.25

Accesorios:

Deben ser de acero al carbón forjado.

Para soldar deben cumplir con las siguientes normas:

- ANSI B 16.25
- ANSI B 16.9
- MSS-SP-25

Para roscar y soldar “con zócalo”.

Se ajustan a las siguientes normas

- ANSI B 16.11
- MSS-SP-25

Bridados:

Responden a las siguientes normas:

- ANSI B-16.5
- MSS-SP-25

Espárragos y tuercas:

- El material del espárrago debe ser de acero ferrítico al CrMo, según ASTM A-193.Grado B7.
- El material de la tuerca deber ser de acero ferrifico al carbono, según ASTM A-194 Grado 2H o designación IRAM 1042.
- Los espárragos deben ser totalmente roscados con rosca 8 UN o norma ANSI B-1.1, cuando corresponda. El largo se debe ajustar a lo indicado en ANSI B-16.5.
- Los espárragos y las tuercas se deben ajustar a lo indicado en ANSI B-18.2.1 y B-18.2.2, respectivamente.

Juntas:

- Las juntas utilizadas deben ser aptas para trabajar con gas natural y resistir la máxima presión y temperatura máxima y mínima de trabajo.
- Las juntas no metálicas deben ser del tipo lámina o espirometálicas, en ambos casos libres de asbestos, y que posean un punto de fusión mínimo de 560°C o estar protegida contra la exposición al fuego.
- Las juntas se ajustan a las siguientes normas:
 - ANSI B 16.20
 - ANSI B 16.21
 - ANSI B 16.5
 - MSS-SP-44

Válvulas:

Cuando existan dos colectores, uno de carga y otro de descarga de los recipientes:

- Válvula de bloqueo:
 - Deberá ser de cierre rápido (1/4 de vuelta). Se colocarán como mínimo una en cada recipiente, una a la entrada y otra a la salida de los colectores de carga y descarga respectivamente. El dispositivo de alivio no quedará aislado del recipiente cuando se cierre la válvula de bloqueo.
 - Todas las válvulas de bloqueo (on /off) deben ser del tipo esférica de la serie correspondiente a la presión de diseño y llevar grabado en su cuerpo el nombre de fabricante o marca comercial, máxima presión de trabajo y el material con que han sido fabricadas.
 - Deben ser de cierre por esfera no lubricada con extremos roscados, bridados o zócalo para soldar.
 - Se permite el uso de válvulas roscadas hasta diámetros de 51 mm. Para diámetros superiores deben ser para soldar o bridadas.
 - La esfera debe ser de acero inoxidable hasta diámetro de 51 mm y puede ser de acero, fundición maleable o nodular recubiertas con cromo duro (espesor mínimo 1 micrón para diámetros mayores).
 - Los vástagos deben ser a prueba de expulsión (la prensa estopa no podrá utilizarse con sistema de retención).
 - En el caso de válvulas de accionamiento manual, para diámetros menores o iguales que 152 mm y serie ANSI 150 y 300, ellas deben ser a palanca. Para diámetros mayores deben poseer mecanismo reductor. El accionamiento para aquellas de diámetro menor o igual que 102 mm y serie ANSI 600, debe ser a palanca; para diámetros mayores poseer mecanismo reductor.
 - No deben utilizarse válvulas de bloqueo con asiento blando si existe la posibilidad de que su condición de controlar el flujo de gas pudiera verse afectada por una previsible exposición al calor.
 - En general, las válvulas se deben ajustar a las siguientes normas según corresponda:
 - ANSI B 16.10
 - ANSI B 16.20
 - ANSI B 16.21
 - ANSI B 16.25
 - ANSI B 16.34
 - ANSI B 6.5
 - API 607
 - API 6D
 - MSS-SPP-25
- Válvula de bloqueo automático.
 - La válvula de bloqueo de entrada a la planta de carga debe ser automatizada y operada remotamente.
 - Pueden ser de cierre automático y deben poseer un actuador neumático de simple efecto, retorno a resorte para el cierre de dicha válvula. Para su accionamiento se instala en oficina, zona de carga y puente de medición de válvulas de golpe de puño. Esta válvula se instalará a

1,20 m de nivel del terreno en lugar de fácil acceso y estar provistas de un cartel con la leyenda "Operación en caso de emergencia".

- El sistema neumático de seguridad debe producir el cierre total de la válvula automática luego de 30 s de producido el venteo de la tubería.

- Válvulas de retención

Las válvulas de retención serán del tipo obturador a clapeta o bola, con tapa de acceso y se ajustan a las siguientes normas según corresponda:

- ANSI B 16.10
- ANSI B 16.11
- ANSI B 16.20
- ANSI B 16.21
- ANSI B 16.25
- ANSI B 16.34
- ANSI B 16.5
- API 600
- API 6D
- MSS-SP-25

- Válvulas reguladoras:

- Deben tener inscrito de manera permanente y legible en una chapa los siguientes datos:
 - Caudal de Sm³/h para la presión mínima de entrada.
 - Nombre del fabricante o marca comercial.
 - Presión máxima admisible en (bar).
 - Presión regulada en (bar)
 - Tipo de obturador.
- Para la elección de las válvulas reguladoras se debe contar con los siguientes datos:
 - Características del flujo.
 - Caudal máximo, mínimo y normal.
 - Clase de gas y su densidad.
 - Facilidad de mantenimiento y reparaciones futuras.
 - Precisión del control que se necesita.
 - Presión de diseño aguas debajo de ésta.
 - Presión de entrada, máxima y mínima.
 - Presión de salida o regulada y el alcance de ajuste que se desea ($\pm 10\%$).
 - Tamaño de las conexiones.
 - Tipo de obturador, asientos duros blandos.

- Válvulas de seguridad

- La hoja de cálculo debe contener la información sobre las presiones de trabajo, caudal máximo esperado de acuerdo con la función a cumplir sobre la línea o recipiente, temperatura y densidad.

- Válvulas de alivio

- Se calcula el área de descarga, las tensiones mecánicas generadas en operación extrema y se definen los requerimientos de ensayo. Deben ser de aplicación las normas API 520,521,526 y sus referentes ASME y ANSI de aplicación.
- Estas válvulas deben ser del tipo de resorte y deben tener inscrito en una chapa de características, los siguientes datos:
 - Caudal en Sm³/h.
 - Diámetro o sección de tobera en cm o cm².
 - Mes y año del marcado y ajuste.
 - Nombre del fabricante o marca comercial.
 - Presión de apertura en (bar).
 - Presión de venteo (bar)
 - Serie de la conexión de entrada y salida.
 - Tamaño de las conexiones en mm o pulgadas.

III.1.1 Sistemas de seguridad.

A continuación, se describen los criterios de seguridad que se han tomado en cuenta para el sistema de tuberías correspondiente al gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes:

- Después del Citygate hay una válvula de bola de accionamiento remoto para detener las situaciones de necesidad o de suministro de emergencia.
- Válvulas de bola manuales en casos de inactividad o de mantenimiento en cada tubería.
- La ubicación de las válvulas de corte estará lo más próximo posible de los almacenamientos, compresor, etc., y en lugares accesibles.
- Las tuberías y accesorios deben cumplir con las especificaciones ANSI/ASME B31.3, las cuales se describen a continuación:
 - Las tuberías deben ser de acero al carbón, calidad API 5L material ASTM A-53 Grado B o similar. Los accesorios (codos, tees, etc.) debe ser de acero al carbón ASTM A234 o similar y dimensiones según ANSI/ASME B16.11, del mismo espesor que la tubería en diámetros de 1/2" o más, y clase 3000 para todas las conexiones roscadas.
 - Las válvulas de bola y check que requieren ser montadas entre bridas debe ser de acero al carbón, ASTM A105 y dimensiones ANSI B16.5.
- Protección mecánica: la tubería será recubierta utilizando la especificación TGF-3 de la Asociación Nacional de Aplicadores de recubrimientos de tubería (National Associated of Pipe Coating Applicators) y dicho recubrimiento será utilizado en la planta del fabricante. El recubrimiento es elaborado en base a brea de alquitrán de hulla, el cual es distinto al alquitrán de hulla, éste último es prohibido por la NOM-003-ASEA-2016.
- Protección catódica: El ducto incluirá ánodos de magnesio enterrados en intervalos. Se instalará una estación de prueba para lecturas periódicas de voltaje. Toda la protección catódica se realizará de acuerdo a la NOM-003-ASEA-2016.
- Extinción de incendios: para este tipo de contingencias, la empresa cuenta con procedimientos que se enfocan en mitigar la fuente de la fuga en el gasoducto, así como también con extintores de acuerdo a la NOM-002-STPS-2010; se tienen contemplados los extintores de Polvo Químico Seco (PQS).

III.1.2. Medidas preventivas.

La compañía Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., en cumplimiento con el permiso y la normatividad nacional e internacional, tomará en cuenta los siguientes aspectos a considerar en la operación del Gasoducto.

- Calidad del Gas Natural. La calidad del Gas Natural a transportar, está considerado en el contrato con Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., proveedor del energético, bajo los parámetros de la NOM-001-SECRE-2010 (Calidad del Gas Natural).
- Procedimiento de Operación y Mantenimiento. La Comisión Reguladora de Energía es la entidad gubernamental encargada de aprobar los procedimientos de operación y mantenimiento de la compañía de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., durante el proceso de otorgamiento del permiso de transporte.
- Vigilancia y monitoreo de fugas. Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., cuenta con procedimientos de vigilancia y detección de fugas a través de revisiones periódicas y monitoreo a lo largo de sus gasoductos para detectar presencia de gas en el subsuelo y en instalaciones relacionadas con el proyecto.
- Válvula y reguladores de presión: En el proyecto se contempla la regulación e instalación de válvulas a lo largo del gasoducto que permitirán asegurar de una manera eficaz el control operativo de la red y el suministro ideal a los socios.
- Reparación y pruebas. La red de transporte y suministro de gas natural está bajo procedimientos que garantizan reparaciones eficientes y seguras, dado que es sometido a pruebas previas a la puesta en operación.
- Servicio de emergencia. Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., cuenta con un centro de recepción de reportes de emergencia, el cual opera los 365 días del año y las 24 horas del día; con el objeto de atender situaciones de reportes de fugas, alarma o emergencia, mediante cuadrillas de personal especializado.
- Capacitación y Entrenamiento. Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., cuenta con un programa de capacitación, mantenimiento y seguridad.
- Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., dispone de un plan integral de seguridad y protección civil, que incluye la prevención de accidentes, programa de auxilio, recuperación y plan de emergencia.

Todo lo anterior anualmente deberá ser constatado en su cumplimiento por una Unidad de Verificación aprobada por la Comisión Reguladora de Energía.

A continuación, se indican las actividades de mantenimiento a realizar durante la operación del gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

A continuación, se indican las actividades de mantenimiento a realizar durante la operación del gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

Tabla 49. Listado de actividades de mantenimiento a ejecutar durante la operación del Citygate.

Actividad	Frecuencia
Monitoreo de Fugitivos de Gas Natural	Diario
Aseo total de la Citygate	
Verificación del funcionamiento de la tubería	
Inspección visual de válvula	
Verificación del funcionamiento de válvulas	
Pintar la tubería del Citygate	Semestral
Calibrar Válvulas de relevo	Anual
Mantenimiento preventivo a válvulas de relevo	
Verificación del funcionamiento del Regulador de Presión	Mensual
Mantenimiento Preventivo del Regulador de Presión	Anual
Monitoreo de fugitivos de Gas Natural	Mensual
Aseo total de la Citygate	
Verificación del funcionamiento de la Turbina	
Inspección visual de válvulas	
Verificación del funcionamiento de válvulas	
Pintar la tubería del Citygate	Semestral
Calibrar válvulas de relevo	Anual
Mantenimiento preventivo a válvulas de relevo	
Verificación del funcionamiento de Regulador de Presión	Mensual
Mantenimiento Preventivo del Regulador de Presión	Anual
Inspección visual de Extintores ubicados en la Citygate	Mensual
Verificar el funcionamiento de la instalación eléctrica	
Inspección visual de la Citygate	Diario

Cualquier instalación que presente riesgos de accidentes mayores tendrá que disponer de medidas de prevención que refuercen sus esfuerzos en la seguridad. El tipo y características de dichas medidas, dependerá de los riesgos que se pretendan minimizar en red de transporte.

Debido a que los principales riesgos en la operación del Gasoducto Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes, es la presencia de fugas y explosión por afectación de las tuberías o en sus accesorios en sus distintos niveles de presión. Para este caso, deberán establecerse medidas adicionales de seguridad.

- En complemento con las recomendaciones de funcionamiento y control, Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., deberá contemplar la instalación de instrumentación que permita las acciones convenientes de operación segura del sistema.
- La empresa debe efectuar auditorias periódicas sobre el funcionamiento de los distintos sistemas de operación y mantenimiento de seguridad y prevención.
- Las vigilancias de los parámetros más importantes del proceso deberán de contar con alarmas, que alerten de las desviaciones del proceso que han salido de control y sean captadas por los operadores.

- Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., deberá cerciorarse de que sus procedimientos garanticen que las actividades de mantenimiento y operación se realicen de manera segura y debe considerar, como mínimo, lo siguiente:
 - La operación, mantenimiento y operación de tuberías, válvulas y accesorios;
 - Las especificaciones de construcción, planos y datos históricos de las operaciones deben ponerse a disposición del personal operativo.
 - La documentación que comprenda la recolección de datos para realizar reporte de incidentes, debe realizarse conforme con los procedimientos de evaluación de incidentes/accidentes establecidos.
- Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., debe tener procedimientos que proporcionen las condiciones de seguridad necesaria cuando se hayan excedido los límites de diseño de operación y debe considerar:
 - La respuesta, investigación y corrección relativa al:
 - Cierre de válvulas y paros no intencionales.
 - Incremento o disminución en la presión o en el rango de flujo fuera de los límites de operación normal.
 - Pérdida de comunicaciones.
 - Operación de cualquier dispositivo de seguridad.
- Cualquier otra disfunción no deseable de un componente, desviación de la operación normal, o error humano que pueda resultar en un riesgo para las personas o propiedad.
- Revisión de las variaciones de la operación normal después de que se hayan terminado las operaciones anormales. Esto debe realizarse las veces que sean necesario, principalmente en las localizaciones críticas del sistema para determinar su integridad y operación segura.
- Notificación al personal operativo responsable cuando e reciba un aviso sobre una operación anormal, y
- Revisión periódica de la respuesta del personal operativo para determinar la efectividad de los procedimientos para controlar operaciones anormales y, en su caso, tomar las acciones correctivas donde se encuentren deficiencias.

IV. RESUMEN

IV.1. Señalar las conclusiones del estudio de riesgo ambiental.

El presente estudio llevó a la conclusión de que los riesgos más probables que se pueden presentar en la operación del Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes, es el de fugas o explosiones debido a sobrepresión y rotura en la tubería, falla en acción de válvula de alivio en estación, vandalismo, sabotaje, ruptura debido a accidentes por terceros, aumento de la resistencia de la carga del concreto, baja de presión o desastres naturales.

Se prevén daños probables en un radio de afectación máxima de 156.19 metros de cada uno de los escenarios establecidos y las afectaciones están dirigidas principalmente a la infraestructura con que contará el Agroparque, siendo la industria de la transformación y el área de servicios comunes los posibles afectados pero el radio de afectación es mínimo. También podría verse afectado el tráfico en el kilómetro 48 de la carretera federal numero 45 Rincón de Romos-Cosío.

Por otra parte, según los resultados arrojados por los modelos de sobrepresión, en caso de presentarse, éste ocasionará caídas parciales como el Citygate del proyecto es el de mayor relevancia, pues su radio de afectación es mayor que las otras, esto se debe a que conlleva una mayor presión de operación.

Sin embargo, un evento de riesgo es difícil de presentarse por los sistemas de seguridad y medidas preventivas, así como las técnico-operativas que se tienen contempladas para la instalación y operación del gasoducto.

IV.2. Hacer un resumen de la situación general que presenta el proyecto en materia de riesgo ambiental.

El proyecto del sistema de transporte de gas de la empresa Transportadora de Gas Agros S.A de C.V., hace al energético de un manejo seguro y confiable en su transporte, distribución y aprovechamiento para la infraestructura destinada en el Agroparque de Aguascalientes. Como ventajas del uso del gas natural, se tiene que, no deja residuos de combustión, incrementa la eficiencia de los procesos de generación de energía, lo que ayuda a prolongar la vida útil de los equipos, por lo que cada vez hay más ciudades, empresas e industrias en el mundo que cuentan con redes de transporte y distribución de gas natural.

El gasoducto se interconectará al gasoducto de 12 pulgadas de diámetro propiedad de Gas Natural Industrial S.A. de C.V. Tiene una longitud de 58 metros desde la interconexión hasta el Citygate con tubería de diámetro 152.4mm (6") en Acero al Carbón, 325.42 metros del Citygate hasta la primera bifurcación con tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) RD11 304.8mm (12") de diámetro. El ramal de la primera bifurcación consta de dos disparos y la longitud de este tramo es de 381.70 metros de tubería con diámetro 25.4mm (1") en PEAD RD11, en este tramo, hace un cruce de calle con un encamisado de 50.8 mm (2") en Acero al Carbón cédula 40. La segunda bifurcación se encuentra en dirección Este a 206.56 metros de la primera bifurcación con tubería de diámetro 304.8 mm (12") en PEAD RD11, antes de llegar a ella hace un cruce de calle con un encamisado de diámetro 406.4 mm (6") en Acero al Carbón cedula 40, la primera bifurcación tiene una longitud de 831.55 metros en dirección Norte con tubería de diámetro 203.2 mm (8") en PEAD RD11, hace un cruce de calle con un encamisado de diámetro 304.8 mm (12") en Acero al Carbón cedula 40; la segunda bifurcación tiene una longitud de 207.51 metros en dirección Sur con tubería de diámetro 254 mm (10") en PEAD RD11.

Como se había mencionado anteriormente, el diseño del sistema de tubería de acero al carbón y polietileno de alta densidad para servicio de gas natural incluye en su consideración los efectos combinados del tiempo, esfuerzos internos y externos y medio ambiente como base en general para seleccionar una clase y tamaño específicos de la tubería que lo conduzcan en el Polietileno. El esfuerzo del diseño para tubos de polietileno usados para la distribución de gas natural está regulado por la NOM-003-ASEA-2016 "Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos".

En lo relativo a la parte del polietileno se han considerado los siguientes estándares:

- ASTM D2513, cubre los requisitos y métodos de ensayo para el material, dimensiones, resistencia a la rotura hidrostática, resistencia a la tracción, resistencia química, la presión sostenida, la fusión de calor y resistencia al impacto de tubos de plástico, tubos y accesorios utilizados para el entierro directo de dichas tuberías en las redes y servicios de distribución de gas natural.

- ASTM D3261, la cual cubre las especificaciones de la fusión a tope para las tuberías de polietileno y sus accesorios. Se incluyen los requisitos para los materiales, mano de obra, dimensiones, marcado, presión de operación y la presa de ruptura.
- ASTM D2774, la cual es la práctica estándar para la instalación subterránea de tuberías de presión termoplástico.

Las presiones que se utilizaron son las siguientes:
 Para tramo de interconexión al Citygate.

Tabla 50. Presiones utilizadas para el tramo de Interconexión al Citygate

Concepto	Unidades		
	Kpa	PSI	Kg/cm2
Máxima Presión de Operación	2059.336	298.68	21
Presión de diseño	25751.589	3734.929	262.6

Para tramo del Citygate a los ramales de distribución.

Tabla 51. Presiones utilizadas para el tramo del Citygate a los ramales de distribución

Concepto	Unidades		
	Kpa	PSI	Kg/cm2
Máxima Presión de Operación	392.254	56.891	5
Presión de diseño	17619.613	2555.493	179.675

La temperatura en que se empleará el gas natural en ambos tramos es de 21 ° C.

La identificación y análisis de los riesgos fue desarrollada a través de la técnica HAZOP, de la cual se obtuvieron siete nodos:

1. Nodo 1: Tubería de 8" de PEAD con una presión de 5 bar con las siguientes condiciones de operación:

Tabla 52. Condiciones de operación del Nodo 1

Fluido	Gas Natural
Presión de Diseño	Alta densidad (10.5 kg/cm ²)
Presión de trabajo	5 bar
Presión máxima de trabajo	5 bar
Presión mínima de trabajo	3.92 bar
Flujo de operación	17,217.9 m ³ /h
Temperatura de Diseño	45°C
Temperatura de Trabajo	21°C

2. Nodo 2: Tubería de 10" de PEAD con una presión de 4 bar, con las siguientes condiciones de operación:

Tabla 53. Condiciones de operación del Nodo 2

Fluido	Gas Natural
Presión de Diseño	Alta densidad (10.5 kg/cm ²)
Presión de trabajo	4 bar
Presión máxima de trabajo	5 bar
Presión mínima de trabajo	3.92 bar
Flujo de operación	17,217.9 m ³ /h
Temperatura de Diseño	45°C
Temperatura de Trabajo	21°C

3. Nodo 3: Tubería de 12" de PEAD con una presión de 5 bar, con las siguientes condiciones de operación:

Tabla 54. Condiciones de operación del Nodo 3

Fluido	Gas Natural
Presión de Diseño	Alta densidad (10.5 kg/cm ²)
Presión de trabajo	4 bar
Presión máxima de trabajo	5 bar
Presión mínima de trabajo	3.92 bar
Flujo de operación	17,217.9 m ³ /h
Temperatura de Diseño	45°C
Temperatura de Trabajo	21°C

4. Nodo 4: Tubería de 1" de PEAD con una presión de 5 bar, con las siguientes condiciones de operación:

Tabla 55. Condiciones de operación del Nodo 4

Fluido	Gas Natural
Tubería	1"
Presión de Diseño	Alta densidad (10.5 kg/cm ²)
Presión de trabajo	4 bar
Presión máxima de trabajo	5 bar
Presión mínima de trabajo	3.92 bar
Flujo de operación	17,217.9 m ³ /h
Temperatura de Diseño	45°C
Temperatura de Trabajo	21°C

5. Nodo 5: Tubería de 1" de PEAD con una presión de 5 bar, con las siguientes condiciones de operación:

Tabla 56. Condiciones de operación del Nodo 5

Fluido	Gas Natural
Tubería	1"
Presión de Diseño	Alta densidad (10.5 kg/cm ²)
Presión de trabajo	4 bar
Presión máxima de trabajo	5 bar
Presión mínima de trabajo	3.92 bar

Flujo de operación	17,217.9 m ³ /h
Temperatura de Diseño	45°C
Temperatura de Trabajo	21°C

6. Nodo 6: Citygate con una presión de 21 bar y tuberías de Acero al Carbón, con las siguientes condiciones de operación:

Tabla 57. Condiciones de operación del Nodo 6

Fluido	Gas Natural
Presión de Diseño	600 ANSI (70 kg/cm ²)
Presión de trabajo	21 Kg/cm ²
Presión máxima de trabajo	21.33 Kg/cm ²
Presión mínima de trabajo	5 bar
Flujo de operación	17,217.9 m ³ /h
Temperatura de Diseño	45°C
Temperatura de Trabajo	21°C

7. Nodo 7: Interconexión con una presión de 21 bar y tuberías de Acero al Carbón, con las siguientes condiciones de operación.

Tabla 58. Condiciones de operación del Nodo 7

Fluido	Gas Natural
Presión de Diseño	600 ANSI (70 kg/cm ²)
Presión de trabajo	21 Kg/cm ²
Presión máxima de trabajo	21.33 Kg/cm ²
Presión mínima de trabajo	5 bar
Flujo de operación	17,217.9 m ³ /h
Temperatura de Diseño	45°C
Temperatura de Trabajo	21°C

Dicho análisis llevó a la conclusión de que el principal riesgo es la generación de fuga de gas natural y sobrepresión de las tuberías. Las principales causas del origen de los riesgos identificados son: Sobrepresión y rotura en la tubería, falla en acción de válvula de alivio en estación, vandalismo, sabotaje, ruptura debido a accidentes por terceros, aumento de la resistencia de la carga del concreto, baja de presión o desastres naturales. Lo anterior permitió dar una ponderación a dichos riesgos.

Para la evaluación de radios potenciales de afectación se realizaron las simulaciones para el caso de incendio y explosión para los cuales se desarrollaron los escenarios a través del Programa SCRI Fuego “Simulación de contaminación y riesgos industriales” en su versión 1.4, aplicable para escenarios de fuego y explosión.

Determinados los riesgos potenciales del sistema y evaluada su posibilidad de ocurrencia, se pasó a estimar la severidad de dichos eventos bajo la posibilidad de interacción con otros riesgos posibles, en su escenario

más crítico. Se determinaron los escenarios probables más severos en cuanto a afectaciones, por sus características de impacto y los daños materiales relacionados.

De los resultados de los escenarios simulados en el estudio y de la normatividad internacional existente en la materia, surgieron las recomendaciones y medidas de prevención a la Citygate del proyecto.

Se emitieron una serie de recomendaciones técnico operativas dirigidas a reforzar los aspectos de diseño, construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones de la empresa Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V.

La empresa transportista de gas natural deberá contar con los procedimientos necesarios para las actividades que requiere este servicio.

Lo anterior permitirá, a Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V., el establecimiento de medidas de seguridad en el manejo del gas para la reducción de eventos de riesgo, bajo la práctica de actividades de mantenimiento que permite la certidumbre en el control de sus variables críticas.

De acuerdo a lo anterior, el proyecto resulta operativamente seguro, siempre y cuando se maneje bajo las condiciones con las que fue diseñado, se identifiquen en forma oportuna las desviaciones que puedan conducir a situaciones de riesgo, se mantenga una adecuada vigilancia de las instalaciones.

IV.3. Presentar el informe técnico debidamente llenado.

Sustancias involucradas

Tabla 59. Sustancias involucradas.

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)*	No. CAS**	Densidad (g/cm ³)	Flujo (m/seg)	Longitud de la tubería (m)	Diámetro de la tubería (mm)	Presión de operación (kg/cm ²)	Espesor (mm)	Descripción de la trayectoria
Metano	74-82-8	0.61	4.98	531.98	304.8	5	29.4	Sale del citygate, continúa por la calle hasta la primera glorieta donde se bifurca dos veces.
Metano	74-82-8	0.61	4.98	207.51	254	5	24.8	Parte de la segunda bifurcación de la tubería de 12", su bifurcación es con dirección sur de la tubería antes mencionada.
Metano	74-82-8	0.61	4.98	831.55	203.2	5	19.9	Parte de la segunda bifurcación de la tubería de

Estudio de Riesgo
Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

								12", se bifurca en dirección norte.
Metano	74-82-8	0.61	4.98	381.70	25.4	5	3.1	Inicia desde la glorieta, donde se bifurca por primera vez la tubería de 12".
Metano	74-82-8	0.61	4.98	52	152.4	21	7.11	Inicia desde el tramo de interconexión con la tubería de 12" propiedad de GNI hasta el citygate.

*De acuerdo con los lineamientos descritos por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, International Pure Applied Chemistry).

** De acuerdo con el Chemical Abstract Service (CAS)

Antecedentes de Accidentes e Incidentes.

Tabla 60. Antecedentes de Accidentes e Incidentes

Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
2008	Veracruz	Instalaciones de PEMEX	Gas Natural	Fuga de Gas Natural	Ruptura de válvula	Cierre de una carretera principal	Cerrar y desfogar de forma controlada los tres pozos que fluían por este gasoducto
2008	Cuautitlán Izcalli, Estado de México	Autopista México-Querétaro	Gas Natural	Explosión de un ducto	Golpeo de ducto por trabajadores	Cierre de autopista afectada	Desalojo de la población civil cercana al área y control de la explosión.
2011	Zapopán, Jalisco.	Tubería de gas natural del municipio	Gas Natural	Fuga de Gas Natural	Ruptura de una tubería por trabajadores de la zona.	Población de la zona. Se afectó una cuadra entera.	Evacuación de los habitantes de la zona y atención del suceso.
2012	San Miguel Xoxtla	Sistema de Gas Natural Comprimido Empresa Neo Mexicana S.A. de C.V.	Gas Natural Comprimido	Incendio y explosión	Error/Factor Humano. Falla de control	Daños materiales en la empresa involucrada.	Extinción y remoción de material flamable
2014	Nuevo León	Zona Hotelera de San Pedro	Gas Natural	Incendio en ducto de gas	Caída de un poste de energía	Zona Hotelera de San Pedro	Cierre de válvulas para seccionar el

Estudio de Riesgo
Gasoducto de Transportadora de Gas Agros S.A. de C.V. para Agroparque de Aguascalientes.

		Garza			sobre el ducto	Garza García	tramo de red afectado.
2016	Coyoacán, Ciudad de México	Avenida México esquina con el Circuito Río Churubusco.	Gas Natural	Fuga de Gas Natural	Rompimiento de la tubería por acción de trabajadores.	Población cercana al área del proyecto y cierre de circulación vehicular.	Cierre de suministro de gas en toda la zona para la reparación de la tubería.
2016	Azcapotzalco, Ciudad de México	Tubería de gas en la colonia San Pedro Xalpa	Gas Natural	Fuga de Gas Natural	Rompimiento de tubería por trabajadores en la zona.	Afectación de la colonia San Pablo Xalpa.	Cierre de válvula y acordonamiento de la zona.

Identificación y jerarquización de riesgos ambientales.

Tabla 61. Identificación y jerarquización de riesgos ambientales.

No. de falla	No. De evento	Falla	Accidente hipotético					Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Unidad o equipo		
1	1	Sobrepresión y rotura en la tubería.	X			X		Análisis HAZOP	Kilómetro 48 de la Carretera Federal número 45 e instalaciones que se encuentran en un radio de 157.02 metros del nodo de afectación (zona de amortiguamiento).
2	2	Falla en acción de válvula de alivio en estación,	X			X		Análisis HAZOP	Infraestructura presente en un radio de 129.03 metros del nodo de afectación, que corresponde a la zona de amortiguamiento en caso de un incendio
3	3	Vandalismo y sabotaje	X			X		Análisis HAZOP	Infraestructura presente en un radio de 115.39 metros, la cual corresponde a la zona de amortiguamiento.

Estimación de consecuencias

Tabla 62. Estimación de consecuencias

No. de falla	No. de Evento	Tipo de liberación		Cantidad hipotética liberada		Estado físico	Efectos Potenciales					Programa de simulación empleado	Zona de Alto Riesgo	
													1.40X 10 ⁻⁵	5.00 X 10 ⁻⁶
		Masiva	Continua	Cantidad	Unidad		C	G	S	R	N		Distancia (m)	Distancia (m)
1	1		X	.51	psig	Gaseoso			X			SCRI - FUEGO	157.02	84.21
2	2		X	.51	psig	Gaseoso			X			SCRI - FUEGO	129.03	66.06
3	3		X	.51	psig	Gaseoso			X			SCRI - FUEGO	115.39	59.07

Criterios utilizados.

Tabla 63. Criterios Utilizados

No. de falla	No. de Evento	Toxicidad				Explosividad		Radiación térmica		Otros criterios
		IDHL*	TLV ₈ **	Velocidad del Viento (m/seg)	Estabilidad Atmosférica					
1	1	No disponible	0.5 ppm	6	81 Kpa	0.5 psi	3.00 psi	1.40 kW/m	5.00 kW/m ²	
2	2	No disponible	0.5 ppm	6	81 Kpa	0.5 psi	3.00 psi	1.40 kW/m	5.00 kW/m ²	
3	3	No disponible	0.5 ppm	6	81 Kpa	0.5 psi	3.00 psi	1.40 kW/m	5.00 kW/m ²	

*IDHL: Inminentemente peligrosa para la vida y la salud.

** TLV₈: Valor Umbral Límite

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

V.1. FORMATOS DE PRESENTACIÓN

V.1.1. Planos de localización.

V.1.2. Fotografías.

V.1.3. Videos

V.2. OTROS ANEXOS