

Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)

Sistema Gasoducto Zapotlanejo.



Gasoducto de Zapotlanejo, S. de R. L. de C. V.

Septiembre de 2017

ÍNDICE

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	1
I.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRASPORTE	1
I.2. BASES DE DISEÑO	14
I.3. HOJAS DE SEGURIDAD	25
I.4. CONDICIONES DE OPERACIÓN	26
I.5. PROCEDIMIENTOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD	35
I.6. ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DE RIESGO.....	44
II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.	93
II.1. RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN	93
II.2. INTERACCIONES DE RIESGO	111
II.3. EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL.....	117
III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL.....	120
III.1. RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS.....	120
III.2. MEDIDAS PREVENTIVAS.....	120
IV. RESUMEN.....	122
IV.1. SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.....	122
IV.2. HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL.....	123
IV.3. PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO.....	125
V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.....	127
V.1. FORMATOS DE PRESENTACIÓN.....	127
V.2 OTROS ANEXOS	127

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

I.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRASPORTE

El proyecto de “*Sistema Gasoducto Zapotlanejo*”, de la compañía Gasoducto de Zapotlanejo, S. de R. L. de C. V., se ocupará de suministrar el combustible a la Central de Ciclo Combinado “*CC Tierra Mojada*”, ubicada en el Municipio de Zapotlanejo, en el estado de Jalisco, la cual tendrá una capacidad instalada de 874.5 MW.

El combustible a utilizar es gas natural, el cual suministrará 2 turbinas de gas. El combustible requerido es de al menos 1,208.502 millones de Nm³ de gas natural.

El proyecto consiste en un sistema de gasoducto de 4.5 kilómetros y 24 pulgadas de diámetro exterior, el ducto tiene 3 interconexiones.

1. Con el gasoducto denominado “Villa de Reyes–Aguascalientes–Guadalajara” propiedad de la empresa Fermaca.
2. Con el gasoducto del SISTRANGAS.
3. Con la futura central de generación denominada “Tierra Mojada”.

El gaseoducto será responsable de transportar 420 millones de pies cúbicos de gas natural por día desde cualquiera de sus interconexiones hasta la central de generación “*CC Tierra Mojada*”. La presión de suministro es de 670 psig en cualquiera de las interconexiones y la presión de entrega a la central de generación es de 540 psig. El proyecto iniciará la operación comercial en mayo de 2019, en tanto que el contrato de suministro de gas natural durará 20 años con la central de generación.

En resumen, las características del proyecto serán las siguientes:

- La central se ubicará en el Municipio de Zapotlanejo, Estado de Jalisco.
- La capacidad instalada en condiciones ISO es 874.5 MW de la “*CC Tierra Mojada*”.
- El consumo anual de combustible es de 140 MMPCD de gas natural.
- La fuente de combustible serán los gasoductos Villa de Reyes–Aguascalientes–Guadalajara y de SISTRANGAS.
- La presión mínima de entrega en el sitio es de 37 kg/cm².

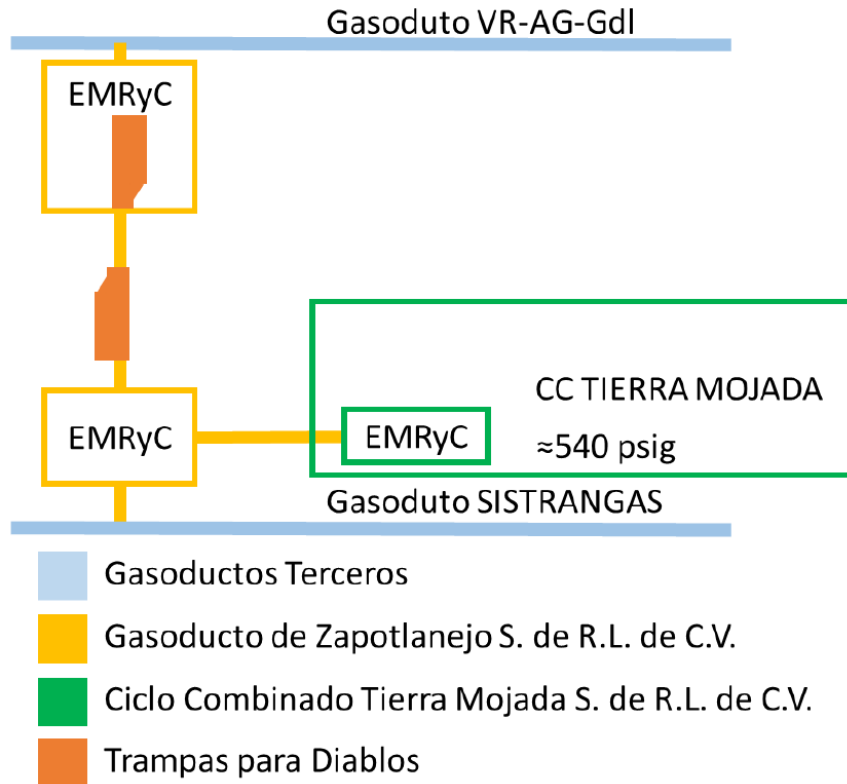


Figura 1.1. Diagrama del Sistema Gasoducto Zapotlanejo

Diseño básico

Para efectos del proyecto se utilizarán los siguientes nombres de referencia:

- Interconexión de Gasoducto de Zapotlanejo con el Gasoducto Villa de Reyes-Aguascalientes-Guadalajara como ***“Interconexión Guadalajara”***.
- Interconexión de Gasoducto de Zapotlanejo con el Gasoducto APASEO EL ALTO-EL CASTILLO operado por SISTRANGAS como ***“Interconexión Zapotlanejo”***.
- Interconexión con la estación de medición, regulación y control de gas (EMRyC) de Ciclo Combinado Tierra Mojada como ***“Interconexión Tierra Mojada”***.
- Tubería de 24 pulgadas en Ruta Principal de 4.5 km como ***“Tubería Principal”***
- Tubería de 24 pulgadas en Ruta Secundaria de 17 m como ***“Tubería de Interconexión SISTRANGAS”***.
- Tubería de 14 pulgadas en Ruta Terciaria de 229 m como ***“Tubería de Interconexión CCTM”***.

La siguiente tabla muestra las coordenadas de la ubicación de las interconexiones del sistema:

Nombre de Sitio	Instalación al que se interconecta	Coordenadas Geográficas	Coordenadas UTM
Interconexión Guadalajara	Gasoducto propiedad de Fermaca Pipeline de Occidente ruta “Villa de Reyes– Aguascalientes– Guadalajara”	Longitud: 103° 06' 09.8257" O Latitud: 20° 34' 08.2572 "N	X: 697769.027 Y: 2275595.207
Interconexión Tierra Mojada	Central de Ciclo Combinado propiedad de Ciclo Combinado Tierra Mojada S de RL de CV	Longitud: 103° 04' 34.1294" O; Latitud: 20° 33' 04.4081" N.	X: 700563.881; Y: 2273664.077.
Interconexión Zapotlanejo	Gasoducto administrado por CENAGAS ruta “Apaseo el Alto – El Castillo”	Longitud: 103° 04' 41.6440" O; Latitud: 20° 33' 04.3372" N.	X: 700346.232; Y: 2273659.33.

El Sistema se compone de una tubería de 24 pulgadas de diámetro nominal que recibe gas en dos estaciones de medición, regulación y control y termina en la brida de interconexión con una estación de medición, regulación y control, propiedad de la central de generación “CC Tierra Mojada”. La tubería tiene aproximadamente 4.5 kilómetros y es seccionada por dos válvulas de bola de paso completo.

El sistema de transporte denominado “Gasoducto Zapotlanejo” se diseña con el objetivo de transportar al menos 420 millones de pies cúbicos diarios de gas natural. El sistema de transporte tendrá la capacidad de bidireccionalidad, podrá recibir gas de cualquiera de las 2 interconexiones con gaseoductos y entregar en:

- 1) la central de generación CC Tierra Mojada y/o
- 2) interconexión de gasoducto sur “Interconexión Zapotlanejo”.

El diseño básico del sistema de transporte se compone de:

- 1) Tubería de 24 pulgadas de aproximadamente 4.5 kilómetros, en la ruta denominada “Ruta Principal de Tubería”;

- 2) 1 estación bidireccional de filtración, medición, regulación y control de gas (Interconexión Zapotlanejo);
- 3) 1 estación unidireccional de filtración, medición, regulación y control (Interconexión Guadalajara);
- 4) 2 estaciones de envío y recibo para diablos de limpieza e instrumentados y 2 válvulas de seccionamiento;
- 5) Tubería de 24 pulgadas de aproximadamente 17 metros en la obra de interconexión (Interconexión Zapotlanejo), en la ruta denominada ***“Ruta Secundaria de Tubería”***;
- 6) Tubería de 14 pulgadas de aproximadamente 229 metros para llevar gas de la CC Tierra Mojada, en la ruta denominada ***“Ruta Terciaria de Tubería”***.

Ruta principal

La ruta inicia en la interconexión con el gasoducto Villa de Reyes-Aguascalientes-Guadalajara en la coordenada UTM X 697769.027 m E, Y 2275595.207 m N (longitud 103° 06' 09.8257" O, latitud 20° 34' 08.2572" N), cercano al macrolibramiento (que conecta la carretera México–Guadalajara con la Guadalajara-Chapala), para tomar una dirección este por aproximadamente 2,031 m tramo por el cual se cruza con un cuerpo de agua y caminos de terracería locales, hasta en donde se llega a la carretera 15 D Atlacomulco - Guadalajara.

La ruta continúa paralela a la autopista número 15D por 398 metros para luego girar en dirección Sur-Suroeste; dirección que continua por 1,000 metros aproximadamente. Luego la ruta adopta una dirección Este por 450 metros, en donde ingresa al predio de la *Ciclo Combinado Tierra Mojada S. de R.L. de C.V.* En este último segmento la ruta tiene una dirección sur que sigue por 465 metros hasta terminar en la "EMRyC Zapotlanejo". La coordenada de término de la ruta principal es UTM X 700343.638 m E, 2273720.865 m N (longitud 103° 04' 41.7085" O, latitud 20° 33' 06.3388" N).

La ruta principal de tubería tiene una longitud de 4.5 kilómetros aproximadamente, y pasa cercana a la Localidad de Santa María (El Tecuache) y El Salitre.

La ruta se ubica en su totalidad dentro del municipio de Zapotlanejo, estado de Jalisco. La superficie por la que se traza la ruta tiene un uso general agrícola de temporal, áreas de pastizales para ganado y en algunas pequeñas secciones se observa vegetación secundaria arbustiva.

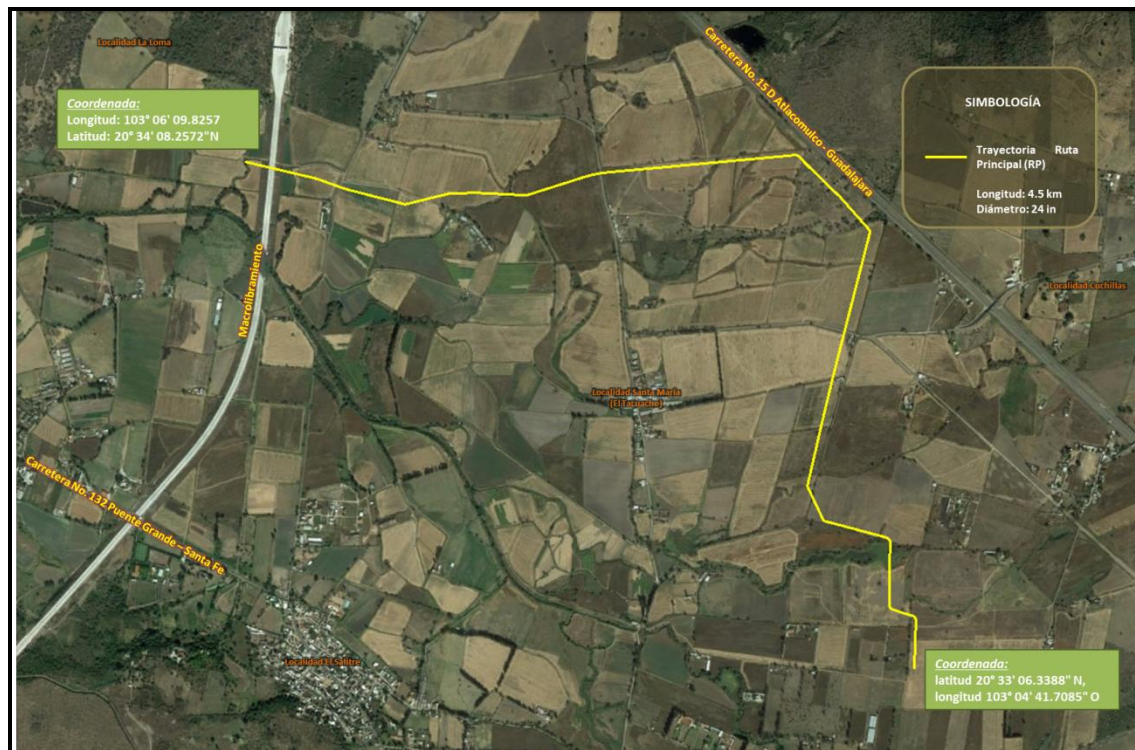


Figura 1.2 Trayectoria de la ruta principal del Sistema Gasoducto Zapotlanejo.



Figura 1.3 Detalle de la ruta principal del Sistema Gasoducto Zapotlanejo al ingreso de la CC Tierra Mojada.

Ruta secundaria

La ruta secundaria inicia en la obra de interconexión con el ducto administrado por CENAGAS “Apaseo El Alto–El Castillo”, coordenada latitud 20° 33' 04.8837" N, longitud 103° 04' 41.6194" O. La ruta tiene una longitud total de 17 metros en un solo segmento. La ruta termina en la coordenada latitud 20° 33' 04.3372" N, longitud 103° 04' 41.6440" O, en donde ingresa a la Estación “EMRyC Zapotlanejo”.

Ruta terciaria

La ruta terciaria inicia en la “EMRyC Zapotlanejo” en la coordenada latitud 20° 33' 04.8582" N, longitud 103° 04' 41.3324" O. La ruta tiene una longitud total de 229 metros en 4 segmentos.

La ruta en la coordenada latitud 20° 33' 04.4081" N, longitud 103° 04' 34.1294" O.

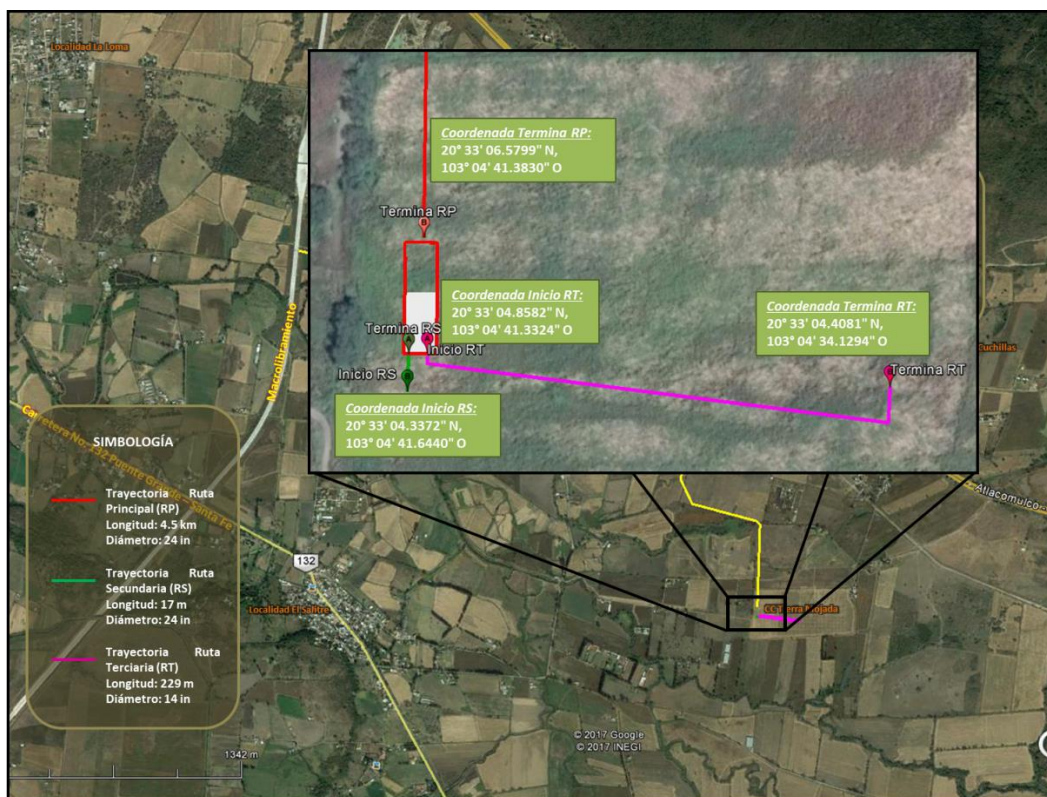


Figura 1.4 Trayectoria de la ruta secundaria y terciaria del Sistema Gasoducto Zapotlanejo.

Así mismo, dentro del predio de CC Tierra Mojada se localizará la interconexión con la central de generación. El punto de transferencia de custodia se localizará a la salida la válvula de corte de 14 pulgadas de diámetro.

El sistema de transporte no incluye una estación de compresión dado que las presiones de interconexión son suficientes para satisfacer el requerimiento de transporte.

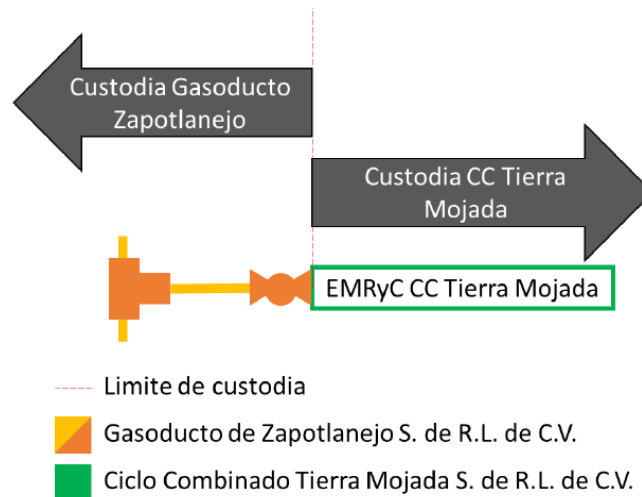


Figura 1.5 Esquema del punto de transferencia de custodia del GN.

Componentes del Gasoducto

A lo largo de su trayectoria el gasoducto de Zapotlanejo, contará con los siguientes elementos para su operación:

Interconexiones: Se realizarán 3 interconexiones:

- 1) **Interconexión Guadalajara:** esta interconexión se realizará mientras ambos ductos, "Villa de Reyes–Aguascalientes–Guadalajara" propiedad de Fermaca y Gasoducto de Zapotlanejo, se encuentran en construcción, por lo tanto, esta interconexión no requiere de un procedimiento "HOT TAPPING" y la EMRyC será unidireccional.
- 2) **Interconexión Tierra Mojada:** esta interconexión se realiza a través de bridas entre el Gasoducto de Zapotlanejo y la Central Ciclo Combinado Tierra Mojada y la EMRyC será unidireccional.
- 3) **Interconexión Zapotlanejo:** esta interconexión se realiza por medio del procedimiento "HOT TAPPING" entre los sistemas de transporte Gasoducto de Zapotlanejo y ducto de 36" APASEO EL ALTO – EL CASTILLO del SISTRANGAS operado por CENAGAS y la EMRyC será bidireccional.

Tubería principal del gasoducto: La tubería a utilizar será de acero grado X-70, especificación API 5L, *coating: fusion bond epoxy 14mills*, con un diámetro nominal de 24 pulgadas. La presión de diseño del Sistema de transporte es especificada como 1440 psig. Siendo esta al menos la presión del sistema de transporte aguas arriba.

La tubería operará entre las presiones 670 a 540 psig y entre las velocidades de gas en el interior de 12.6 y 0 m/s

Tubería de estaciones de medición, regulación y control: La tubería a utilizar será de acero grado API 5L, con un diámetro nominal de 10 pulgadas. La tubería operará entre las presiones 670 a 540 psig y entre las velocidades de gas en el interior de 12.6 y 0 m/s.

* Dentro de las instalaciones de filtración, medición y regulación podremos encontrar velocidades de hasta 22 m/s.

Sistema SCADA: El Sistema SCADA se compone por hardware, software y estaciones de control para la correcta operación del sistema de transporte de gas natural. Las instalaciones involucradas con el sistema SCADA son:

- Interconexión Guadalajara
- Interconexión Tierra Mojada
- Interconexión Zapotlanejo
- 2 válvulas de seccionamiento
- Cuarto de Control

Cuarto de control: El cuarto de control debe contener al menos lo siguiente:

- 1 Router de comunicación entrante
- 1 Router LAN para comunicación interna
- 1 servidor "HOT"
- 1 servidor "STANDBY"
- 1 estación de operación SCADA
- 1 estación de ingeniería SCADA

Válvulas de seccionamiento: En cumplimiento con los requerimientos y prácticas internacionales, las válvulas de seccionamiento se encontrarán localizadas de tal manera que cualquier punto de la tubería este a menos de 4 kilómetros de una válvula de seccionamiento.

Se utilizarán válvulas *trunnion* de cuerpo atornillado, paso completo, extremos bridados.

Válvulas de regulación: Regulador de presión auto-operado con *slam shut valve* y Regulador de presión auto-operado de reserva.

Medidor ultrasónico: Medidor de flujo de gas ultrasónico de 4 vías para cambio de custodia.

Cromatógrafo: Cromatógrafo para análisis de hidrocarburos hasta C9+, así como para la medición del poder calorífico y Punto de Rocío (HCDP) de manera puntual y en línea.

Cruces direccionales: La necesidad de locación de cruces direccionales se determinará en las autorizaciones de cruce emitidas por las autoridades. De ser requerido un cruce direccional, la ingeniería de detalle debe desarrollar los requerimientos mínimos de obra.

Derecho de vía

El Gasoducto, a pesar de tener una longitud menor a 10 kilómetros, requiere de la adquisición de derechos de vía, actividad crítica para el desarrollo eficiente de la infraestructura propuesta.

Derecho de vía permanente

De acuerdo a la NORMA Oficial Mexicana NOM-007-SECRE-2010, Transporte de gas natural, sección 9. Construcción de los ductos de transporte, se describe el Derecho de Vía permanente como el “Ancho mínimo de la franja de desarrollo. El ancho mínimo de la franja de desarrollo del sistema (para realizar el alojamiento de la tubería de transporte) se indica (a continuación)”

Diámetro nominal del ducto milímetros (pulgadas)	Ancho (metros)
Hasta 101.6 mm (4")	4.0
De 152.4 mm a 203.2 mm (6" a 8")	6.0
De 254 mm a 457.2 mm (10" a 18")	8.0
De 508 mm a 914.4 mm (20" a 36")	10.0
Mayores de 914.4 mm (36")	12.0

Por lo tanto, el ancho mínimo para la operación y mantenimiento del Gasoducto de Zapotlanejo será de 10 metros.

Derecho de vía temporal

El *Interstate Natural Gas Association of America Foundation* (“INGAA Foundation”), tiene como actividad principal actividad la promoción del uso de gas natural y desarrollo seguro y eficiente de sistemas de transporte de gas natural. Dentro de este marco ha desarrollado, a través propio y de terceros, más de 150 estudios, todos enfocados a temas importantes de la industria.

En 1999, la *INGAA Foundation* comisionó a *Gulf Interstate Engineering* el desarrollo de un estudio sobre el espacio necesario para el desarrollo seguro y eficiente de un sistema de transporte de gas natural por medio de ductos. El resultado, llamado “*Temporary Right-of-Way Width Requirements For Pipeline Construction*”, estableció varios criterios para una práctica prudente de la industria en la construcción de gasoductos a campo traviesa. Este estudio no contempla como principal enfoque la construcción en obras especiales como cruces, cortes laterales a través de pendientes, humedales o cualquier otro rasgo distinto.

El estudio que se establece como un estándar en la industria para seguridad y eficiencia de desarrollo se establece como resultado para un ducto de entre 8 a 16 pulgadas de diámetro nominal un ancho objetivo de 25 metros aproximadamente (80 pies).

En el caso del proyecto “*Sistema Gasoducto Zapotlanejo*”, el ancho total de la sección recomendada es de 23.51 metros, de los cuales 8 metros son de derecho de vía permanente y 15.51 metros de derecho de vía temporal. Adicionalmente se recomiendan 2 metros de Área de Tolerancia, 1 metro por lado.

I.2. BASES DE DISEÑO

Con base en lo anteriormente expuesto, el diseño del proyecto está orientado a observar la normativa de seguridad aplicable y vigente. Para tal efecto contará con los medios necesarios para emplearlos dentro de sus instalaciones. Así mismo, se hará especial énfasis en la protección y conservación del medio ambiente a lo largo de su vida útil. Cabe señalar que los criterios de diseño empleados en la ingeniería de detalle incluyen normas, estándares y especificaciones nacionales e internacionales, las cuales se señalan a continuación:

a) Normas oficiales mexicanas:

- NOM-003-ASEA-2016, Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos.
- NOM-001- SEMARNAT 1996 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Aclaración DOF 30 de abril de 1997.
- NOM-002-SEMARNAT-1996 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
- NOM-007-SECRE 2010 Transporte de Gas Natural.
- NOM-001-SECRE-2010 "Mexican Natural Gas Specification"

b) Regulaciones aplicables de Estados Unidos:

American Petroleum Institute (API):

- Especificación API 5L "Specification for Line Pipe" (2010).
- Especificación API 6D "API Specification 5DP for Drill Pipe" (2007).
- Estándar API 1104 "Standard for Welding Pipelines" (2007).

The American Society for Testing and Materials (ASTM):

- ASTM: A 53 "Pipe Specifications" (2010).
- ASTM: A 106 " Pipe Specifications " (2010).
- ASTM: A 120 "Pipe Specifications" (2009)
- ASTM: A 333/A 333M " Pipe Specifications " (2011).
- ASTM: A 372/A 372M " Pipe Specifications " (2010).
- ASTM: A 381 " Pipe Specifications " (2005).
- ASTM: A 671 " Pipe Specifications " (2003).

- ASTM: A 672 "Pipe Specifications" (2009).
- ASTM: A 691 "Pipe Specifications" (2009).

The American Society of Mechanical Engineers-ASME:

- ASME/ANSI B16.1 "Standards of Pipes and Fittings" (2010).
- ASME/ANSI B16.5 "Standards of Pipes and Fittings" (1996).
- ASME/ANSI B 31G o B31G Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines (2009).
- ASME/ANSI B 31.8 "Gas Transmission and Distribution Piping Systems" (2010).
- Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fitting Industry, Inc. (MSS):
- MSS SP-44 "Steel Pipe Line Flanges" (2006).
- MSS-SP-58 "Pipe Hangers & Supports" (2009).
- MSS-SP-75 "Specification for High-Tensile Wrought Butt Welding Fittings" (2008).
- National Fire Protection Association-NFPA:
- ANSI/NFPA 30 "Flammable and Combustible Liquids Code" (2003).
- ANSI/NFPA 70 "National Electrical Code" (2011).
- Code of Federal Regulations – Title 49, parts 190 a 192 (2013).

En el entendido de que la seguridad en un gasoducto debe ser un primer plano en el diseño y construcción, se han establecido diversas técnicas para asegurar la integridad de un sistema de transporte. La Comisión Reguladora de Energía (CRE) ha establecido normas y reglas que se deben seguir en el diseño de un sistema de transporte de gas natural. La norma en la cual se referencia este estudio es la NORMA Oficial Mexicana NOM-007-SECRE-2010, Transporte de gas natural, edición que cancela y sustituye a la NOM-007-SECRE-1999 con el mismo título.

Certificación de materiales

Los materiales a utilizar serán materiales certificados y tendrán las siguientes características:

Tubería principal

Acer o Grado API 5L	Factor de Diseño	Diámetro o Nominal [in]	Diámetro o Exterior [in]	Presión de Diseño o Teórica [psig]	Espesor de Pared Mínima [in]	Espesor de Pared Comercial [in]	Presión de Diseño o Real [psig]	MAOP [psig]	Presión de Diseño o según API 5L [psig]
X-70	0.4	24	24	1480	0.634	0.375	1458	1458	3000

Tubería de estaciones de medición, regulación y control.

Acer o Grad o API 5L	Facto r de Diseñ o	Diámetr o Nomina l [in]	Diámetr o Exterior [in]	Presió n de Diseñ o Teóric a [psig]	Espes or de Pared Mínim a [in]	Espesor de Pared Comerci al [in]	Presió n de Diseñ o Real [psig]	MAO P [psig]	Presió n de Diseñ o según API 5L [psig]
X-65	0.4	10	10.75	1480	0.284	0.307	1719.2	1719	3000

Presión de diseño del sistema

La presión de diseño del Sistema de transporte es especificada como 1440 psig. Siendo esta al menos la presión del sistema de transporte aguas arriba.

Recubrimientos a emplear

Toda zona de soldadura requiere limpieza y recubrimiento posterior a la terminación del ensayo llamado “no destructivo” en la sección I.4.2¹⁷ se describe dicho procedimiento. La tubería viene con un pre-recubrimiento y recubrimiento de junta de soldadura empleando adhesión por fusión epóxico (FBE), mismos que serán verificados eléctricamente para determinar si hay daños o defectos en el recubrimiento. Las reparaciones se realizarán según sea necesario mientras la tubería aún se encuentre sobre los polines.

La inspección de la Supervisión de la obra controlará que:

- Las soldaduras sean limpiadas correctamente previo al recubrimiento;
- Se usen temperaturas de precalentado y procedimientos correctos de aplicación.
- Los detectores de fallas en el recubrimiento estén correctamente calibrados;
- Los recubrimientos de las uniones en base a adhesión por fusión epóxica cumplan con las especificaciones de espesor mínimos, y
- Los datos de la soldadura y los números de los soldadores estén registrados previo al recubrimiento de las soldaduras.

Protección catódica

La protección catódica y las instalaciones de mitigación de efectos de corriente alterna (CA), incluyendo los cables de prueba, los ánodos de sacrificio y los lechos anódicos con conexión a los

¹⁷ El ensayo no destructivo referido se describe en la sección I.4.2 del presente estudio.

rectificadores y al gasoducto, serán instalados al final de las operaciones de terminación de las conexiones. Normalmente las conexiones de los conductores a la tubería serán realizadas por la cuadrilla de conexión mediante uso de un proceso de soldadura térmica.

Reducción de corriente alterna (CA) inducida por alto voltaje

Se diseñarán medidas de reducción para evitar los peligros relacionados con:

- El acoplamiento electrostático (capacitivo)
- El acoplamiento electromagnético
- El acoplamiento resistivo (condición de falla)

El diseño del sistema de reducción será hecho de conformidad NACE RP0177-95 y al estándar canadiense CAN/CSA-C22.3No: 6-M91.

Medidas de reducción

La reducción de la corriente alterna será provista mediante los siguientes elementos y equipos:

- Alambres de control de gradiente
- Rejillas de control de gradiente
- Aislador/protector contra la alta tensión
- Tablero tipo “frente muerto” para estaciones de pruebas de protección catódica
- Otros

A continuación, se describen las funciones y características de cada técnica de reducción.

Varillas de control gradiente

Función: En localizaciones donde están instalados, los alambres de control de gradiente cumplen la siguiente función:

- Disminuyen el voltaje de esfuerzo del recubrimiento durante condiciones de falla que, de lo contrario, podrían ocasionar daños al recubrimiento y posiblemente, a la tubería de acero, a raíz de la formación de arcos a través de los puntos o poros sin recubrir. El recubrimiento dañado puede acelerar la corrosión. Investigaciones recientes en Europa demostraron que puede ocurrir corrosión por corriente alterna en ductos con el recubrimiento dañado, de una manera que no se logra detectar mediante mediciones de los potenciales de corriente continua, realizadas empleando pruebas de protección catódica estándar, y que, por lo tanto, representan una amenaza para la integridad de cualquier ducto, aún el más detenidamente controlado.
- Disminuyen los potenciales del ducto y de los voltajes de contacto, tanto en los accesorios expuestos como en los tramos del ducto no expuestos. Esta disminución a su vez reduce el riesgo en la seguridad del personal de operación y del público en general.
- Proveen protección catódica durante la construcción, al actuar como ánodos de sacrificio.

El alambre del sistema de control de gradiente posee, en una sección transversal en forma de diamante de 1.27 cm x 1.43 cm, formado por conductores anódicos de Zinc en espiral, enterrados de manera paralela al gasoducto y conectados a éste mediante conductores forrados de cobre de 4/0. La reducción será provista a través de un conductor de Zinc sencillo o doble enterrado al fondo de la zanja del ducto y desplazado lateralmente, alejándose de los costados del ducto más cercano a las líneas de transmisión, a una distancia de 20 cm o más. El conductor de Zinc estará cubierto con el relleno de menor resistencia disponible.

Se establecerán conexiones regulares entre el conductor de Zinc y el gasoducto mediante conductores de cobre de 4/0 forrados, a intervalos que varían desde 50 m, hasta 333 m, según la resistencia del suelo. Se requieren conexiones más frecuentes en suelos de menor resistencia eléctrica.

El modelado computarizado detallado de la red del ducto/líneas de transmisión podría demostrar que no se requiere un alambre continuo en algunas de las ubicaciones de baja resistencia eléctrica del suelo, en particular si la capa inferior de resistencia es similar a los datos de resistencia eléctrica del suelo superficial, actualmente disponibles.

Rejillas de control de gradiente

Función: Las rejillas de control de gradiente elevan y emparejan los potenciales de tierra, cercanos a un accesorio del ducto ubicado sobre el suelo y expuesto, de tal manera que el potencial de contacto y la tensión de paso sean aceptables en esta ubicación, durante las condiciones de carga normal y las fallas del sistema de energía eléctrica.

Las instalaciones necesarias sobre el suelo, donde es posible tomar contacto con metal desnudo, son las válvulas principales de bloqueo y las estaciones de válvulas, las estaciones de compresión, las estaciones de medición y las trampas lanzadoras y receptoras de diablos. Los cercos pertenecientes a estos sitios también requieren protección y mantenimiento del señalamiento necesario.

La rejilla de control de gradiente típica consiste en una malla rectangular o un espiral de alambres desnudos enterrados a poca profundidad a través de toda la zona, donde sea posible que el personal de operación o el público en general tome contacto con los accesorios metálicos del ducto. Se puede emplear el mismo cable de Zinc que el utilizado para los alambres de control de gradiente. Toda conexión deberá estar soldada y deberán hacerse dos conexiones como mínimo a cada accesorio. El espaciado del conductor (es decir, el tamaño de la malla) varía según la estructura del suelo y los niveles de interferencia, pero puede ser de 500 mm o menos, en particular para rejillas pequeñas (como podría requerirse en un sitio de válvulas).

Generalmente se requiere en la superficie una capa de grava lavada o de piedra triturada (Ej. de un diámetro de 100 mm) o con piedras de diámetro mínimo de 15 mm, sobre el sitio. Cuando la tensión en escalón sea excesiva y lo requiera, esta capa deberá extenderse más allá del perímetro de la rejilla.

Aislador / protector contra la sobre carga eléctrica

Pueden establecerse diferencias de potencial considerables a lo largo de las uniones aisladoras en un ducto sometido a interferencia de corriente alterna. Durante las condiciones de carga normales en el sistema de energía eléctrica estas diferencias pueden representar un peligro de golpes eléctricos. Asimismo, pueden ocurrir posibles daños a la unión durante las condiciones de falla, producto de una descarga eléctrica disruptiva.

Se instalarán uniones monolíticas de aislamiento, completamente soldadas al gasoducto, para separar al mismo de las estaciones de compresión y de las estaciones de medición de recepción y de entrega. Tales uniones aisladoras contarán con protectores contra la sobre tensión eléctrica.

Un aislador/protector contra la sobre tensión eléctrica que pone en derivación a una unión aisladora permite el flujo de corriente alterna en todo momento, evitando así los picos de voltaje en la unión y a la vez bloqueando el flujo de corriente continua, manteniendo un rendimiento normal del sistema de protección catódica. Asimismo, el aislador/protector contra la sobre tensión eléctrica está diseñado para proteger la unión de las descargas eléctricas naturales como las que resultan de los rayos. Hay dispositivos de estado sólido disponibles que cumplen esta función y que requieren poco mantenimiento. Cuando los niveles de interferencia son significativos se requiere de una unidad por cada unión aisladora.

Construcción tipo terminal de los sitios de ensayo de protección catódica

En el artículo 5.4.4 de la norma RP0177-95 de NACE (ha sido sustituida por la NACE SPO177-2007) se dispone lo siguiente:

“Las estaciones de prueba para los sistemas de protección catódica sobre estructuras que pueden estar sujetas a potenciales de corriente alterna contarán con una construcción tipo terminal para reducir la posibilidad de tomar contacto con los cables de prueba electrizados. Las estaciones de prueba que utilizan tubería de metal para soporte deberán contar con tableros terminales”.

La construcción de fachada se define como:

“Un tipo de construcción en el que los componentes electrizados están empotrados o cubiertos, evitando así la posibilidad de tomar contacto accidental con elementos que tengan potenciales eléctricos.”

Medidas de reducción adicionales

Función y descripción. A continuación, se presentan medidas de reducción adicionales que podrían requerirse:

La remoción o la reubicación de contrapesos enterrados (es decir, conductores desnudos, horizontales, de conexión a tierra relacionados con torres o postes de líneas de transmisión) que

se encuentren demasiado cerca del ducto propuesto, a fin de prevenir la formación de arcos y voltajes excesivos de esfuerzo al recubrimiento. Actualmente no hay datos disponibles con respecto a la presencia de contrapesos.

- La especificación del uso varillas de baja impedancia de conexión a tierra, en líneas de transmisión nuevas. Los cables de pararrayos pueden reducir los niveles en un ducto cercano de manera significativa, en particular durante condiciones de falla, principalmente al distribuir las corrientes de falla entre varias estructuras adyacentes. Como resultado, solamente una fracción del total de la corriente de falla es inyectada a tierra por la estructura fallada y en algunos casos esta medida puede eliminar completamente la probabilidad de la formación de un arco de electricidad. La presencia de cables de pararrayos es particularmente importante en ubicaciones donde los niveles de interferencia conductiva son altos (es decir, en zonas de alta resistividad del suelo, a lo largo de líneas de transmisión de alta tensión, en ubicaciones donde el ducto esté situado particularmente cerca de las estructuras de líneas de transmisión y en ubicaciones donde una capa de baja resistividad del suelo tenga una capa subyacente de mayor resistividad).
- Las conexiones del ducto propuesto al gasoducto existente que se encuentra fuera de servicio en ubicaciones estratégicas, a fin de reducir los esfuerzos de voltaje sobre el recubrimiento del ducto propuesto. La necesidad de tales conexiones y la frecuencia de éstas dependerá del estado del recubrimiento del ducto existente, la estructura del suelo, y los niveles de interferencia. Los aisladores/protectores contra sobre tensiones eléctricas en serie con las interconexiones podrían ser deseables a fin de prevenir que el ducto existente disminuya la efectividad del sistema de protección catódica sobre el ducto propuesto.
- De estimarse conveniente, se dispondrán tramos aislados de corriente en el diseño del gasoducto, a fin de proveer un control a futuro de la corriente alterna captada por el ducto.
- Los vínculos con estructuras de terceros incluirán el uso de celdas de polarización o de sistemas de conexión metálica a tierra según lo requieran las condiciones específicas del sitio y serán dimensionadas de manera apropiada para el máximo flujo de corriente previsto.

Ubicación de las válvulas de seguridad, corte, seccionamiento, venteo y control

En cumplimiento con los requerimientos y prácticas internacionales, las válvulas de seccionamiento se encontrarán localizadas de tal manera que cualquier punto de la tubería esté a menos de 4 kilómetros de una válvula de seccionamiento. Adicionalmente, las válvulas se ubicarán de tal manera que:

- f) Localizarse en lugares accesibles, pero protegidas de manipulaciones y daños provocados por terceros;
- g) Estar soportadas adecuadamente para evitar asentamiento o movimiento del tubo al cual están unidas;
- h) Los tramos de tubería que se encuentren entre válvulas deben tener una válvula con una capacidad de desfogue que permita que la tubería sea desfogada de acuerdo con las

- necesidades del sistema de transporte;
- i) El desfogue de la válvula se debe dirigir de tal manera que el gas natural pueda ser liberado a la atmósfera sin peligro, y
 - j) Si el ducto se encuentra adyacente a una línea de transmisión eléctrica, el desfogue se debe situar a una distancia igual o superior a la distancia mínima de seguridad de acuerdo con el estudio de riesgo.

Las ubicaciones seleccionadas para las válvulas de seccionamiento son las siguientes:

No.	UTM 13 Q		Geográficas	
	X	Y	Latitud	Longitud
Válvula de Seccionamiento 1	697959.79	2275546.15	20° 34' 6.59"N	103° 6' 3.26" W
Válvula de Seccionamiento 2	700338.46	2273655.43	20°33'4.20"N	103° 4' 41.93" W

Con las ubicaciones seleccionadas se consiguen las siguientes características:

- Locación de fácil acceso por carreteras.
- Locación lejos de líneas de transmisión de electricidad de alta tensión.
- La distancia entre las válvulas sobre la ruta del gasoducto es de 4,500 metros aproximadamente, quedando por debajo de los 8,000 metros reglamentarios.

Dada la longitud del gasoducto, las trampas de diablos se encontrarán solo en las estaciones de interconexión entre la distancia más grande de tubería. La razón por la cual no se considera la capacidad de enviar y recibir diablos entre la Interconexión Tierra Mojada y la Interconexión Zapotlanejo es que la tubería tiene menos de 500 metros entre estas.

Componente	Locación
Trampa de envío de diablos	Interconexión Guadalajara
Trampa de recibo de diablos	Interconexión Tierra Mojada

Infraestructura requerida para la operación del ducto

Interconexiones

Interconexión Guadalajara

La interconexión con el gasoducto “Villa de Reyes–Aguascalientes–Guadalajara” desarrollado por Fermaca Pipeline de Occidente se realizará mientras ambos proyectos se encuentran en fase de construcción, por lo tanto, no se requerirá del procedimiento “HOT TAPPING”.

Esta interconexión tendrá la capacidad de recibir gas a una presión máxima de 1480 psig, aunque la presión normal de entrega se encuentre en los 670 psig. La capacidad de la interconexión es de 140 millones de pies cúbicos de gas natural (MMPCD).

La configuración Unidireccional de la EMRyC es la siguiente:

- Válvula de corte automática.
- EMRyC aislada eléctricamente con juntas monoblock de paso completo.
- La EMRyC cuenta con 5 Fases: (1) Fase de interconexión; (2) Fase de Filtrado y Regulación.; (3) Medición; (4) Fase de Trampas.
- Fase de Interconexión, inicia en la interconexión con el gasoducto VR-AGS-GLD y contiene:
 -
 - 1 junta monoblock de aislamiento eléctrico.
 - 1 transmisor de presión.
 - 1 transmisor de temperatura.
 - 1 válvula de bola de paso completo de actuación remota.
-
- Fase de Filtrado y Regulación., inicia en el extremo de la válvula de bola anterior y contiene:
 -
 - Manifold de tubería entrada 24" con tres salidas de 12".
 - 3 filtros coalescentes (2 en operación y 1 para redundancia).
 - 1 carrete de tubería "By-Pass" para mantenimiento de Filtros y Reguladores.
 - Luego de cada filtro se instalará un arreglo "Working Monitor" para la etapa de regulación de presión.
 - 1 tanque de líquidos.
 - 4 transmisores de presión diferencial.
 - 4 transmisores de presión.
 - 8 válvulas de corte de 12" (nom.)
 - Manifold de tubería de cuatro entradas de 12" y salida única de 24" (nominal).
-
- Fase de Filtrado y Medición, inicia en manifold anterior y contiene:
 -
 - 3 patines de medición. (2 en operación regular y 1 de redundancia)
 - Una válvula de corte en el inicio y fin de cada patín
 - Un linealizador de flujo para cada patín
 - Un medidor ultrasónico para transferencia de custodia por patín
 - Dos computadores de flujo (1 en operación regular y 1 de redundancia)
 - Transmisor de presión diferencial por filtro de cartucho
 - Transmisor de presión por patín
 - Transmisor de temperatura por patín
 - Manifold de tubería de tres entradas de 10" (nominal) y salida única de 24".
 - Válvula de control de flujo de 24"
-
-

1 junta monoblock de aislamiento eléctrico

- **Gabinete de Control:** Con el sistema de UTR (1“hot” +1“Standby”), así mismo se encuentra el sistema de comunicación SCADA. 1 Router de comunicación y accesorios para la transmisión de datos.
- La instalación eléctrica para la alimentación a la EMRyC será, con tubería conduit pared gruesa o ced. 40 con clasificación Clase 1 División 1. Para la alimentación de 110 Vca, a 60 Hz proveniente de la red eléctrica pública.

Interconexión Tierra Mojada

La interconexión con la central Ciclo Combinado Tierra Mojada se realizará mientras ambos proyectos se encuentran en fase de construcción.

La interconexión se realizará por medio de una válvula de corte y una brida. La interconexión se localiza dentro del predio propiedad de la central de generación CC Tierra Mojada.

Esta interconexión tendrá la capacidad de recibir gas a una presión máxima de 1450 psig, aunque la presión normal de entrega se encuentre en los 540 psig. La capacidad de la interconexión es de 140 millones de pies cúbicos de gas natural (MMPCD).

La configuración de la EMRyC es la siguiente:

- EMRyC aislada eléctricamente con juntas monoblock de paso completo.
- Una válvula de corte de acción remota.

La instalación eléctrica para la alimentación a la EMRyC será, con tubería conduit pared gruesa o ced. 40 con clasificación Clase 1 División 1. Para la alimentación de 110 Vca, a 60 Hz proveniente de la red eléctrica pública.

Interconexión Zapotlanejo

La interconexión con el gasoducto “Apaseo El Alto–El Castillo”, parte del SISTRANGAS operado por CENAGAS se realizará mientras el gasoducto del CENAGAS se encuentra operando, por lo tanto, se realizará por medio del procedimiento “HOT TAPPING”.

La interconexión se localiza dentro del predio propiedad de la central de generación CC Tierra Mojada. La EMRyC debe tener la capacidad de recibir gas del gasoducto “Apaseo El Alto–El Castillo” y entregarlo al sistema de Gasoducto de Zapotlanejo y también de recibir gas del sistema “Gasoducto de Zapotlanejo” y entregarlo en el gasoducto “Apaseo El Alto–El Castillo”.

Esta interconexión tendrá la capacidad de recibir gas a una presión máxima de 1480 psig, aunque la presión normal de entrega se encuentre en los 670 psig. La capacidad de la interconexión es de 140 millones de pies cúbicos de gas natural (MMPCD).

La configuración Bidireccional de la EMRyC es la siguiente:

- EMRyC aislada eléctricamente con juntas monoblock de paso completo.
- La EMRyC cuenta con 5 Fases: (1) Fase de interconexión; (2) Fase de Filtrado y Regulación.; (3) Fase de Medición; (4) Fase de Análisis.
- Fase de Interconexión, inicia en la interconexión con el gasoducto Apaseo El Elto – El Castillo y contiene:
 - 1 junta monoblock de aislamiento eléctrico.
 - 1 transmisor de presión.
 - 1 transmisor de temperatura.
 - 1 válvula de bola de paso completo de actuación manual.
- Fase de Filtrado y Regulación, inicia en el extremo de la válvula de bola anterior y contiene:
 - 3 filtros coalescentes (2 en operación y 1 para redundancia).
 - 1 carrete de tubería “By-Pass” para mantenimiento de Filtros y Reguladores.
 - Luego de cada filtro se instalará un arreglo “Working Monitor” para la etapa de regulación de presión.
 - 1 tanque de líquidos.
 - 4 transmisores de presión diferencial.
 - 4 transmisores de presión.
 - 8 válvulas de corte de 12” (nom.)
 - Manifold de tubería de cuatro entradas de 12” y salida única de 24” (nominal).
- Fase de Filtrado y Medición, inicia en manifold anterior y contiene:
 - 3 patines de medición. (2 en operación regular y 1 de redundancia)
 - Una válvula de corte en el inicio y fin de cada patín
 - Un linealizador de flujo para cada patín
 - Un medidor ultrasónico para transferencia de custodia por patín
 - Dos computadores de flujo (1 en operación regular y 1 de redundancia)
 - Transmisor de presión diferencial por filtro de cartucho
 - Transmisor de presión por patín
 - Transmisor de temperatura por patín
 - Manifold de tubería de tres entradas de 10” (nominal) y salida única de 24”.
 - Válvula de control de flujo de 24”
- Fase de Análisis, inicia en el manifold anterior y contiene:
 - Cromatógrafo C9+
 - Analizador de Humedad
 - Analizador de Ácido Sulfhídrico y Azufre total
 - Transmisor de Presión
 - Transmisor de Temperatura
 - ✓ 1 junta monoblock de aislamiento eléctrico

- La EMRYC también cuenta con una **caseta de control**, en esta caseta se encuentra una unidad de transmisión remota “Hot” y una en “Standby”, así mismo se encuentra el sistema de comunicación SCADA. Esta caseta también contiene una estación de ingeniería, recepción de comunicación de las Interconexiones Guadalajara y Tierra Mojada.

Sistema SCADA

El sistema SCADA tendrá las siguientes capacidades:

Elemento	Capacidad
Interconexión Tierra Mojada	• Controlar el corte o apertura de gas a partir de la interconexión. • Censar la posición de válvulas.
Interconexión Zapotlanejo	• Controlar el corte o apertura de gas a partir de la interconexión. • Censar la posición de válvulas. • Censar la presión diferencia de los separadores y filtros. • Recibir datos de calidad de gas. • Censar paso de diablos.
Válvulas de seccionamiento	• Controlar el corte o apertura de gas a partir de la interconexión. • Censar la posición de las válvulas. • Censar la presión diferenciada de las tuberías que divide.
Cuarto de control	• Recibir y almacenar todas las señales producidas por el sistema de transporte. • Controlar cualquier componente motorizada. • Visualizar todas las señales producidas por el software y hardware. • Desarrollar código y modificar parámetros del sistema SCADA.

I.3. HOJAS DE SEGURIDAD

Con el objetivo de dar cumplimiento al Apartado 5.4, Inciso c) de la Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2000 (Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo), en el **Anexo III**, se incluyen las Hojas de Datos de Seguridad de las principales sustancias químicas peligrosas manejadas en el gasoducto Zapotlanejo, las cuales incluyen:

- Gas Natural (Metano)

I.4. CONDICIONES DE OPERACIÓN

I.4.1. Operación

Capacidad de flujo

El requerimiento de capacidad del sistema de transporte es de 420 millones de pies cúbicos diarios de gas natural. Las presiones estimadas en los gasoductos a los que se interconecta son de 670 psig y la presión de entrega en la central de generación es de al menos 540 psig.

La tabla siguiente muestra los casos que podrán presentarse durante el envío de GN a la CC Tierra Mojada:

- D.** La Interconexión Guadalajara (gasoducto de Reyes–Aguascalientes-Guadalajara) ingresa 140 MMPCD (millones de pies cúbicos diarios) al sistema los cuales se direccionan en su totalidad hacia la Central de Ciclo Combinado Tierra Mojada.
- E.** La Interconexión Guadalajara (gasoducto de Reyes–Aguascalientes-Guadalajara) ingresa 300 MMPCD (millones de pies cúbicos diarios) al sistema los cuales se direccionan: 140 MMPCD hacia la Central Ciclo Combinado Tierra Mojada y 160 MMPCD hacia la interconexión Guadalajara (gasoducto Apaseo El Alto–El Castillo).

La Interconexión Zapotlanejo (gasoducto Apaseo El Alto–El Castillo) ingresa 140 MMPCD (millones de pies cúbicos diarios) al sistema los cuales se direccionan en su totalidad hacia la Central Ciclo Combinado Tierra Mojada.

Gas Natural

El gas natural considerado para este estudio contiene la siguiente composición.

Propiedad	Unidades	Valor
Metano (CH ₄)-Min	%vol.	84.00
Oxígeno (O ₂)-Max	%vol.	0.20
Bióxido de Carbono (CO ₂) – Max	%vol.	3.00
Nitrógeno (N ₂)-Max	%vol.	4.00
Nitrógeno, variación máxima diaria	%vol.	+1.5
Total de inertes (CO ₂ y N ₂)-Max	%vol.	4.00
Etanol -Max	%vol.	11.00
Temperatura de rocío de hidrocarburos –Max	K	271.15
Humedad (H ₂ O) -Max	mg/m ³	110.00
Poder Calorífico Superior -Min	MJ/m ³	37.30
Poder Calorífico Superior -Max	MJ/m ³	43.60
Índice Wobbe -Min	MJ/m ³	48.20
Índice Wobbe -Max	MJ/m ³	53.20
Índice Wobbe -Variación máxima diaria	%	+5
Ácido sulfhídrico (H ₂ S) -Max	mg/m ³	6.00
Azufre total (S) -Max	mg/m ³	150.00

Tubería

La tubería operará entre las presiones 673 a 540 psig y entre las velocidades de gas en el interior de 12.6 y 0 m/s.

Condiciones de intercambio de molécula

El gas natural transportado dentro del Sistema de transporte Gasoducto de Zapotlanejo está dentro de los rangos especificados en la norma oficial mexicana NOM-001-SECRE-2010.

Condiciones de Transferencia de Gas	Temperatura para el gas natural.	
	Mínima [°C]	Máxima [°C]
Interconexión Guadalajara	10.0	50.0
Interconexión Zapotlanejo	10.0	50.0
Interconexión Tierra Mojada	10.0	50.0

I.4.2. Pruebas de verificación

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

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

La lista de insumos que utilizará el sistema de transporte de gas para su operación o mantenimiento deberá considerar:

- Características de los sistemas de control y de monitoreo.
- Calibración.
- Mantenimiento predictivo y preventivo. Equipos y materiales.
- Listado de repuestos.
- Descripción del equipo auxiliar.
- Planos de instalación.
- Calibración de instrumentos.
- Desarrollo de la documentación involucrada.
- Descripción del equipo y de su capacidad de trabajo.

Calificación operacional. Se refiere a la verificación que demuestra que los equipos funcionan en la forma esperada y son capaces de operar satisfactoriamente sobre todo el rango de los parámetros operacionales para los que han sido diseñados. En las especificaciones técnicas de los equipos e instrumentación se solicita que el proveedor realice pruebas (*Factory Acceptance Test*) FAT y (*Site Acceptance Test*) SAT proporcionando sus respectivos reportes.

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

Pruebas de integridad mecánica. Se refieren a todos los esfuerzos enfocados en asegurar que la integridad de los sistemas que contengan fluidos peligrosos sea mantenida durante la vida útil de las instalaciones, desde la fase de diseño, de fabricación, de instalación, de construcción, de operación y de mantenimiento para garantizar la protección al personal, a la comunidad, al medio ambiente y a las instalaciones. Durante la construcción, todo este proceso será revisado, verificado y aprobado por una Unidad de Verificación.

Los elementos que conforman o componen la integridad mecánica en las instalaciones de proceso son los siguientes:

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

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

Pruebas no destructivas

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

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

1. Detección de discontinuidades (internas y superficiales).
2. Determinación de composición química.
3. Detección de fugas.
4. Medición de espesores y monitoreo de corrosión.
5. Adherencia entre materiales.
6. Inspección de uniones soldadas.

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

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

Pruebas Radiográficas

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

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

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

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

Durante la construcción, todo este proceso será revisado, verificado y aprobado por la Unidad de Verificación.

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 la NFR-026-PEMEX-2001, dicho recubrimiento será aplicado en la planta del fabricante. Se aplicará el recubrimiento de polietileno extruido tricapa.

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

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

El efecto resultante es la eliminación de la corriente eléctrica que provoca la corrosión.

Pruebas previas al arranque

Ensayos no destructivos (rayos X)

La inspección de las soldaduras por **radiografía** será realizada por un subcontratista de inspección radiográfica, que deberá proveer un registro radiográfico acerca de la calidad de la soldadura. Asimismo, realizará las interpretaciones de las películas radiográficas y notificará por escrito al inspector de soldaduras de la existencia de defectos y la índole de éstos. Las soldaduras que no cumplan con los requisitos de aceptación descritos en las especificaciones de construcción serán marcadas para indicar la necesidad de su reparación o reemplazo.

Calificación del procedimiento radiográfico

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

procedimiento incluirá la película y los químicos para revelar la película que se utilicen, las pantallas, la intensidad de la fuente y los tiempos de exposición.

El inspector de soldaduras presenciara el ensayo del procedimiento del subcontratista de inspección radiográfica. El ensayo del procedimiento se realizará en conjunto con el examen de los soldadores o bien, donde no hay soldadores que examinar, con la primera radiografía de las soldaduras de producción. Podrán requerirse ensayos adicionales para lograr un resultado aceptable. El subcontratista de inspección radiográfica no procederá con el trabajo hasta que se obtengan resultados satisfactorios y hasta que el procedimiento sea aprobado.

Prueba hidrostática

Al iniciar la prueba de la tubería para el transporte de gas, se deben correr diablos de limpieza para retirar de la tubería toda incrustación, polvo o rebaba, una vez recuperados los diablos y que el interior de la tubería se encuentre limpia, se procederá al llenado con agua dulce sin contenido de sólidos empleando bomba de alto volumen y baja presión.

La presión de prueba del gasoducto que nos ocupa debe ser de 1.25 veces la presión de diseño, con una duración de 24 h, la presión y la temperatura deberán de ser graficadas.

El personal encargado de la prueba debe mantener un control absoluto de la operación para garantizar el éxito de la prueba y evitar accidentes.

Se le proporcionará presión a la línea en forma constante y moderada procediendo a la apertura de las válvulas de desfogue para la eliminación de aire atrapado, cerrándolas posteriormente. Cuando se tenga aproximadamente un 70 % de la presión de prueba, se deberá regular el gasto de la bomba para minimizar las vibraciones de presión y garantizar incrementos no mayores de 10 psi, los cuales deberán de leerse y de registrarse.

Cuando se llegue a la presión de prueba el bombeo debe detenerse y todas las válvulas y conexiones deben “checharse” para evitar fugas, para iniciar la prueba hidrostática con los medidores de presión usando el registrador presión/tiempo. La presión debe registrarse continuamente durante la prueba y los medidores de peso muerto también deben ser “checados” al principio y final de la prueba y por lo menos cada hora. Los resultados de la prueba se registran y se deben determinar las causas de las variaciones de la presión y temperaturas en caso de existir.

Si durante las 24 horas no se registran cambios de presión, fuera de los atribuibles a variaciones de temperatura, se dará por terminada la prueba, considerándola satisfactoria, y se harán todas las conexiones necesarias para eliminar el agua por medio de drenes en los puntos más bajos.

La longitud máxima de la tubería para prueba será igual a la que exista entre válvula y válvula, y a falta de estas no excederá de 30 kilómetros.

Una vez terminada la prueba hidrostática a entera satisfacción, el inspector de la Unidad de Verificación seleccionada extenderá la constancia respectiva. Los documentos que se generen en la realización de la prueba hidrostática del gasoducto como son: constancia de la prueba, descripción de la prueba, tabla o grafica de presión y temperatura e isométricos respectivos deben ser firmados por los asistentes al evento.

El gasoducto terminado será sometido a la prueba hidrostática para comprobar la integridad de los materiales e identificar cualquier fuga. El gasoducto será dividido en tramos de prueba, con una diferencia de cota máxima para lograr mantener la presión máxima y mínima de prueba durante la duración de la misma. Asimismo, se provee una tolerancia para cambios de presión durante la duración del ensayo a fin de dar cuenta de las variaciones en la temperatura del medio ambiente.

Las cabezas de prueba con conexiones a válvulas necesarias para el llenado, la presurización y las líneas de instrumento serán soldadas en cada extremidad del tramo de prueba. El tramo será llenado con agua utilizando bombas que cuenten con la capacidad de vencer presiones mayores debido a la altura hidrostática. Varios tramos pueden ser llenados juntos y probados utilizando conexiones de tubería temporales entre las cabezas de prueba.

La prueba hidrostática tendrá una duración de 8 horas. Previo a su uso en las pruebas, todos los registradores de presión, los registradores de temperatura, y los indicadores de peso muerto serán calibrados.

Los registros de prueba incluyendo los formularios de calibración, las cartas de presión y de temperatura y los registros de presión de peso muerto, se mantendrán durante la vida útil del sistema. Estos registros estarán disponibles en todo momento para su inspección por parte de las autoridades gubernamentales. La ejecución de la prueba y los resultados finales de la prueba estarán sujetos a su revisión y aprobación por la Unidad de Verificación acreditada por la CRE para previo a la puesta en marcha del sistema. (Ver el Antecedente SENER al inicio de esta sección de Construcción.)

Toda tubería y accesorio que no haya sido incluido en los ensayos regulares del gasoducto será sometido a prueba por separado, previo a su instalación y el 100% de toda soldadura será radiografiada.

Toda fuga que se detecte mediante las pruebas será localizada y reparada, y será sometida a prueba nuevamente.

El gasoducto será limpiado y secado a fin de asegurar que no permanezca agua, previo a la puesta en marcha.

Los inspectores de la Supervisión de la obra controlarán que:

- Los tramos de prueba hayan sido limpiados y las soldaduras de las cabezas de prueba hayan sido radiografiadas previo al llenado;

- Las cabezas de prueba y las válvulas sean diseñadas para una presión de prueba máxima;
- La instrumentación se haya calibrado y esté correctamente instalada y funcionando según sea necesario;
- La fuente de suministro de agua cuente con un caudal suficiente, que la calidad del agua sea aceptable y que se utilicen mallas y filtros durante el llenado para impedir la entrada de peces, fango, etc. al gasoducto;
- Señales informativas, preventivas y restrictivas (Proyecto de Señalamiento) estén colocadas en todos los puntos de acceso públicos y en todos los puntos donde la tubería o los accesorios estén expuestos;
- No haya ninguna maquinaria pesada, o de otro tipo, trabajando en el derecho de vía mientras se esté probando la tubería;
- Se elaboren gráficas de funcionamiento por personal calificado y se complete la documentación de manera correcta;
- La presión de prueba sea liberada de inmediato y de manera segura después que la prueba haya sido aceptada;
- El vaciado del agua se lleve a cabo de acuerdo con los convenios con los propietarios y los reglamentos y que se realice de manera que evite la erosión o los daños a la propiedad pública o privada;
- Las corridas con diablos de vaciado en seco se realicen para remover toda el agua sobrante, y
- El agua sea eliminada de los cuerpos de las válvulas.

Si bien los códigos de gasoductos no determinan los criterios para la calidad del agua que vaya a ser utilizada para las pruebas hidrostáticas, las empresas de gasoductos en sus documentos de construcción estipulan que los contratistas deberán utilizar agua que sea apropiada para las pruebas hidrostáticas y que no contenga lodos ni materia extraña en suspensión ni componentes corrosivos dañinos, a menos que ésta pueda ser tratada de manera satisfactoria mediante el uso de filtros o aditivos químicos.

Por lo general existen más inquietudes respecto a la calidad del agua que será devuelta al medio ambiente posterior al ensayo que respecto a la calidad del agua que se utiliza antes de la prueba. Los aditivos químicos en el agua por lo general se especifican para que no contaminen el medio ambiente al descargar el agua después del ensayo. Estas especificaciones de calidad de agua usualmente son emitidas por las Autoridades Ambientales competentes.

Se realizarán análisis del agua utilizada para pruebas a fin de determinar si existe la posibilidad de contaminación del gasoducto por bacterias de hierro y de azufre. Las bacterias de hierro son capaces de utilizar el material de la tubería como combustible metabólico, lo cual podría resultar en porosidad por corrosión en la pared de la tubería y/o la reducción del diámetro interno a raíz de sedimentación.

Las bacterias de azufre son capaces de reducir los diversos compuestos de azufre a hidrógeno sulfurado, causando problemas de corrosión y/o la reducción en el diámetro interior de la tubería a raíz de sedimentación. La solución al problema de la contaminación por bacterias sería tratar el agua a medida que entre al gasoducto.

En las zonas de clase 1 y clase 2, la presión mínima de prueba consistirá en una presión que resulte en un esfuerzo tangencial de 125% de la Resistencia Mínima a Punto Cedente (SMYS) de la tubería. En zonas de clase 3 la presión mínima de prueba será la presión que resulte en el esfuerzo tangencial de 140% del SMYS de la tubería.

No se comenzará ninguna prueba sin la autorización apropiada del Transportista y, donde sea requerido, dando un aviso con 48 horas de antelación a las autoridades reguladoras (CRE) y a la unidad verificadora.

Limpieza e inspección interna

El gasoducto será inspeccionado interiormente a fin de asegurar que esté libre de escombros, “ovalización”, “abolladuras” o “pandeos”. Se utilizará aire comprimido para impulsar a los diablos y se requerirán lanzadores y receptores de diablos adecuados para contener los diablos y cualquier desecho.

La tubería será inspeccionada internamente usando un diablo calibrador. Este recorrido de inspección se realizará posteriormente al ensayo hidrostático y a la instalación de todo montaje de válvulas. Estos diablos instrumentados miden el diámetro interior de la tubería mecánicamente y registran la información en una gráfica en rollo. Los recorridos se realizan con succión mantenida en frente del diablo para controlar su velocidad. La carta en rollo es calibrada por la longitud, a fin de poder ubicar las indicaciones fácilmente y repararlas según sea necesario.

Pruebas a la terminación de la construcción del gasoducto

A la terminación de la construcción del gasoducto, todos los componentes del sistema serán sometidos a las pruebas finales, en preparación para su puesta en operación. Estas pruebas incluyen:

- Pruebas de resistencia de toda tubería presurizada;
- Prueba del sistema de protección catódica;
- Verificación de la operatividad de los sistemas eléctricos;
- Verificación de la operatividad de los sistemas de medición, de control, de protección y las alarmas; y
- Verificación de la operatividad del sistema.

I.5. PROCEDIMIENTOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

Se desarrollarán los siguientes elementos para procurar la operación segura del “Sistema Gasoducto Zapotlanejo”:

Manuales de operación y mantenimiento

Los Manuales de Operación y Mantenimiento se deberán de preparar de acuerdo con todos los Códigos aplicables, las Normas tales como la API, la ASME B31.8, la Ley Mexicana y toda su Reglamentación. Estos manuales estarán disponibles antes de la puesta en marcha del gasoducto y de las estaciones de medición, y se revisarán y actualizarán periódicamente de allí en adelante, con el fin de que siempre reflejen todos los principios de ingeniería aplicables, la experiencia que va adquiriéndose, el conocimiento que se obtiene sobre el gasoducto en su operación del día a día, las consideraciones aplicables en materia de flujo de gas y las condiciones operativas del sistema. Para el mantenimiento predictivo de las instalaciones eléctricas y mecánicas del Gasoducto, se aplicarán tecnologías de punta, tales como el empleo de la Termografía Infrarroja, por ejemplo, para la detección de fugas, de áreas con sobrecalentamiento, etc.

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

Los Manuales incluyen instrucciones y procedimientos detallados con el fin de garantizar que el gasoducto se opere en forma segura y eficiente, y también con el fin de suministrar instrucciones claras para el mantenimiento y las reparaciones que requieran tanto el gasoducto como las instalaciones conexas.

Pruebas no destructivas para el mantenimiento predictivo, preventivo y reactivo para las instalaciones de los equipos, mecánicos y eléctricos.

Mediante el empleo de las técnicas del análisis del espectro infrarrojo (Termografía Infrarroja), durante la operación de los equipos.

Patrullaje del gasoducto

Se harán patrullajes periódicos a lo largo de todo el trazo del ducto con el fin de observar las condiciones de la superficie sobre el derecho de vía y en las zonas adyacentes, para conocer si hay indicios de fugas, o actividades de construcción iniciadas por terceros o cualquier otra condición que afecte la seguridad y la operación del gasoducto, de tal manera que se puedan iniciar medidas correctivas a la brevedad posible. Se les dará especial atención a los siguientes aspectos:

- Áreas donde se realicen actividades de construcción;
- Operaciones de drenaje cerca al gasoducto;
- Erosión;
- Evidencia de actividad sísmica; y
- Cruces fluviales.
- La frecuencia del patrullaje de inspección se determinará dependiendo de factores tales

como los siguientes:

- Presión de operación;
- Tamaño del gasoducto en ese tramo;
- Densidad de la población;
- Terreno; y
- Aspectos climáticos.

Control de la vegetación

Se redactarán procedimientos de acuerdo con los términos y condiciones de las licencias de servidumbre de paso, con el fin de controlar la vegetación a lo largo del derecho de vía alrededor de las instalaciones construidas en la superficie, con el fin de que éstas puedan distinguirse claramente desde el aire y también con el propósito de mantenerlas libres de obstáculos para permitir el acceso fácil de las cuadrillas de mantenimiento. En términos generales, se permitirá que vuelva a crecer vegetación a lo largo del derecho de vía, de acuerdo con el Programa de rehabilitación que se establece en este mismo documento.

Control de la erosión

Las técnicas de control de la erosión pueden variar, dependiendo de las condiciones topográficas y de la vegetación en cada zona específica. También se tomarán en cuenta la Ley y la Reglamentación Ambiental. Los procedimientos que deberán de ser redactados le servirán de guía al personal para la aplicación de las diferentes técnicas de control y reparación de la erosión.

Mantenimiento de los cruces

Se redactarán instrucciones claras para la inspección y el mantenimiento de los cruces del gasoducto, como son:

- Principales Líneas de Servicios Públicos, como carreteras; éstas se inspeccionarán periódicamente con el fin de verificar si están debidamente cubiertos o si existe alguna otra condición que pueda afectar la seguridad y la integridad del cruce.
- Se le prestará atención a la eliminación de interferencias eléctricas, mecánicas y de otra naturaleza.
- Con otros ductos, se inspeccionarán periódicamente las interferencias en los sistemas de protección catódica entre los diferentes ductos, con el fin de garantizar que dicho sistema opere en forma efectiva y libre de interferencias.
- Cruces sumergidos
Estos se inspeccionarán periódicamente con el fin de verificar si están debidamente cubiertos, si se les han acumulado basuras, desperdicios o escombros, o si existe alguna otra condición que pueda afectar la seguridad y la integridad del cruce.
- Cruces provisionales

Cuando sea necesario, se prepararán cruces provisionales con el fin de proteger el gasoducto de cualquier daño que le puedan ocasionar los vehículos pesados que transiten a través del trayecto del gasoducto. Se prepararán instrucciones específicas para el diseño de los diferentes tipos de cruces provisionales

Ubicación y demarcación de gasoductos

Se desarrollaron procedimientos para identificar tubería enterrada u otras instalaciones, con el fin de facilitar las actividades de mantenimiento, o para poder atender oportunamente solicitudes presentadas por terceros para obtener autorización para trabajar cerca del gasoducto. Esto es de vital importancia para proteger al gasoducto de daños por estas actividades. También se suministrarán instrucciones técnicas sobre cómo operar los aparatos y equipos para la localización de instalaciones bajo tierra.

Programa de concientización pública

Se establecieron y se ejecutarán programas y procedimientos para mantener a los propietarios de los predios, a las comunidades vecinas y a las autoridades, informados sobre la existencia del gasoducto en la zona y los procedimientos que deben seguir cuando contemplen la posibilidad de atravesar o trabajar cerca del trayecto del gasoducto, con el fin de garantizar su propia seguridad y la de los demás.

Excavaciones en la vecindad del gasoducto

Las actividades de excavación con equipo mecánico en áreas cercanas al trayecto de un gasoducto cargado requieren precauciones extremas. Se establecerán procedimientos e instrucciones detalladas para orientar al personal encargado de dichas excavaciones bajo diferentes condiciones. Se contemplarán excavaciones en diferentes tipos de suelos y en roca, en humedales o cerca de cruces con otras líneas de servicios públicos.

Reparación o mantenimiento de la tubería

La reparación de ductos en condiciones de plena presión no siempre resulta segura y depende de la situación. Se darán procedimientos e instrucciones que induzcan al personal a realizar una evaluación crítica de ingeniería, considerando todos los factores necesarios, antes de tomar una decisión.

Se establecerán procedimientos detallados que incluyen técnicas comprobadas y tecnologías modernas, y tiene ya preparadas instrucciones que describen paso a paso cómo proceder en caso de: Ver Normas NACE y ASTM.

- Reparación de quemaduras de los arcos;
- Reparación de abolladuras;
- Reparación de fugas;
- Reparación de desperfectos en los recubrimientos externos;

- Reparación de la corrosión;
- Reparaciones con esmeril; y
- Aplicación de mangas con soldadura o tornillo.

Se darán instrucciones estrictas en el sentido de mantener el sitio de trabajo libre de gas y en condiciones de seguridad. Estos procedimientos se incorporarán al Manual de Mantenimiento y estarán disponibles antes de la puesta en marcha del gasoducto.

Inspección de la superficie de la tubería

Se suministrarán procedimientos para varios tipos de inspección de la superficie de la tubería en busca de defectos, utilizando técnicas tales como:

- Examen de Partículas Magnéticas y
- Examen Ultrasónico

Mantenimiento de válvulas

Se darán instrucciones donde se describan los procedimientos y la frecuencia con que se le debe hacer mantenimiento a los diferentes tipos de válvulas que utiliza el sistema.

Procedimientos de soldadura

Los procedimientos para realizar actividades de soldadura están incluidos en los manuales y contienen la siguiente información:

- Material de la tubería que va a ser soldada;
- Condiciones de flujo del gas;
- Temperatura;
- Estado ideal de los operarios a cargo de la soldadura; y
- Inspección y pruebas.

Tubería de respaldo

Se debe mantener un inventario (Proyectista) para su uso en el caso de existir una emergencia en la tubería inspeccionada, en los codos que resulten críticos para la tubería y en otros componentes tales como válvulas y conexiones de diferentes tamaños.

Los procedimientos especificarán los tamaños y las cantidades que deben mantenerse en inventario y los pasos a seguir para su reposición. También se darán instrucciones para el almacenamiento de tubería ya inspeccionada, con el fin de evitar que sufra daños.

Requisitos en materia de diablos de limpieza

El sistema de gasoducto incluye trampas de envío y recepción de diablos de limpieza. Se iniciará con un barrido con diablos para establecer las condiciones de la tubería, y de ahí en adelante se correrán periódicamente para detectar signos de corrosión tanto interna como externa.

En los procedimientos estarán las instrucciones sobre la frecuencia y la metodología que deben observarse para la utilización y el mantenimiento de los diablos de limpieza.

Sistema SCADA y de telecomunicaciones

Aunque el mantenimiento de estos sistemas estará a cargo de contratistas altamente calificados, es esencial que haya instrucciones y procedimientos claros donde se expliquen las funciones de cada sistema y donde se oriente a los operarios y a los técnicos a la hora de efectuar reparaciones o de resolver problemas que surjan en la operación diaria. Todas estas instrucciones se incluirán en los Manuales de Mantenimiento.

Estaciones de recibo y entrega de gas

Todo el equipo, y los procedimientos de operación y mantenimiento cumplirán con las Leyes y los Reglamentos. Los temas que se incluirán en este Manual contendrán procedimientos de Operación y Mantenimiento para:

- Estaciones de recibo y entrega del gas;
- Medidores del gas;
- Dispositivos de calibración;
- Computadores de flujo electrónicos;
- Cromatógrafos;
- Unidad remota de recopilación de datos;
- Regulación de presión;
- Calentamiento de gas;
- Instrumentos de medición de temperatura y presión;
- Señalización.

Sistema de protección catódica

Se redactarán procedimientos que cubran los requisitos de operación y mantenimiento de los sistemas de protección catódica tanto con corriente impresa como con ánodos de sacrificio y constarán básicamente de:

- **Monitoreo de la corrosión.** Se realizarán regularmente inspecciones utilizando las más modernas técnicas, para verificar que el sistema del gasoducto cumpla con los requisitos necesarios para que sea compatible con el sistema de protección catódica que se haya seleccionado. Se redactarán instrucciones detalladas con el fin de garantizar una adecuada operación del sistema de corriente impresa, la adecuada operación del sistema de ánodos de sacrificio, la adecuada operación de los dispositivos tales como el rectificador y los enlaces de interferencia.

Cualquier falla en estos dispositivos afectaría negativamente los sistemas de protección de la estructura y la efectividad de elementos tales como aislamientos y enlaces de continuidad.

- **Registros de las actividades de control de la corrosión.** De las actividades de protección catódica y control de la corrosión se llevarán registros bien documentados durante la vida entera del gasoducto, con el fin de poder utilizarlos para futura referencia y para evaluaciones que se realicen desde el punto de vista de la ingeniería del proyecto. Se utilizará un sistema computarizado a través del cual se podrán obtener datos de referencia rápida y análisis detallados de ingeniería.
- **Protección anticorrosiva (recubrimiento externo).** Se mantendrá en condiciones óptimas, conservando los estándares de calidad original.

La protección anticorrosiva se efectuará mediante aplicación en fábrica de un recubrimiento externo sobre la superficie limpiada del ducto. El recubrimiento externo será un sistema epóxico ligado por fusión (FBE) aplicado de acuerdo con las normas aceptadas internacionalmente. Los empalmes en campo serán protegidos usando FBE aplicado en el campo o mangas contraídas por calor de polietileno. Cualquier daño o imperfección en el recubrimiento será detectado y reparado en campo antes de la instalación, empleando material compatible con el sistema de recubrimiento original.

Se aplicará recubrimiento protector adicional al ducto que vaya a ser instalado en cruces taladrados o perforados. Este recubrimiento adicional será diseñado de manera que impida la abrasión del recubrimiento protector primario del ducto durante el proceso de instalación en el espacio perforado.

También se instalará un recubrimiento de tipo apropiado sobre el recubrimiento protector anticorrosivo para asegurar una liga adecuada al aplicar concreto al ducto para los fines de proporcionar flotación negativa en cruces de ríos o pantanos o espejos de agua.

Identificación de las instalaciones

Se establecerán procedimientos que rijan el diseño y la instalación de avisos que identifiquen la presencia de ductos y otras instalaciones, con el fin de reducir las posibilidades de daños o interferencias por parte de terceros.

En estos se incluirá la información necesaria para notificar emergencias, números telefónicos a los cuales se puede hablar, notas de advertencia como, por ejemplo, "Llame antes de Excavar", y otras instrucciones específicas relacionadas con el sitio donde vaya colocado el aviso.

Ubicación y mantenimiento de los señalamientos

Se trata del conjunto de Avisos informativos, preventivos o restrictivos para indicar la presencia del ducto y/o referencia kilométrica del desarrollo del ducto. Es posible que los señalamientos estén dotados de conexiones eléctricas para funcionar como estaciones de registro de potencial.

Requisitos generales de los señalamientos: Los señalamientos se utilizarán para localizar el trayecto del ducto enterrado, delimitar la franja de desarrollo del sistema, identificar las instalaciones superficiales del sistema de transporte, así como los tramos de ducto superficiales. Lo anterior, a efecto de reducir la posibilidad de daño o interferencia.

Ductos enterrados. Este tipo de señalamiento se instalarán sobre un soporte, colocado a los lados de la franja de afectación del ducto y debe observar las siguientes características: Debe cubrir la distancia mínima entre cada señalamiento.

Señalamientos obligatorios. Se instalarán señalamientos lo más cerca posible, en los siguientes casos:

- a) En ambos lados del cruce de una carretera, camino público y ferrocarril;
- b) En ambos lados del cruce aéreo, fluvial y otros cuerpos de agua;
- c) En cambios de dirección mayores a 30 grados; y
- d) En instalaciones superficiales como válvulas de seccionamiento, trampas de diablo, estaciones de recibo/entrega, regulación, medición y/o compresión. En estos sitios deben incluirse anuncios alusivos a la seguridad, como pueden ser: uso de equipo de protección personal, restricción de acceso, no fumar, no fuentes de ignición.

Del contenido mínimo de información en el señalamiento

- a) El señalamiento contendrá alguna de las siguientes palabras: “Advertencia, cuidado, precaución”. Estas palabras deberán tener un alto de 25 por 6 mm de ancho y ser seguido de las frases:
- b) “tubería a presión bajo tierra, gas natural”
- c) “no cavar, no golpear, no construir”. (Esta frase puede ir en letras o en símbolo).
- d) “En caso de emergencia, llamar a: (Nombre del Transportista)”
- e) “Teléfonos: Clave lada, teléfono(s) local y/o número libre de cargo” y
- f) “Los señalamientos deberán ir en fondo color amarillo y letras color negro”

Excepciones. En el caso de los tramos de ducto donde los señalamientos antes descritos no puedan ser colocados debido a impedimentos del lugar o físicos del terreno, la señalización se contemplará bajo las siguientes alternativas:

- a) Colocar el señalamiento a un lado del lomo del ducto, indicando la distancia y dirección en que va el ducto,
- b) Placas en el piso o pared (tachuelas o estoperoles), que contengan como mínimo: nombre del transportista, teléfono(s) del mismo, y las leyendas gas natural, no cavar.

- c) En ambos casos, el transportista deberá considerar medidas adicionales en el programa de operación y de mantenimiento.
- d) Cuando en la franja de desarrollo del ducto existan dos o más ductos, el transportista podrá indicar con un solo señalamiento la distancia a que se encuentran los lomos de todos los ductos.

Las señales se colocarán a lo largo del derecho de vía a nivel de todas las instalaciones y en otros lugares específicos tales como:

- Carreteras y otros cruces del derecho de vía;
- Corredores por los cuales pasen otras líneas de servicios públicos;
- Desarrollos urbanos;
- Actividades de construcción;
- Sistemas principales de drenaje;
- Cruces con ríos o quebradas;
- Cruces aéreos; y
- Otros, según sea necesario.

Los avisos que se coloquen se inspeccionarán periódicamente y se les dará mantenimiento con el fin de garantizar su permanente legibilidad y visibilidad.

Detección de fugas

Se contempla la posibilidad de instalar sistemas de cómputo para detectar fugas y rupturas significativas. Tan pronto se detecte un evento de esta naturaleza, los operadores iniciarán los Procedimientos de Emergencia que se consideren necesarios.

En el Manual se establecerán procedimientos para detectar fugas regulares recorriendo el trayecto del gasoducto a pie y utilizando equipo con lo último en tecnología para estos casos. En estos procedimientos se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

- Las áreas que quedan cerca de las zonas pobladas, tales como zonas residenciales, centros comerciales, parques públicos y edificios de apartamentos se inspeccionarán regularmente;
- Inspecciones internas;
- Los cruces con carreteras, así como sitios donde se encuentran instaladas las válvulas, se inspeccionarán frecuentemente;
- Estudios de la relación entre la tubería y el suelo;
- Las estaciones se inspeccionarán con mayor frecuencia (por lo menos una vez al año y, de ser posible, con mayor frecuencia aún).

I.6. ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DE RIESGO

I.6.1. Antecedentes de accidentes e incidentes

El gas natural se transporta generalmente a través de gasoducto, siendo uno de los medios más utilizados.

La experiencia en México que se tiene en antecedentes de accidentes es la siguiente:

- Accidente gasoducto de gas natural de PEMEX en el estado de Guanajuato, no hubo daños personales. (Fuente: El Norte 19 de septiembre de 1991).
- Accidente en gasoducto de gas amargo de PEMEX (21 de septiembre de 1991) en Cunduacán, Tabasco al estallar un ducto de 16" de diámetro, fallecieron 6 obreros de PEMEX. Este percance sucedió cuando los trabajadores realizaban actividades de corte en la línea que transporta gas crudo, debido a que las líneas no fueron desfogadas antes de los trabajos de corte (Fuente: El Ovociones).
- Fuga en gasoducto de gas natural de PEMEX (15 de junio de 1992) en Xalostoc, debido a la ruptura de una válvula de alivio. No se reportó daños ni víctimas.
- Accidente en un gasoducto de 24" de gas amargo de PEMEX (6 de febrero de 1994) en Cunduacán, Tabasco que causó daños materiales a 300 metros cuadrados, por lo menos 15 personas con quemaduras de segundo grado y una persona murió en el percance (Fuente: La Jornada)
- Accidente de gasoducto de gas natural PEMEX en Guadalajara (4 de septiembre de 1995) debido a que personas golpearon el ducto por error, al confundirlo con una tubería de agua, no hubo daños materiales ni humanos (Fuente: El Norte).
- Accidente en gasoducto de 48" de gas natural en Cd. Pemex-Cactus (17 de febrero) que provocó daños materiales, muertos y heridos, se desconoce las causas del siniestro (Fuente: El Norte).
- Accidente en gasoducto de gas natural de PEMEX en Boca-Cárdenas (23 enero de 1996) que provocó un muerto y cuatro heridos al momento que trabajadores cambiaban una válvula.
- Fuga de gas natural en Atasta-Cd PEMEX (08 de septiembre de 1996), el accidente ocurrió cuando se interconectaban un bypass, un trabajador resultó herido. (Fuente: La Jornada) No se cuenta en México con un centro de información que concentre los datos de accidentes ocurridos en los gasoductos, así como la investigación realizada a los mismos para determinar las causas.

I.6.2. Metodologías de identificación y jerarquización

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

Los principales objetivos del estudio de riesgo son:

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

Métodos de identificación de riesgos

Básicamente existen dos tipos de métodos para la realización de análisis de riesgo se consideran los aspectos de cuantificación:

- a) **Métodos cualitativos:** se caracterizan por no recurrir a cálculos numéricos, pueden ser métodos comparativos y métodos generalizados.
- b) **Métodos semicuantitativos:** incluyen aquellos que introducen una valoración cuantitativa respecto a las frecuencias de ocurrencia de un determinado suceso, además de establecer métodos para la determinación de frecuencias. O bien se caracteriza por recurrir a una clasificación de las áreas de una instalación en base a una serie de índices que cuantifican daños, como por ejemplo índices de riesgo.

Metodologías utilizadas

Las metodologías que se utilizarán para la determinación del riesgo involucrado en el manejo de sustancias químicas peligrosas, son las metodologías conocidas como **¿Qué Pasa Sí...? (¿What If...?)** y **HAZOP (Hazard and Operability)**.

¿QUE PASA SÍ...?

Esta metodología permite identificar situaciones riesgosas o acciones que conducen a accidentes específicos que podrían producir una consecuencia no deseable. Con esta técnica es posible identificar situaciones que conllevan a un accidente, sus consecuencias, medidas de seguridad y propuestas de alternativas que permitan minimizar los riesgos.

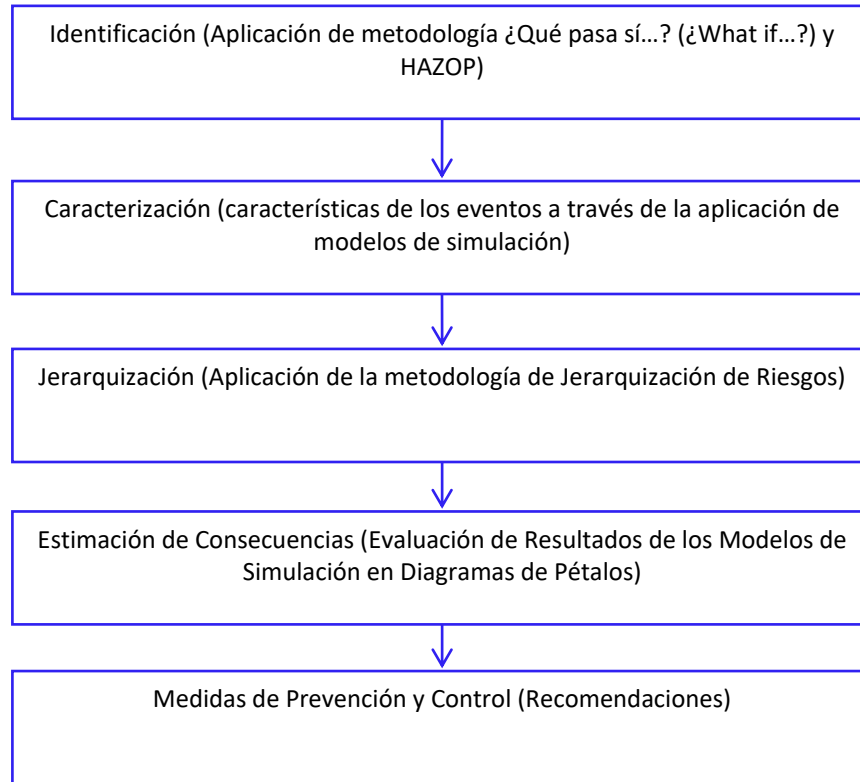
En este caso la lista de chequeo / ¿qué pasa sí...?, es una herramienta adecuada por su

HAZOP

La metodología HAZOP, es un procedimiento que permite reconocer riesgos difícilmente reconocibles por simple observación o revisiones de seguridad de tipo general. En la aplicación de esta metodología, se cuestiona a cada una de las partes críticas del proceso para descubrir que desviaciones del propósito original pueden ocurrir y determinar cuáles de esas desviaciones pueden dar lugar a riesgos al personal, al proceso o las instalaciones.

sencillez, además de que por norma general es recomendada para la evaluación de riesgo de instalaciones en proyecto. La lista de chequeo está basada en la experiencia en operaciones similares y sugiere áreas o puntos de interés. Esta lista de chequeo es suficiente para un proceso simple que es bien conocido y produce una buena visión para problemas más grandes.

La metodología a seguir para la aplicación de las herramientas descritas es la siguiente:



¿Qué pasa sí...? (What if...?)

Esta técnica es un método inductivo que utiliza información específica de un proceso para generar una serie de preguntas que son pertinentes durante el tiempo de vida de una instalación, así como cuando se introducen cambios al proceso o a los procedimientos de operación. Consiste en definir tendencias, formular preguntas, desarrollar respuestas y evaluarlas, incluyendo la más amplia gama de consecuencias posibles. No requiere métodos cuantitativos especiales o una planeación extensiva.

El método utiliza información específica de un proceso como los DFP's (diagrama de flujo de proceso), DTI's (Diagramas de Tubería e Instrumentación) para generar una especie de preguntas de lista de verificación; los planteamientos establecidos emplean el sufijo ¿Qué pasa si...? (¿What if...?), éstos son contestados por un grupo de trabajo y resumidos en forma tabular.

Esta técnica es ampliamente utilizada durante las etapas de diseño del proceso, así como durante el tiempo de vida o de operación de una instalación, así como se introducen cambios al proceso o a los procedimientos de operación.

El propósito de método ¿Qué pasa sí...? (¿What if...?) tiene tres aspectos:

- Identificar las condiciones y situaciones peligrosas posibles que puedan resultar de barreras y controles inadecuados
- Identificar eventos que puedan provocar accidentes mayores
- Recomendar las situaciones requeridas para iniciar el proceso de reducir el riesgo de una instalación, así como para mejorar la operabilidad de la misma.

El análisis ¿Qué pasa sí...? (¿What if...?), que se realizó para determinar los riesgos en el “Gasoducto de Zapotlanejo”, fue dividido en tres subsistemas:

- a) Ruta principal (Interconexión Guadalajara)
- b) Ruta secundaria (Interconexión Zapotlanejo)
- c) Ruta terciaria

METODOLOGÍA ¿QUÉ PASA SÍ...?

¿Qué pasa sí?	Consecuencia/Riesgo	Medidas de prevención, control o mitigación
Si el filtro de humedad, se encuentra saturado.	Separación de agua del gas natural no es óptima, permitiendo el paso de mayor cantidad de agua, que puede provocar un proceso acelerado de corrosión en el gasoducto.	Se contará con sistemas de protección catódica y recubrimientos anticorrosivos que permitirán mitigar los efectos de la corrosión en la tubería del gasoducto.
Si la válvula 24"-CVB-600, válvula de bola paso completo acción gas / aceite, por un fallo en su funcionamiento permanece abierta.	El paso flujo de GN en las interconexiones Guadalajara y Zapotlanejo, será continuo durante el tiempo que permanezca la falla en las válvulas.	Después del punto de interconexión, refiriéndonos a ambos puntos "interconexión Guadalajara e Interconexión Zapotlanejo, cada ramal del sistema contará con una válvula 24"-VB-600 (válvula de bola paso de operación manual), que podrá bloquear el flujo en caso de así requerirlo.
Si las válvulas 24"-CVB-600, válvulas de bola paso completo acción gas / aceite, por un fallo en su funcionamiento permanece cerrada.	No existirá flujo de GN en las interconexiones Guadalajara y Zapotlanejo, durante el tiempo que permanezca la falla en las válvulas. Por lo que no existirá suministro a la CC Tierra Mojada.	El suministro de GN a las instalaciones de la CC Tierra Mojada, se prevé tomar las dos interconexiones, de esa forma minimizando la probabilidad de la inexistencia de gas en la CC.
Si la válvula de regulación automática 12"-SSREGVB-600 (en la ruta principal) presenta un fallo en su funcionamiento.	Las válvulas de regulación mantienen los valores de presión de GN en los límites de operación establecidos para la operación del ducto. En caso de falla, la presión del ducto puede aumentar, hasta provocar la fuga del gas o la ruptura del ducto.	La válvula de regulación 12"-SSREGVB-600, estará asociado a un regulador de presión auto-operado de reserva, identificado como 12"-WMREGVB-600, en caso de falla. Asimismo, se contará con un <i>bypass</i> con un sistema idéntico (Regulador de presión auto-operado con <i>slam shut valve</i> y Regulador de presión auto-operado de reserva) en caso de mantenimiento o falla de los dispositivos.

¿Qué pasa sí?	Consecuencia/Riesgo	Medidas de prevención, control o mitigación
Si la válvula de regulación automática 12"-WMREGVB-600 (en la ruta principal) presenta un fallo en su funcionamiento.	La válvula de regulación 12"-WMREGVB-600, al ser de reserva en caso de falla se continuará usando la válvula 12"-SSREGVB-600.	Las válvulas de regulación deberán ser incluidas en un programa de mantenimiento preventivo, así como procurar su verificación periódica a fin de evaluar su correcto funcionamiento y calibración
Si se descalibra el medidor de flujo ultrasónico de la ruta principal.	La medición del flujo de GN que pasará por la ruta principal no será confiable, generándose incertidumbre en la cantidad de GN transportada.	El medidor de flujo ultrasónico deberá ser incluido en un programa de mantenimiento preventivo, así como procurar su verificación periódica a fin de evaluar su correcto funcionamiento y calibración
Si se realizan actividades de excavación cercanas a la trayectoria de alguna de las rutas de ducto.	El gasoducto puede sufrir daños en su estructura, generándose fugas de GN.	A lo largo de la trayectoria de las rutas principal, secundaria y terciaria del Sistema de Gasoducto de Zapotlanejo, se instalará señalización que indique la prohibición de cavar o golpear en esa área.
No se aplican procedimientos permanentes de supervisión y corrección de fugas en el sistema.	Se promovería la emisión constante de GN a la atmósfera, la cual puede tener como consecuencia la presencia de riesgos permanentes de incendio o flama. En condiciones ideales de homogeneidad, respecto a los límites inferior y superior de inflamabilidad de esta sustancia, sólo se necesita una fuente de ignición para desencadenar una explosión.	Se establecerá y aplicará un programa de mantenimiento preventivo periódico a todas las instalaciones. Se elaborará un plan de atención a emergencia, en donde se integrará de manera particular los procedimientos para el control de fugas y conatos de incendio de GN.
Si no se aplica mantenimiento preventivo a las conexiones y accesorios de la estación de medición.	Al no encontrarse las conexiones de las válvulas y accesorios de manera óptima, se promueve la fuga de GN, siendo que en condiciones ideales de homogeneidad al mezclarse con el aire, puede generar una mezcla explosiva.	Los accesorios y válvulas de las dos estaciones de medición, regulación y control (EMRyC) del Sistema de Gasoducto de Zapotlanejo, se incluirán dentro de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo periódico, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento

¿Qué pasa sí?	Consecuencia/Riesgo	Medidas de prevención, control o mitigación
Si ocurre la apertura descontrolada de la válvula de alivio de presión en la EMRyC.	Esta falla en la operación se considerará como una fuga de GN, siendo que en condiciones ideales de homogenización al mezclarse con el aire, puede generar una mezcla explosiva.	Los accesorios y válvulas de las dos estaciones de medición, regulación y control (EMRyC) del Sistema de Gasoducto de Zapotlanejo, se incluirán dentro de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo periódico, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento
Existe una fractura en las líneas de conducción del gas.	Se origina una fuga puntual del GN, y en condiciones ideales de homogeneidad respecto a los límites inferior y superior de inflamabilidad de esta sustancia, además de la presencia de una fuente de ignición, se induciría una explosión o incendio en la zona.	Se establecerá y aplicará un programa de mantenimiento preventivo periódico a todos los dispositivos de seguridad instalados en el gasoducto. En caso de presentarse un evento de este tipo, se contará con 2 válvulas de seccionamiento de flujo sobre la tubería de la ruta principal, existentes de forma estratégica para el aislamiento del área problema. Se elaborará un plan de atención a emergencia, en donde se integrará de manera particular un procedimiento para el control de fugas de GN.
Se presenta un incendio en la trayectoria del gasoducto (ruta principal)	Dependiendo de la localización del incendio se pueden ver afectados, los poblados cercanos y/o caminos y carreteras, donde cruza el ducto.	Se elaborará un plan de atención a emergencia, en donde se integrará de manera particular los procedimientos para el control de fugas y conatos de incendio de GN.
Si el sistema de protección catódica del gasoducto de Zapotlanejo, no es adecuado.	El gasoducto es vulnerable a la corrosión por cargas electrostáticas y electromagnéticas, generando riesgo de fugas de GN en por debilitamiento de la estructura del gasoducto.	Se instalará un sistema de protección catódica e instalaciones de mitigación de efectos de corriente alterna (CA), incluyendo los cables de prueba, los ánodos de sacrificio y los lechos anódicos con conexión a los rectificadores y al gasoducto. Se aplicará un programa de mantenimiento preventivo periódico a las instalaciones de distribución de gas natural, teniendo especial atención en los componentes eléctricos, incluyendo el sistema de protección catódica.

¿Qué pasa sí?	Consecuencia/Riesgo	Medidas de prevención, control o mitigación
Existe corrosión en las válvulas y/o tubería.	Existe la posibilidad de una fuga, pudiéndose producir condiciones ideales de homogeneidad respecto a los límites inferior y superior de inflamabilidad de esta sustancia, y con la presencia de una fuente de ignición, se promovería una explosión en la zona de operación.	En el programa de mantenimiento a equipos del sistema de distribución de gas natural, se tendrán procedimientos de inspección para garantizar que no se presente oxidación y por consiguiente corrosión en sus componentes.
Se presenta un sismo mayor de 4 grados en la escala Richter	Posible rompimiento de tuberías y por lo tanto probables fugas de GN.	La línea de distribución estará seccionada por válvulas, para cierre parcial por tramo de gasoducto. De forma posterior al movimiento telúrico, se realizará una supervisión de las condiciones físicas de las instalaciones. Se elaborará un plan de atención a emergencia, en donde se integrará de manera particular los procedimientos para el control de fugas y conatos de incendio de GN.

Análisis de operabilidad (HAZOP)

Esta técnica forma parte del Análisis de Seguridad de los Procesos Industriales y tiene como objetivo fundamental establecer medios de detección y previsión de accidentes durante la operación normal de las unidades de proceso productivas o de servicio.

El método tiene su ámbito de aplicación desde la fase del proyecto e inclusive en su vida operativa, principalmente para corregir anomalías del diseño conceptual o para prevenir omisiones en la operación y buena marcha en la actividad productiva.

La aplicación del Análisis de Operabilidad tiene como objetivo localizar la perspectiva de ocurrencia de un accidente en el manejo de las sustancias químicas y establecer una revisión sistemática de la instalación para llegar a modificar el proceso, servicio, diseño, prácticas y aún los criterios de seguridad de las instalaciones bajo revisión.

El área de estudio se revisa bajo la premisa de la viabilidad de ocurrencia con absoluta independencia de las buenas prácticas y los buenos resultados de la industria, ya que las estadísticas de eventos de riesgo han invadido los historiales de empresas consideradas líderes en la seguridad y operabilidad industrial, la técnica permite detectar y evaluar riesgos potenciales que sean la causa de fugas, derrames o dispersión de materiales que resultasen en incidentes o accidentes que se reflejen en daños al personal, al ambiente, a la población civil y los costos económicos derivados de las pérdidas físicas y operativas.

La técnica del Análisis de Operabilidad emplea una serie de Palabras Guía utilizadas para calificar o definir las desviaciones de las condiciones ordinarias del trabajo operativo, dichas palabras son:

- **NO** Negación de la actividad operativa.
- **MAS** Considera una variable en exceso a su condición habitual.
- **MENOS** Considera una variable menor al valor nominal esperado.
- **ADEMÁS DE** Existen sustancias adicionales a las especificadas.

Previamente debemos identificar las **VARIABLES OPERATIVAS** que describen físicamente el comportamiento de la operación en cuanto a flujo, presión o temperatura.

DESVIACIÓN: Modificación de la variable o parámetro de su comportamiento normal.

NODOS: Secciones de equipo de proceso o de tubería, válvulas de paso, válvulas de seguridad e instrumentos que actúan como contenedores de la sustancia y en donde pueden ocurrir incidentes o accidentes como una función de sus condiciones físicas u operativas anormales.

La combinación de palabra guía y parámetros se aplican a la identificación de causas, estimación de consecuencias, y recomendaciones necesarias para solventar alguna anomalía.

Los elementos de análisis que consideraron la definición del sistema, toma en cuenta las siguientes secciones del sistema:

Ruta principal (Interconexión Guadalajara)
Ruta secundaria (Interconexión Zapotlanejo)
Ruta terciaria

Para su evaluación, en el primer renglón se señalan los elementos que se vinculan con el factor evaluado como son:

Parámetro de proceso
Desviación
Posibles causas
Posibles consecuencias
Recomendaciones

Para lograr una mayor sensibilidad de los riesgos que se puedan producir en el funcionamiento normal y que ésta proporcione una visión general y una idea de los puntos que pueden desencadenar situaciones de riesgo en la operación, ya sea en las actividades de almacenamiento, líneas de distribución, y en el suministro, en este estudio se emplean palabras guía más adecuadas que al combinarse con los parámetros seleccionados muestran la posible presencia de un riesgo ambiental (fuga, incendio y/o explosión) que pueda afectar al personal, al ambiente o a las instalaciones.

Los parámetros de proceso evaluados fueron:

Flujo
Presión
Temperatura
Corrosión
Afectaciones por terceras partes
Operaciones incorrectas

Los conceptos descritos se aplican a los siguientes nodos:

- A. Ruta principal (Interconexión Guadalajara)
- B. Ruta secundaria (Interconexión Zapotlanejo)
- C. Ruta terciaria

NODO	ANÁLISIS DE OPERABILIDAD INTENCIÓN	CONCEPTO ANALIZADO
	Abastecer de GN a la “CC Tierra Mojada”, la cual tendrá una capacidad instalada de 874.5 MW.	
I Ruta principal (Interconexión Guadalajara)	La ruta principal de la tubería tiene una longitud de 4.5 kilómetros aproximadamente, inicia en la coordenada Longitud: 103° 6'5.86"O Latitud: 20°34'7.38"N y termina en la coordenada latitud 20° 33' 06.5799" N, longitud 103° 04' 41.3830" O. Abastecer de GN a la “CC Tierra Mojada”, la cual tendrá una capacidad instalada de 874.5 MW. Así como entregar GN en la interconexión de gasoducto sur “Interconexión Zapotlanejo”	Integridad del gasoducto, EMRyC (accesorios y válvulas), válvulas de seccionamiento.
II Ruta secundaria (Interconexión Zapotlanejo)	La ruta secundaria inicia en la obra de interconexión con el ducto administrado por CENAGAS “Apaseo El Alto–El Castillo”, coordenada latitud 20° 33' 04.8837" N, longitud 103° 04' 41.6194" O. La ruta tiene una longitud total de 17 metros en un solo segmento. La ruta termina en la coordenada latitud 20° 33' 04.3372" N, longitud 103° 04' 41.6440" O, en donde ingresa a la Estación “EMRyC Zapotlanejo” Abastecer de GN a la “CC Tierra Mojada”, la cual tendrá una capacidad instalada de 874.5 MW.	Integridad del gasoducto, EMRyC (accesorios y válvulas), válvulas de seccionamiento.
II Ruta Terciaria	La ruta terciaria inicia en la “EMRyC Zapotlanejo” en la coordenada latitud 20° 33' 04.8582" N, longitud 103° 04' 41.3324" O. La ruta tiene una longitud	Integridad del gasoducto, accesorios y válvulas.

NODO	ANÁLISIS DE OPERABILIDAD INTENCIÓN	CONCEPTO ANALIZADO
------	---------------------------------------	--------------------

total de 229 m.

El estudio HAZOP examina cada parte del sistema para identificar las posibles variables significativas que impliquen un grado de vulnerabilidad o riesgo para el sistema, en condiciones operativas normales, para proponer las medidas preventivas y/o correctivas al sistema, y con ello complementar las políticas de protección ambiental con que cuenta la empresa.

Selección de los eventos de riesgo.

Para la Jerarquización de los riesgos identificados mediante la Metodología utilizada (HAZOP), se utilizó una Matriz de Interacciones, la cual se describe a continuación:

Matriz de Interacciones

Este método sirve para jerarquizar los eventos que pueden presentarse, asignando un índice de frecuencia y un índice de consecuencias, tomando al producto de los dos índices para llegar a un índice individual. El índice de frecuencia es determinado por apreciación en vez de realizarlo de una forma rigurosa. El índice de consecuencias, se determina en función a la estimación de consecuencias.

Debido a que la asignación de los índices es por apreciación, se están tomando los siguientes criterios utilizados.

Criterios usados para la asignación de índices de frecuencia.

VALOR DE FRECUENCIA	ORDEN DE LA MAGNITUD	PROBABILIDAD O FRECUENCIA
4	10% de probabilidad por año	Altamente probable, tiene una posibilidad de ocurrencia del 100%
3	1% de probabilidad por año	Probable, Grandes posibilidades de ocurrencia, probabilidad de ocurrencia entre un 10 al 100%
2	Una vez en 1,000 años	Posible, algunas posibilidades de ocurrencia, probabilidad de ocurrencia entre el 1 y 10%
1	Una vez en 10,000 años	Improbable, mínima o ninguna probabilidad de ocurrencia, probabilidad de ocurrencia menor al 1%

Criterios utilizados para la asignación de índices de consecuencias.

VALOR	SEVERIDAD	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO O SEVERIDAD				
		PERSONAS	AMBIENTE	ECONOMÍA	OPERACIONES	PROPIEDAD
4	CATASTRÓFICO Extremadamente peligroso	Muerte o lesiones fatales	Pérdidas de especies y subespecies	Pérdida total e incapacidad de reactivar el negocio	Parada total de la planta por más de un mes	Más del 50% de la propiedad con severos daños.
3	CRÍTICO Altamente Peligroso	Lesiones graves a las personas. Deshabilitaciones permanentes	Daños graves a las especies	Pérdidas parciales que incapacitan temporalmente al negocio	Parada total de la planta o la mayor parte de ésta por más de 2 semanas	Más del 25% de la propiedad con severos daños.
2	MARGINAL Medianamente peligroso	Lesiones menores no deshabilitadoras	Organismos parcialmente afectados	Pérdidas menores que incapacitan al negocio temporalmente	Parada total de un área o sistema operativo de la planta por más de una semana.	Más del 10% de la propiedad con severos daños.
1	DESPRECIABLE Mínimo o ningún peligro	Tratamiento de primeros auxilios	No hay impacto en el ambiente	Pérdidas menores que no incapacitan al negocio	Parada total de un área o sistema operativo de la planta por más de 24 horas.	Menos del 1% de la propiedad con severos daños.

Con los índices de frecuencia y consecuencia, se calcula el índice de riesgo:

$$\text{Índice de Riesgo (R)} = \text{Índice de Frecuencia (F)} \times \text{Índice de Consecuencia (C)}$$

Para facilitar el cálculo, se realizará la ponderación de la frecuencia de la causa y la severidad de la consecuencia se procede a determinar los índices globales de riesgo, haciendo uso de la matriz de riesgo.

Matriz de riesgo por nodos analizados del Gas LP.

FRECUCENCIA	4	4	8	12	16
	3	3	6	9	12
	2	2	4	6	8
	1	1	2	3	4
		1	2	3	4
		CONSECUENCIA			

A continuación, se presenta la Tabla de resultados del análisis HAZOP, que considera las palabras guía, para cada una de las variables operativas definidas para el sistema con la determinación de la jerarquización de los riesgos potenciales resultantes:

ANÁLISIS DE OPERABILIDAD

SESIÓN / HOJA NODO: INTENCIÓN: <

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
Flujo	No	1. No existe flujo de GN hacia la CC Tierra Mojada.	1.1. La válvula 24"-CVB-600 (de bola paso completo acción gas / aceite), se encuentra cerrada.	No se tendrá abastecimiento de gas en la CC Tierra Mojada.	Verificar el correcto funcionamiento de la válvula 24"-CVB-600.	1	2	2	Establecer programas de mantenimiento correctivo y preventivo que incluya los elementos que conforman el gasoducto.
			1.2. El filtro de humedad se encuentra tapado.	No se tendrá abastecimiento de gas en la CC Tierra Mojada. La presión del sistema puede aumentar en la sección previa al paso por el filtro por acumulación de GN.	Efectuar la revisión e inspección de los filtros de humedad.	1	2	2	Establecer un canal de comunicación con la compañía operadora del gasoducto Villa de Reyes-Aguascalientes-Guadalajara (Fermaca Pipeline de Occidente), al cual se interconectará el Gasoducto Zapotlanejo, a fin de conocer las condiciones o problemas operativos que llegasen a afectar la operación del sistema

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
			1.3 La válvula de regulación de presión no se encuentra funcionando correctamente.	Pueden presentarse fugas de GN en la válvula.	Incluir en el programa de mantenimiento preventivo la inspección y revisión de las válvulas de regulación de presión.	3	4	12	Zapotlanejo.
Flujo	Menor	2. El flujo suministrado de GN hacia la CC Tierra Mojada no es adecuado.	2.1. La tubería se encuentra obstruida.	El GN se acumula gradualmente y genera una sobrepresión en el sistema que impide un flujo adecuado.	Se contará con una válvula de seccionamiento a lo largo de la trayectoria del ducto, lo que permitirá efectuar trabajos de mantenimiento, en caso de requerirse.	2	4	8	
			2.2. Mala interconexión en accesorios del gasoducto.	Fuga de GN y dispersión en la zona. En caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión.		3	4	12	Someter el sistema de tubería a pruebas de confiabilidad (hermeticidad) antes de manejar el gas. La instalación del sistema de GN debe ser realizada por una compañía especializada en el rubro. Incluir dentro del programa de mantenimiento preventivo a las instalaciones la inspección de los accesorios, con una frecuencia de 6 meses.
			2.3. Daño mecánico en la integridad del gasoducto.	El flujo de GN enviado a la CC Tierra Mojada no es continuo, ya que la presión disminuye. Fuga de GN y dispersión en la zona.	Se contará con medidores ultrasónicos dentro de la EMRyC del gasoducto que permitirán monitorear el flujo en GN enviado a la CC Tierra Mojada.	4	4	16	Se deberá implementar y estandarizar un procedimiento para la verificación e inspección del correcto funcionamiento de los elementos que conforman la EMRyC del gasoducto.

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
				En caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión.	Se establecerá un programa de comunicación permanente con personal del CC Tierra Mojada para conocer los requerimientos de GN.				
			2.4 El flujo de GN suministrado por la Interconexión con Gasoducto Villa de Reyes-Aguascalientes-Guadalajara, no contante.	No se tendrá abastecimiento adecuado de GN a la CC Tierra Mojada.	Se contará con medidores ultrasónicos dentro de la EMRyC del gasoducto que permitirán monitorear el flujo en GN enviado a la CC Tierra Mojada. Se establecerá un programa de comunicación permanente con personal del CC Tierra Mojada para conocer los requerimientos de GN.	2	2	4	Se deberá implementar y estandarizar un procedimiento para la verificación e inspección del correcto funcionamiento de los elementos que conforman la EMRyC del gasoducto.
Presión	Mayor	3. El GN recibido en la interconexión, se encuentra a una presión elevada con respecto a las condiciones normales de operación.	3.1 La presión interna del gasoducto aumentará, al suministrarse una cantidad mayor de GN.	Apertura de la válvula de alivio de presión. El GN liberado al en caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión.	La línea de distribución está seccionada por válvulas de control manual para cierre parcial del área.	2	4	8	Implementar un procedimiento de inspección de los elementos que conforman la EMRyC, por lo menos con una frecuencia diaria.

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
		4. Obstrucción en parte interna del gasoducto, debido impurezas contenidas en el flujo de GN.	4.1. Mal funcionamiento del filtro de humedad, provocando el paso de impurezas en la trayectoria del gasoducto.	Apertura de la válvula de alivio de presión. El GN liberado en caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión.	Cualquier variación en los parámetros monitoreados será registrada en las bitácoras operativas correspondientes, informando al supervisor en turno y al personal de seguridad, con el objetivo que se tomen las medidas adecuadas.	4	4	16	Establecer programas de mantenimiento correctivo y preventivo que incluya los elementos que conforman la EMRyC. Destinar personal para actividades de seguridad y protección civil, como lo son: formación de brigadas, realizar simulacros, etc.
Presión	Menor	5. Se presenta daño en la integridad mecánica del ducto.	5.1. Debido a actividades de excavación en las inmediaciones del mismo.	Se presentan fuga de gas, con riesgo de provocar una explosión en caso de alcanzar una fuente ignición con probables daños al personal expuesto y a las instalaciones.	Se harán patrullajes periódicos a lo largo de todo el trazo del ducto con el fin de observar las condiciones de la superficie sobre el derecho de vía y en las zonas adyacentes, para conocer si hay indicios de fugas, o actividades de construcción iniciadas por terceros o cualquier otra condición que afecte la seguridad y la operación del gasoducto, de tal manera que se puedan iniciar medidas correctivas a la brevedad posible.	4	4	16	Establecer programas de mantenimiento correctivo y preventivo que incluya los elementos que conforman el gasoducto. Se deberá establecer sistemas de comunicación para la prevención de accidentes, en el cual se contemple el reporte de actividades de excavación del público general a la empresa, mediante la difusión de un número de emergencia.

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
		6. Existe una fuga en las válvulas de regulación de presión, por mal funcionamiento.	6.1. El funcionamiento de la válvula de regulación de presión no es adecuado.	Se presentan fuga de gas, con riesgo de provocar una explosión en caso de alcanzar una fuente ignición con probables daños al personal expuesto y a las instalaciones.	La válvula de regulación 12"-SSREGVB-600, estará asociado a un regulador de presión auto-operado de reserva, identificado como 12"-WMREGVB-600, en caso de falla. Asimismo, se contará con un <i>bypass</i> con un sistema idéntico (Regulador de presión auto-operado con <i>slam shut valve</i> y Regulador de presión auto-operado de reserva) en caso de mantenimiento o falla de los dispositivos.	3	4	12	Se deberá supervisar y registrar de manera continua la operación de las válvulas de alivio de presión. Implementar registros de mantenimiento y operación de las de las EMRyC y sus elementos.
Temperatura	Mayor	7. Exceso de temperatura del GN que es transportado a través del gasoducto.	7.1. Incremento sustancial de la temperatura ambiental del sitio de proyecto.	Aumento de la presión interna del GN en el gasoducto.	Se contará con instrumentación adecuada para el monitoreo de temperatura en la trayectoria del gasoducto que serán supervisados de manera continua. El personal encargado del monitoreo y control de las variaciones del proceso se deberá contar con la	2	4	8	Mantener jornadas de capacitación del personal operativo de forma permanente. Supervisar que los conocimientos impartidos en la capacitación sean aplicados en campo tanto en labores de mantenimiento como en la operación, para lo cual se debe calificar el trabajo individual de los operadores y localizar puntos débiles de operación.

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
					capacitación adecuada.				
				Apertura de las válvulas de alivio de presión, generando fuga masiva de GN.	Se contará con instrumentación adecuada para el monitoreo y control de temperatura en los recipientes de almacenamiento que serán supervisados de manera continua.	2	4	8	
	Menor	8. Decremento de la presión interna en el gasoducto.	8.1 Condiciones ambientales adversas.	Complicaciones en el envío de GN hacia la CC Tierra Mojada.	Se contará con instrumentación adecuada para el monitoreo de temperatura en la trayectoria del gasoducto que serán supervisados de manera continua. El personal encargado del monitoreo y control de las variaciones del proceso se deberá contar con la capacitación adecuada.	2	2	4	Mantener jornadas de capacitación del personal operativo de forma permanente. Supervisar que los conocimientos impartidos en la capacitación sean aplicados en campo tanto en labores de mantenimiento como en la operación, para lo cual se debe calificar el trabajo individual de los operadores y localizar puntos débiles de operación.
Corrosión	Además	9. Se presenta corrosión interna en algunas secciones de la trayectoria del ducto.	9.1. El sistema de protección catódica no está funcionando correctamente.	Se puede presentar adelgazamiento de las paredes del gasoducto.	Se realizará el recubrimiento con materiales anticorrosivos de la totalidad de la tubería del gasoducto. Se contará con un	4	4	16	Establecer un programa de inspección de revestimiento anticorrosivo, que incluya la corrección de defectos. Para prevenir la corrosión interna del gasoducto se deberá contemplar el recubrimiento

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
					Sistema de protección catódica.				interno de la tubería. Programar de manera periódica corridas de diablos para verificar la integridad de las tuberías.
			9.2. Los ánodos de sacrificio del sistema de protección catódica, deben de ser sustituidos.	Daño a la estructura mecánica que puede causar fuga y formación de nube explosiva, inflamable.	Se realizará el recubrimiento con materiales anticorrosivos de la totalidad de la tubería del gasoducto. Se contará con un Sistema de protección catódica. En su caso, aplicar mantenimiento mayor y/o substitución de líneas.	4	4	16	Establecer un programa de mantenimiento para el sistema de protección catódica del ducto. Monitorear la efectividad del sistema de protección catódica, mediante el uso de testigos de corrosión. Con el objetivo de determinar si el sistema de protección catódica se encuentra en óptimas condiciones. Se podrá incluir la realización de pruebas de intervalos cerrados En esta técnica, la lectura del suelo-ducto es tomada, sólo que ahora las lecturas son tomadas cada 2 a 15 pies a lo largo de la longitud del ducto. En este sentido, casi todas las interferencias localizadas o actividades potenciales de corrosión son detectadas.
			9.3 Acumulación de humedad en los soportes y anillos de suspensión de los ductos.	El gasoducto puede perder el revestimiento de pintura, debido a la expansión y contracción del mismo.		3	4	12	
Afectación por terceras personas	Además de	10. Daño a la integridad mecánica del	10.1 Utilización de equipos de excavación en	Se puede presentar fuga de GN en las áreas dañadas el	El gasoducto (ruta principal) en su totalidad se construirá	3	4	12	Se deberá establecer un programa de vigilancia de la trayectoria del ducto, con la finalidad de detectar

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
		gasoducto.	áreas cercanas a la trayectoria el ducto.	gasoducto. Con posible explosión al tenerse las condiciones adecuadas de homogeneidad del GN y una fuente de ignición.	de manera subterránea, teniendo profundidades variadas, dependiendo de las condiciones del sitio. Sin embargo, de manera estándar este se encontrará a una profundidad promedio de 1.8 m.				evidencias de fugas, así como amenazas al mismo, tales como equipos de excavación cerca del gasoducto, nuevas construcciones, etc.
			10.2 Tráfico vehicular con vehículos de carga pesada en los cruces con las carreteras Guadalajara – Lagos de Moreno y Zapotlanejo – Guadalajara.	Se puede ocasionar fisura en la tubería del gasoducto, produciendo fuga de GN y explosión al encontrarse con una fuente de ignición.	La cubierta de la zanja donde se colocará el gasoducto será rellena con el material excavado, cuando las condiciones del suelo lo permitan. Para evitar daños con las rocas, la tubería se cubrirá con acolchado. La trayectoria del ducto contara con señalamientos (avisos informativos, preventivos o restrictivos, que indicaran la presencia del ducto y/o referencia kilométrica del desarrollo del ducto. La trayectoria del gasoducto contara con	3	4	12	La señalización a utilizar para señalar la trayectoria y derecho de vía del ducto, debe ser una marca clara y reconocible. Se deberá monitorear en el tráfico vehicular de las carreteras Guadalajara – Lagos de Moreno y Zapotlanejo – Guadalajara, con el objetivo de verificar de manera indirecta el estado del gasoducto.
			10.3 Uso de equipo para agricultura en la trayectoria del gasoducto.	Algunas de las áreas de la trayectoria del gasoducto pasaran por terrenos de cultivo, por lo que el uso de maquinaria puede causar daños en la integridad mecánica del gasoducto.		3	4	12	Es importante monitorear a densidad de población de las Localidades cercanas el Salitre y La Laja, debido a mayor actividad de la población cercana se incrementa la probabilidad de una línea rota. Se deberá establecer sistemas de comunicación para la prevención de accidentes, en el cual se contemple el reporte de actividades de excavación del público general a la empresa, mediante la difusión de un número de emergencia.
			10.4 Se presenta un sismo mayor de 4 grados en la escala Richter	Los movimientos telúricos pueden causar daños y/o fisuras en el ducto, ocasionado fugas de GN.		3	4	12	

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
			10.5 Se efectúa la construcción de postes de teléfono y / o postes para cercas.	La construcción de postes de teléfono, implica la excavación del área por lo que, si estas actividades se realizan en el área circundante a la trayectoria del ducto podrá ocasionarse daño a este.	derecho de vía permanente de 10 m para la operación y mantenimiento del gasoducto. La trayectoria del gasoducto se diseñó para pasar por áreas con población escasa. El Salitre con una población aproximada de 2708 habitantes y La Laja con 3069 habitantes.	3	4	12	Establecer un programa de educación a la población, incluyendo temas como la localización exacta de los ductos, significado de señalización. Procurar que el derecho de vía sea claro y libre de obstáculos. La ruta este indicada claramente, las señales y marcas sean visibles desde cualquier punto del derecho de vía.
Operaciones incorrectas	Además de	11. Potencial de accidentes debido a errores humanos.	11.1 Lectura inadecuada de los dispositivos de seguridad (indicadores de presión)	Incremento de a presión de operación del gasoducto, provocando daños en los sistemas de medición, así como la apertura de las válvulas de regulación de presión.	Se contará con un sistema SCADA, que se compone por hardware, software y estaciones de control para la correcta operación del sistema de transporte de gas natural. Éste permitirá:	3	3	9	Contar con sistemas de seguridad controlados por computadora, que permitan monitorear las variables operativas del sistema como lo es la presión. Capacitar al personal para la operación de los sistemas de seguridad del gasoducto.
			11.2 Deficiente capacitación y adiestramiento de los operadores del gasoducto		- Controlar el corte o apertura de gas a partir de la interconexión. - Censar la posición de las válvulas. - Censar la presión diferencial de los separadores y filtros. - Recibir datos de calidad de gas.	3	3	9	
			11.3 Desconocimiento de las condiciones potenciales en el sistema para alcanzar la máxima presión de operación permisible.			3	4	12	

Mediciones: Frecuencia: 1 a 4; Severidad: 1 a 4; Riesgo potencial: 1 a 16.

ANÁLISIS DE OPERABILIDAD

SESIÓN / HOJA NODO: INTENCIÓN:	II/1.2	FECHA: febrero 2017	SISTEMA: Sistema Gasoducto de Zapotlanejo
	Ruta secundaria (Interconexión Zapotlanejo)		UNIDAD: Sistema Gasoducto de Zapotlanejo
	Abastecer de GN a la "CC Tierra Mojada", la cual tendrá una capacidad instalada de 874.5 MW. Así como entregar GN en la interconexión de gasoducto sur "Interconexión Zapotlanejo"		UBICACIÓN: Municipio de Zapotlanejo, en el estado de Jalisco.
PARÁMETRO:	La ruta secundaria inicia en la obra de interconexión con el ducto administrado por CENAGAS "Apaseo El Alto-El Castillo", coordenada latitud 20° 33' 04.8837" N, longitud 103° 04' 41.6194" O. La ruta tiene una longitud total de 16.821 metros en un solo segmento. La ruta termina en la coordenada latitud 20° 33' 04.3372" N, longitud 103° 04' 41.6440" O, en donde ingresa a la Estación "EMRyC Zapotlanejo"		
	Flujo, presión, temperatura, corrosión, afectación por terceras partes, operaciones incorrectas.		

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
Flujo	No	12. No existe flujo de GN hacia la CC Tierra Mojada.	12.1. La válvula 24"-CVB-600 (de bola paso completo acción gas / aceite), se encuentra cerrada.	No se tendrá abastecimiento de gas en la CC Tierra Mojada. No se podrá efectuar la entrega de GN desde la CC Tierra Mojada en caso de requerirlo.	Verificar el correcto funcionamiento de la válvula 24"-CVB-600.	1	2	2	Establecer programas de mantenimiento correctivo y preventivo que incluya los elementos que conforman el gasoducto. Establecer un canal de comunicación con la compañía operadora del gasoducto Apaseo El Alto-El Castillo (CENEGAS), al

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
			12.2. El filtro de humedad se encuentra tapado.	No se tendrá abastecimiento de gas en la CC Tierra Mojada. No se podrá efectuar la entrega de GN desde la CC Tierra Mojada en caso de requerirlo. La presión del sistema puede aumentar en la sección previa al paso por el filtro por acumulación de GN.	Efectuar la revisión e inspección de los filtros de humedad.	1	2	2	cual se interconectará el Gasoducto Zapotlanejo, a fin de conocer las condiciones o problemas operativos que llegasen a afectar la operación del sistema Zapotlanejo.
			12.3 La válvula de regulación de presión no se encuentra funcionando correctamente.	Pueden presentarse fugas de GN en la válvula.	Incluir en el programa de mantenimiento preventivo la inspección y revisión de las válvulas de regulación de presión.	3	4	12	
Flujo	Menor	13. El flujo suministrado de GN hacia la CC Tierra Mojada no es adecuado.	13.1. La tubería se encuentra obstruida.	El GN se acumula gradualmente y genera una sobrepresión en el sistema que impide un flujo adecuado.	La longitud del gasoducto es de 16.82 m por lo que su supervisión e inspección en caso de fuga se puede realizar de manera rápida.	2	4	8	Someter el sistema de tubería a pruebas de confiabilidad (hermeticidad) antes de manejar el gas. La instalación del sistema de GN debe ser realizada por una
			13.2. Mala interconexión en accesorios del gasoducto.	Fuga de GN y dispersión en la zona. En caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es		3	4	12	

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
				posible provocar una explosión.					compañía especializada en el rubro. Incluir dentro del programa de mantenimiento preventivo a las instalaciones la inspección de los accesorios, con una frecuencia de 6 meses.
			13.3. Daño mecánico en la integridad del gasoducto.	El flujo de GN enviado a la CC Tierra Mojada no es continuo, ya que la presión disminuye. Fuga de GN y dispersión en la zona. En caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión.	Se contará con medidores ultrasónicos dentro de la EMRYC del gasoducto que permitirán monitorear el flujo en GN enviado a la CC Tierra Mojada. Se establecerá un programa de comunicación permanente con personal del CC Tierra Mojada para conocer los requerimientos de GN. El canal de comunicación incluirá la autorización para descargar GN en esa interconexión.	4	4	16	Se deberá implementar y estandarizar un procedimiento para la verificación e inspección del correcto funcionamiento de los elementos que conforman la EMRYC del gasoducto.
			13.4 El flujo de GN suministrado por la Interconexión con Gasoducto	No se tendrá abastecimiento adecuado de GN a la CC Tierra Mojada.	Se contará con medidores ultrasónicos dentro de la EMRYC del gasoducto que permitirán monitorear	2	2	4	Se deberá implementar y estandarizar un procedimiento para la verificación e inspección del correcto funcionamiento de los elementos que conforman la

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
			Apaseo El Alto–El Castillo, no contante.	No se podrá efectuar la entrega de GN desde la CC Tierra Mojada en caso de requerirlo.	el flujo en GN enviado a la CC Tierra Mojada. Se establecerá un programa de comunicación permanente con personal del CC Tierra Mojada para conocer los requerimientos de GN.				EMRyC del gasoducto.
Presión	Mayor	14. El GN recibido en la interconexión, se encuentra a una presión elevada con respecto a las condiciones normales de operación.	14.1 La presión interna del gasoducto aumentara, al suministrarse una cantidad mayor de GN.	Apertura de la válvula de alivio de presión. El GN liberado al en caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión.	La línea de distribución está seccionada por válvulas de control manual para cierre parcial del área.	2	4	8	Implementar un procedimiento de inspección de los elementos que conforman la EMRyC, por lo menos con una frecuencia diaria.
		15. Obstrucción en parte interna del gasoducto, debido impurezas contenidas en el flujo de GN.	15.1. Mal funcionamiento del filtro de humedad, provocando el paso de impurezas en la trayectoria del gasoducto.	Apertura de la válvula de alivio de presión. El GN liberado al en caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión.	Cualquier variación en los parámetros monitoreados será registrada en las bitácoras operativas correspondientes, informando al supervisor en turno y al personal de seguridad, con el objetivo que se tomen las medidas adecuadas.	4	4	16	Establecer programas de mantenimiento correctivo y preventivo que incluya los elementos que conforman la EMRyC. Destinar personal para actividades de seguridad y protección civil, como lo son: formación de brigadas, realizar simulacros, etc.

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
Presión	Menor	16. Se presenta daño en la integridad mecánica del ducto.	16.1. Debido a actividades de excavación en las inmediaciones del mismo.	Se presentan fuga de gas, con riesgo de provocar una explosión en caso de alcanzar una fuente ignición con probables daños al personal expuesto y a las instalaciones.	Se harán patrullajes periódicos a lo largo de todo el trazo del ducto con el fin de observar las condiciones de la superficie sobre el derecho de vía y en las zonas adyacentes, para conocer si hay indicios de fugas, o actividades de construcción iniciadas por terceros o cualquier otra condición que afecte la seguridad y la operación del gasoducto, de tal manera que se puedan iniciar medidas correctivas a la brevedad posible.	4	4	16	Establecer programas de mantenimiento correctivo y preventivo que incluya los elementos que conforman el gasoducto. Se deberá establecer sistemas de comunicación para la prevención de accidentes, en el cual se contemple el reporte de actividades de excavación del público general a la empresa, mediante la difusión de un número de emergencia.
		17. Existe una fuga en las válvulas de regulación de presión, por mal funcionamiento.	17.1. El funcionamiento de la válvula de regulación de presión no es adecuado.	Se presentan fuga de gas, con riesgo de provocar una explosión en caso de alcanzar una fuente ignición con probables daños al personal expuesto y a las instalaciones.	La válvula de regulación 12"-SSREGVB-600, estará asociado a un regulador de presión auto-operado de reserva, identificado como 12"-WMREGVB-600, en caso de falla. Asimismo, se contará con un <i>bypass</i> con un sistema idéntico (Regulador de presión auto-operado con <i>slam</i>	3	4	12	Se deberá supervisar y registrar de manera continua la operación de las válvulas de alivio de presión. Implementar registros de mantenimiento y operación de las de las EMRyC y sus elementos.

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
					shut valve y Regulador de presión auto-operado de reserva) en caso de mantenimiento o falla de los dispositivos.				
Temperatura	Mayor	18. Exceso de temperatura del GN que es transportado a través del gasoducto.	18.1. Incremento sustancial de la temperatura ambiental del sitio de proyecto.	Aumento de la presión interna del GN en el gasoducto.	Se contará con instrumentación adecuada para el monitoreo de temperatura en la trayectoria del gasoducto que serán supervisados de manera continua. El personal encargado del monitoreo y control de las variaciones del proceso se deberá contar con la capacitación adecuada.	2	4	8	Mantener jornadas de capacitación del personal operativo de forma permanente. Supervisar que los conocimientos impartidos en la capacitación sean aplicados en campo tanto en labores de mantenimiento como en la operación, para lo cual se debe calificar el trabajo individual de los operadores y localizar puntos débiles de operación.
				Apertura de las válvulas de alivio de presión, generando fuga masiva de GN.	Se contará con instrumentación adecuada para el monitoreo y control de temperatura en los recipientes de almacenamiento que serán supervisados de manera continua.	2	4	8	
	Menor	19. Decremento de la presión interna en el gasoducto.	19.1 Condiciones ambientales adversas.	Complicaciones en el envío de GN hacia la CC Tierra Mojada.	Se contará con instrumentación adecuada para el monitoreo de	2	2	4	Mantener jornadas de capacitación del personal operativo de forma permanente.

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
				No se podrá efectuar la entrega de GN desde la CC Tierra Mojada en caso de requerirlo.	temperatura en la trayectoria del gasoducto que serán supervisados de manera continua. El personal encargado del monitoreo y control de las variaciones del proceso se deberá contar con la capacitación adecuada.				Supervisar que los conocimientos impartidos en la capacitación sean aplicados en campo tanto en labores de mantenimiento como en la operación, para lo cual se debe calificar el trabajo individual de los operadores y localizar puntos débiles de operación.
Corrosión	Además de	20. Se presenta corrosión interna en algunas secciones de la trayectoria del ducto.	20.1. El sistema de protección catódica no está funcionando correctamente.	Se puede presentar adelgazamiento de las paredes del gasoducto.	Se realizará el recubrimiento con materiales anticorrosivos de la totalidad de la tubería del gasoducto. Se contará con un Sistema de protección catódica.	4	4	16	Establecer un programa de inspección de revestimiento anticorrosivo, que incluya la corrección de defectos. Para prevenir la corrosión interna del gasoducto se deberá contemplar el recubrimiento interno de la tubería.
			20.2. Los ánodos de sacrificio del sistema de protección catódica, deben de ser sustituidos.	Daño a la estructura mecánica que puede causar fuga y formación de nube explosiva, inflamable.	Se realizará el recubrimiento con materiales anticorrosivos de la totalidad de la tubería del gasoducto. Se contará con un Sistema de protección catódica. En su caso, aplicar mantenimiento mayor y/o sustitución de líneas.	4	4	16	Programar de manera periódica corridas de diablos para verificar la integridad de las tuberías. Establecer un programa de mantenimiento para el sistema de protección catódica del ducto. Monitorear la efectividad del sistema de protección catódica, mediante el uso de testigos de corrosión. Con el objetivo de determinar si el sistema de protección catódica se encuentra

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
									en óptimas condiciones. Se podrá incluir la realización de pruebas de intervalos cerrados En esta técnica, la lectura del suelo-ducto es tomada, sólo que ahora las lecturas son tomadas cada 2 a 15 pies a lo largo de la longitud del ducto. En este sentido, casi todas las interferencias localizadas o actividades potenciales de corrosión son detectadas.
			20.3 Acumulación de humedad en los soportes y anillos de suspensión de los ductos.	El gasoducto puede perder el revestimiento de pintura, debido a la expansión y contracción del mismo.		3	4	12	
Afectación por terceras personas	Además de	21. Daño a la integridad mecánica del gasoducto.	21.1 Utilización de equipos de excavación en áreas cercanas a la trayectoria el ducto.	Se puede presentar fuga de GN en las áreas dañadas el gasoducto. Con posible explosión al tenerse las condiciones adecuadas de homogeneidad del GN y una fuente de ignición.	El gasoducto (ruta principal) en su totalidad se construirá de manera subterránea, teniendo profundidades variadas, dependiendo de las condiciones del sitio. Sin embargo, de manera estándar este se encontrará a 4 m de profundidad.	3	4	12	Se deberá establecer un programa de vigilancia de la trayectoria del ducto, con la finalidad de detectar evidencias de fugas, así como amenazas al mismo, tales como equipos de excavación cerca del gasoducto, nuevas construcciones, etc. La señalización a utilizar para señalar la trayectoria y derecho de vía del ducto, debe ser una marca clara y reconocible.
			21.2 Se presenta un sismo mayor de 4 grados en la escala Richter	Los movimientos telúricos pueden causar daños y/o fisuras en el ducto,	La cubierta de la zanja donde se colocará el	3	4	12	Es importante monitorear a

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
				ocasionado figas de GN.	gasoducto será rellenada con el material excavado, cuando las condiciones del suelo lo permitan. Para evitar daños con las rocas, la tubería se cubrirá con acolchado.				densidad de población de las Localidades cercanas el Salitre y La Laja, debido a mayor actividad de la población cercana se incrementa la probabilidad de una línea rota.
			21.3 Se efectúa la construcción de postes de teléfono y / o postes para cercas.	La construcción de postes de teléfono, implica la excavación del área por lo que, si estas actividades se realizan en el área circundante a la trayectoria del ducto podrá ocasionarse daño a este.	La trayectoria del ducto contara con señalamientos (avisos informativos, preventivos o restrictivos, que indicaran la presencia el ducto y/o referencia kilométrica del desarrollo del ducto. La trayectoria del gasoducto contara con derecho de vía permanente de 8 m para la operación y mantenimiento del gasoducto.	3	4	12	Se deberá establecer sistemas de comunicación para la prevención de accidentes, en el cual se contemple el reporte de actividades de excavación del público general a la empresa, mediante la difusión de un número de emergencia. Establecer un programa de educación a la población, incluyendo temas como la localización exacta de los ductos, significado de señalización. Procurar que el derecho de vía sea claro y libre de obstáculos. La ruta este indicada claramente, las señales y marcas sean visibles desde cualquier punto del derecho de vía.
Operaciones incorrectas	Además de	22. Potencial de accidentes debido a errores humanos.	22.1 Lectura inadecuada de los dispositivos de seguridad (indicadores remotos de presión)	Incremento de a presión de operación del gasoducto, provocando daños en los sistemas de medición, así como la apertura de las	Se contará con un sistema SCADA, que se compone por hardware, software y estaciones de control para la correcta operación del sistema	3	3	9	Contar con sistemas de seguridad controlados por computadora, que permitan monitorear las variables operativas del sistema como lo es la presión. Capacitar al personal para la

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
			22.2 Deficiente capacitación y adiestramiento de los operadores del gasoducto	válvulas de regulación de presión.	de transporte de gas natural. Éste permitirá:	3	3	9	operación de los sistemas de seguridad del gasoducto.
			22.3 Desconocimiento de las condiciones potenciales en el sistema para alcanzar la máxima presión de operación permisible.		- Controlar el corte o apertura de gas a partir de la interconexión. - Censar la posición de las válvulas. - Censar la presión diferencial de los separadores y filtros. - Recibir datos de calidad de gas.	3	4	12	

Mediciones: Frecuencia: 1 a 4; Severidad: 1 a 4; Riesgo potencial: 1 a 16.

ANÁLISIS DE OPERABILIDAD

SESIÓN / HOJA NODO: INTENCIÓN:
--

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
Flujo	No	23. No existe flujo de GN hacia la CC Tierra Mojada.	23.1. La válvula 14"-VB-600 (válvula de bola paso de operación manual), se encuentra cerrada.	No se tendrá abastecimiento de gas en la CC Tierra Mojada.	Verificar el correcto funcionamiento de la válvula 14"-VB-600.	1	2	2	Establecer programas de mantenimiento correctivo y preventivo que incluya los elementos que conforman el gasoducto. Establecer un canal de comunicación con CC Tierra Mojada a fin de conocer los requerimientos de GN para la operación de los generadores.
			23.3 La válvula de regulación de presión no se encuentra funcionando correctamente.	Pueden presentarse fugas de GN en la válvula.	Incluir en el programa de mantenimiento preventivo la inspección y revisión de las válvulas de regulación de presión.	3	4	12	
Flujo	Menor	24. El flujo suministrado de GN hacia la CC Tierra Mojada no es adecuado.	24.1. La tubería se encuentra obstruida.	El GN se acumula gradualmente y genera una sobrepresión en el sistema que impide	La CC Tierra Mojada se abastecerá de la ruta primaria y ruta secundaria, siendo que, si uno de los	2	4	8	

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
				un flujo adecuado.	gasoductos no tiene las condiciones adecuadas, el sistema podrá seguir siendo operado con el gasto que ofrece el otro gasoducto.				
			24.2. Mala interconexión en accesorios del gasoducto.	Fuga de GN y dispersión en la zona. En caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión.		3	4	12	Someter el sistema de tubería a pruebas de confiabilidad (hermeticidad) antes de manejar el gas. La instalación del sistema de GN debe ser realizada por una compañía especializada en el rubro. Incluir dentro del programa de mantenimiento preventivo a las instalaciones la inspección de los accesorios, con una frecuencia de 6 meses.
			24.3. Daño mecánico en la integridad del gasoducto.	El flujo de GN enviado a la CC Tierra Mojada no es continuo, ya que la presión disminuye. Fuga de GN y dispersión en la zona. En caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión.	Previo a la entrada de GN a la ruta terciaria, éste habrá pasado por dos EMRyC que permitirán asegurar las condiciones adecuadas de abastecimiento a la CC Tierra Mojada. Se establecerá un programa de comunicación permanente con personal del CC Tierra Mojada para conocer los requerimientos de GN.	4	4	16	Se deberá implementar y estandarizar un procedimiento para la verificación e inspección del correcto funcionamiento de los accesorios que conforman el gasoducto.

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
			24.4 El flujo de GN suministrado, no es constante.	No se tendrá abastecimiento adecuado de GN a la CC Tierra Mojada.	Previo a la entrada de GN a la ruta terciaria, éste habrá pasado por dos EMRyC que permitirán asegurar las condiciones adecuadas de abastecimiento a la CC Tierra Mojada. Se establecerá un programa de comunicación permanente con personal del CC Tierra Mojada para conocer los requerimientos de GN.	2	2	4	Se deberá implementar y estandarizar un procedimiento para la verificación e inspección del correcto funcionamiento de los accesorios que conforman el gasoducto.
Presión	Mayor	25. El GN recibido se encuentra a una presión elevada con respecto a las condiciones normales de operación.	25.1 La presión interna del gasoducto aumentara, al suministrarse una cantidad mayor de GN.	Apertura de la válvula de alivio de presión. El GN liberado al en caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión.	La línea de distribución está seccionada por válvulas de control manual para cierre parcial del área.	2	4	8	Implementar un procedimiento de inspección de los elementos que conforman el gasoducto, por lo menos con una frecuencia diaria.
Presión	Menor	26. Se presenta daño en la integridad mecánica del ducto.	26.1. Debido a actividades de excavación en las inmediaciones del mismo.	Se presentan fuga de gas, con riesgo de provocar una explosión en caso de alcanzar una fuente ignición con probables daños al personal expuesto y a	Se harán patrullajes periódicos a lo largo de todo el trazo del ducto con el fin de observar las condiciones de la superficie sobre el derecho de vía y en las zonas adyacentes, para	4	4	16	Establecer programas de mantenimiento correctivo y preventivo que incluya los elementos que conforman el gasoducto. Se deberá establecer sistemas de comunicación para la prevención

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
				las instalaciones.	conocer si hay indicios de fugas, o actividades de construcción iniciadas por terceros o cualquier otra condición que afecte la seguridad y la operación del gasoducto, de tal manera que se puedan iniciar medidas correctivas a la brevedad posible.				de accidentes, en el cual se contemple el reporte de actividades de excavación del público general a la empresa, mediante la difusión de un número de emergencia.
		27. Existe una fuga en las válvulas de regulación de presión, por mal funcionamiento.	27.1. El funcionamiento de la válvula de regulación de presión no es adecuado.	Se presentan fuga de gas, con riesgo de provocar una explosión en caso de alcanzar una fuente ignición con probables daños al personal expuesto y a las instalaciones.	La válvula de regulación 8"-SSREGVB-600, estará asociado a un regulador de presión auto-operado de reserva, identificado como 8"-WMREGVB-600, en caso de falla. Asimismo, se contará con un <i>bypass</i> con un sistema idéntico (Regulador de presión auto-operado con <i>slam shut valve</i> y Regulador de presión auto-operado de reserva) en caso de mantenimiento o falla de los dispositivos.	3	4	12	Se deberá supervisar y registrar de manera continua la operación de las válvulas de alivio de presión.

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
Temperatura	Mayor	28. Exceso de temperatura del GN que es transportado a través del gasoducto.	28.1. Incremento sustancial de la temperatura ambiental del sitio de proyecto.	Aumento de la presión interna del GN en el gasoducto.	Se contará con instrumentación adecuada para el monitoreo de temperatura en la trayectoria del gasoducto que serán supervisados de manera continua. El personal encargado del monitoreo y control de las variaciones del proceso se deberá contar con la capacitación adecuada.	2	4	8	Mantener jornadas de capacitación del personal operativo de forma permanente. Supervisar que los conocimientos impartidos en la capacitación sean aplicados en campo tanto en labores de mantenimiento como en la operación, para lo cual se debe calificar el trabajo individual de los operadores y localizar puntos débiles de operación.
				Apertura de las válvulas de alivio de presión, generando fuga masiva de GN.	Se contará con instrumentación adecuada para el monitoreo y control de temperatura en los recipientes de almacenamiento que serán supervisados de manera continua.	2	4	8	
	Menor	29. Decremento de la presión interna en el gasoducto.	29.1 Condiciones ambientales adversas.	Complicaciones en el envío de GN hacia la CC Tierra Mojada.	Se contará con instrumentación adecuada para el monitoreo de temperatura en la trayectoria del gasoducto que serán supervisados de manera continua.	2	2	4	Mantener jornadas de capacitación del personal operativo de forma permanente. Supervisar que los conocimientos impartidos en la capacitación sean aplicados en campo tanto en labores de mantenimiento como en la operación, para lo cual se debe calificar el trabajo individual

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
					El personal encargado del monitoreo y control de las variaciones del proceso se deberá contar con la capacitación adecuada.				de los operadores y localizar puntos débiles de operación.
Corrosión	Además de	30. Se presenta corrosión interna en algunas secciones de la trayectoria del ducto.	30.1. El sistema de protección catódica no está funcionando correctamente.	Se puede presentar adelgazamiento de las paredes del gasoducto.	Se realizará el recubrimiento con materiales anticorrosivos de la totalidad de la tubería del gasoducto. Se contará con un Sistema de protección catódica.	4	4	16	Establecer un programa de inspección de revestimiento anticorrosivo, que incluya la corrección de defectos. Para prevenir la corrosión interna del gasoducto se deberá contemplar el recubrimiento interno de la tubería.
			30.2. Los ánodos de sacrificio del sistema de protección catódica, deben de ser sustituidos.	Daño a la estructura mecánica que puede causar fuga y formación de nube explosiva, inflamable.	Se realizará el recubrimiento con materiales anticorrosivos de la totalidad de la tubería del gasoducto. Se contará con un Sistema de protección catódica. En su caso, aplicar mantenimiento mayor y/o sustitución de líneas.	4	4	16	Programar de manera periódica corridas de diablos para verificar la integridad de las tuberías. Establecer un programa de mantenimiento para el sistema de protección catódica del ducto. Monitorear la efectividad del sistema de protección catódica, mediante el uso de testigos de corrosión. Con el objetivo de determinar si el sistema de protección catódica se encuentra en óptimas condiciones. Se podrá incluir la realización de pruebas de intervalos cerrados En esta técnica, la lectura del suelo-

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
									ducto es tomada, sólo que ahora las lecturas son tomadas cada 2 a 15 pies a lo largo de la longitud del ducto. En este sentido, casi todas las interferencias localizadas o actividades potenciales de corrosión son detectadas.
			30.3 Acumulación de humedad en los soportes y anillos de suspensión de los ductos.	El gasoducto puede perder el revestimiento de pintura, debido a la expansión y contracción del mismo.		3	4	12	
Afectación por terceras personas	Además de	31. Daño a la integridad mecánica del gasoducto.	31.1 Utilización de equipos de excavación en áreas cercanas a la trayectoria el ducto.	Se puede presentar fuga de GN en las áreas dañadas el gasoducto. Con posible explosión al tenerse las condiciones adecuadas de homogeneidad del GN y una fuente de ignición.	El gasoducto (ruta principal) en su totalidad se construirá de manera subterránea, teniendo profundidades variadas, dependiendo de las condiciones del sitio. Sin embargo, de manera estándar este se encontrará a 4 m de profundidad.	3	4	12	Se deberá establecer un programa de vigilancia de la trayectoria del ducto, con la finalidad de detectar evidencias de fugas, así como amenazas al mismo, tales como equipos de excavación cerca del gasoducto, nuevas construcciones, etc.
			31.2 Se presenta un sismo mayor de 4 grados en la escala Richter	Los movimientos telúricos pueden causar daños y/o fisuras en el ducto, ocasionado fugas de GN.	La cubierta de la zanja donde se colocará el gasoducto será rellena con el material excavado, cuando las condiciones del suelo lo permitan. Para evitar daños con	3	4	12	La señalización a utilizar para señalar la trayectoria y derecho de vía del ducto, debe ser una marca clara y reconocible. Se deberá establecer sistemas de comunicación para la prevención de accidentes, en el cual se contemple el reporte de actividades de excavación del público general a la empresa,

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
					las rocas, la tubería se cubrirá con acolchado. La trayectoria del ducto contara con señalamientos (avisos informativos, preventivos o restrictivos, que indicaran la presencia el ducto y/o referencia kilométrica del desarrollo del ducto. La trayectoria del gasoducto contara con derecho de vía permanente de 8 m para la operación y mantenimiento del gasoducto.				mediante la difusión de un número de emergencia. Establecer un programa de educación a la población, incluyendo temas como la localización exacta de los ductos, significado de señalización. Procurar que el derecho de vía sea claro y libre de obstáculos. La ruta este indicada claramente, las señales y marcas sean visibles desde cualquier punto del derecho de vía.
Operaciones incorrectas	Además de	32. Potencial de accidentes debido a errores humanos.	32.1 Lectura inadecuada de los dispositivos de seguridad (indicadores remotos de presión)	Incremento de a presión de operación del gasoducto, provocando daños en los sistemas de medición, así como la apertura de las válvulas de regulación de presión.	Se contará con un sistema SCADA, que se compone por hardware, software y estaciones de control para la correcta operación del sistema de transporte de gas natural. Éste permitirá: Controlar el corte o apertura de gas	3	3	9	Contar con sistemas de seguridad controlados por computadora, que permitan monitorear las variables operativas del sistema como lo es la presión. Capacitar al personal para la operación de los sistemas de seguridad del gasoducto.
			32.2 Deficiente capacitación y adiestramiento de los operadores del gasoducto			3	3	9	

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE SEGURIDAD	F	S	GRADO DE RIESGO	(R) RECOMENDACIONES
			32.3 Desconocimiento de las condiciones potenciales en el sistema para alcanzar la máxima presión de operación permisible.		a partir de la interconexión. • Censar la posición de las válvulas. • Censar la presión diferencial de los separadores y filtros. • Recibir datos de calidad de gas.	3	4	12	

Mediciones: Frecuencia: 1 a 4; Severidad: 1 a 4; Riesgo potencial: 1 a 16.

Con el índice de riesgo evaluado, se procede a elaborar la correspondiente matriz para determinar la peligrosidad de cada evento.

Matriz de riesgo por nodos analizados del GAS NATURAL

FRECUENCIA	4	8	12	16 2.3, 4.1, 5.1, 9.1, 9.2, 13.3, 15.1, 16.1, 20.1, 20.2, 24.3, 26.1, 30.1, 30.2
	3	6	9 11.1, 11.2, 22.1, 22.2, 32.1, 32.2	12 1.3, 2.2, 6.1, 9.3, 10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 11.3, 12.3, 17.1, 20.3, 21.1, 21.2, 21.3, 22.3, 24.2, 27.1, 30.3, 31.1, 31.2, 32.3
	2 1.1, 1.2, 12.1, 12.2	4 2.4, 8.1, 13.4, 19.1, 24.4, 29.1	6	8 2.1, 3.1, 7.1, 13.1, 13.2, 14.1, 18.1, 24.1, 25.1, 28.1
	1	2 23.1	3	4
	1	2	3	4
CONSECUENCIA				

Altamente peligroso para el sistema
Peligroso para el sistema
Moderadamente peligroso para el sistema
muy Poco peligroso para el sistema

Las causales de la desviación serán disminuidas en su posibilidad de ocurrencia con la debida aplicación técnica y económica del programa de mantenimiento y una política corporativa de capacitación periódica, cumplimiento estricto de dichos programas, combinando la capacitación y responsabilidad del personal de estación.

En resumen, los eventos que representan un riesgo altamente peligroso para el “Sistema Gasoducto de Zapotlanejo”, los cuales se encuentran en índices de riesgo con valores de 16, se describen en la siguiente tabla:

GAS NATURAL

DESVIACIÓN DESCRIPCIÓN	No.	POSIBLES CAUSAS	EFECTO
El flujo suministrado de GN hacia la CC Tierra Mojada no es adecuado.	2.3	El flujo de GN enviado a la CC Tierra Mojada no es continuo, ya que la presión disminuye. Fuga de GN y dispersión en la zona. En caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión.	El flujo de GN enviado a la CC Tierra Mojada no es continuo, ya que la presión disminuye. Fuga de GN y dispersión en la zona. En caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión.
Obstrucción en parte interna del gasoducto, debido a impurezas contenidas en el flujo de GN.	4.1,	Mal funcionamiento del filtro de humedad, provocando el paso de impurezas en la trayectoria del gasoducto.	Apertura de la válvula de alivio de presión. El GN liberado al en caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión.
Se presenta daño en la integridad mecánica del ducto.	5.1,	Debido a actividades de excavación en las inmediaciones del mismo.	Se presentan fuga de gas, con riesgo de provocar una explosión en caso de alcanzar una fuente ignición con probables daños al personal expuesto y a las instalaciones.
Se presenta corrosión interna en algunas secciones de la trayectoria del ducto.	9.1,	El sistema de protección catódica no está funcionando correctamente.	Se puede presentar adelgazamiento de las paredes del gasoducto.
	9.2,	Los ánodos de sacrificio del sistema de protección catódica, deben de ser sustituidos.	Se realizará el recubrimiento con materiales anticorrosivos de la totalidad de la tubería del gasoducto. Se contará con un Sistema de protección catódica. En su caso, aplicar mantenimiento mayor y/o sustitución de líneas.
El flujo suministrado de GN hacia la CC Tierra Mojada no es adecuado.	13.3,	Daño mecánico en la integridad del gasoducto.	El flujo de GN enviado a la CC Tierra Mojada no es continuo, ya que la presión disminuye. Fuga de GN y dispersión en la zona. En caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión.
Obstrucción en parte interna del gasoducto, debido a impurezas contenidas en el flujo de GN.	15.1,	Mal funcionamiento del filtro de humedad, provocando el paso de impurezas en la trayectoria del gasoducto.	Apertura de la válvula de alivio de presión. El GN liberado al en caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión.
Se presenta daño en la integridad mecánica del ducto.	16.1,	Debido a actividades de excavación en las inmediaciones del mismo.	Se presentan fuga de gas, con riesgo de provocar una explosión en caso de alcanzar una fuente ignición con probables daños al personal expuesto y a las instalaciones.

DESVIACIÓN DESCRIPCIÓN	No.	POSIBLES CAUSAS	EFFECTO
Se presenta corrosión interna en algunas secciones de la trayectoria del ducto.	20.1.	El sistema de protección catódica no está funcionando correctamente.	Se puede presentar adelgazamiento de las paredes del gasoducto.
	20.2.	Los ánodos de sacrificio del sistema de protección catódica, deben de ser sustituidos.	Daño a la estructura mecánica que puede causar fuga y formación de nube explosiva, inflamable.
El flujo suministrado de GN hacia la CC Tierra Mojada no es adecuado.	24.3.	Daño mecánico en la integridad del gasoducto.	El flujo de GN enviado a la CC Tierra Mojada no es continuo, ya que la presión disminuye. Fuga de GN y dispersión en la zona. En caso de existir condiciones ideales de homogeneidad y en presencia de una fuente de ignición es posible provocar una explosión.
	26.1.	Debido a actividades de excavación en las inmediaciones del mismo.	Se presentan fuga de gas, con riesgo de provocar una explosión en caso de alcanzar una fuente ignición con probables daños al personal expuesto y a las instalaciones.
Se presenta corrosión interna en algunas secciones de la trayectoria del ducto.	30.1.	El sistema de protección catódica no está funcionando correctamente.	Se puede presentar adelgazamiento de las paredes del gasoducto.
	30.2	Los ánodos de sacrificio del sistema de protección catódica, deben de ser sustituidos.	Daño a la estructura mecánica que puede causar fuga y formación de nube explosiva, inflamable.

En materia de riesgo ambiental, la formación de una nube explosiva de GN y su subsecuente detonación, se establece como un suceso extremadamente peligroso, en donde la severidad del riesgo es elevada (Valor = 4), considerándose lo siguiente:

VALOR	CLASE	GRAVEDAD O CONSECUENCIAS	
		PARA LA VIDA Y LA SALUD	PARA EL MEDIO AMBIENTE
4	CATASTRÓFICO Extremadamente peligroso	Muerte o lesiones fatales	Pérdidas de especies y subespecies

La probabilidad específica de estos eventos tiene un valor de 3, conforme lo siguiente:

VALOR DE FRECUENCIA	ORDEN DE LA MAGNITUD	PROBABILIDAD O FRECUENCIA
3	1% de probabilidad por año	Probable, Grandes posibilidades de ocurrencia, probabilidad de ocurrencia entre un 10 al 100%
4	10% de probabilidad por año	Altamente probable, tiene una posibilidad de ocurrencia del 100%

El riesgo específico de estos eventos es:

$$R = F \times C = 4 \times 4 = 16$$

(Eventos 2.3, 4.1, 5.1, 9.1, 9.2, 13.3, 15.1, 16.1, 20.1, 20.2, 24.3, 26.1, 30.1, 30.2)

Un **Índice de Riesgo** con valor de **16**, según la Matriz de Interacciones se encuentra catalogado como:

ALTAMENTE PELIGROSO PARA EL SISTEMA

Considerando los criterios encontrados en el análisis HAZOP y What if...?, los riesgos identificados para el Gasoducto, en orden ascendente en cuanto a la posibilidad de afectaciones producidas son:

Nota: Los escenarios de riesgo se plantearon sobre el trayecto de la tubería principal, debido a que, al ser de mayor longitud, incrementa la probabilidad de daño a la misma.

- A.** Daños a la estructura de la tubería por actividades realizadas por terceras personas, ya sea por desconocimiento de la ubicación de la tubería.

Situación	Incidente inesperado
El daño a la tubería se supondrá por excavación en área cercana al gasoducto de la Interconexión Guadalajara (ruta principal), estando el sitio cercano al cruce con la carretera Guadalajara – Lagos de Moreno, suponiendo trabajos de mantenimiento en dicha carretera. Coordenada de punto de daño a la tubería: 20°36'30.96"N, 103°6'38.64"O (UTM 13Q 2279974.14 m N, 696883.57 m E)	Incendio, explosión

- B.** La posible corrosión de la tubería como producto de fallas generales del sistema de protección catódica.

Situación	Incidente inesperado
Se supone fuga de GN debido a adelgazamiento de la tubería del ducto, causada por corrosión y fallas generales al sistema de protección catódica.	Incendio, explosión
Coordenada de punto de daño a la tubería (ruta principal) 20°35'58.50"N, 103°6'6.60"O (UTM 13Q 2278986.67 m N, 697822.95 m E)	

- C. Fuga a través de un orificio del 20% del diámetro nominal de la tubería del gasoducto.

Situación	Incidente inesperado
Se prevé la fuga de GN por un orificio de 20%, causado por daño a la tubería del gasoducto por actividades de excavación. El sitio del daño se encuentra cercano a la carretera Guadalajara–Atacomulco.	Incendio, explosión
Coordenada de punto de daño a la tubería (ruta principal) 20°34'56.68"N, 103° 5'41.02"O (UTM 13Q 2277094.12 m N, 698585.92 m E)	

- D. Ruptura total del gasoducto de 14" de diámetro.

Situación	Incidente inesperado
Se supondrá rotura total del gasoducto con fuga masiva de GN, causada por un sismo de magnitud elevada.	Incendio, explosión
Coordenada de punto de daño a la tubería (ruta principal) 20°33'47.79"N, 103°4'50.78"O (UTM 13Q 2274992.56 m N, 700065.87 m E)	

Nota: Este evento es de poca probabilidad, sin embargo, se simulará como parte de los requerimientos establecidos en la Guía para la Presentación del Estudio de Riesgo Modalidad Ductos Terrestres de la SEMARNAT.

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

II.1. RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

La determinación de los radios de afectación se dará a través de la aplicación de modelos matemáticos de simulación, del o los eventos máximos probables de riesgo identificados. Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, se utilizaron los criterios que se indican a continuación:

Características físicas y químicas de los combustibles Gas Natural

PRODUCTO	LÍMITES DE EXPLOSIVIDAD	PRESIÓN DE VAPOR [lb/pulg ²]	PESO MOLECULAR	TEMPERATURA DE EBULLICIÓN [°C]
Gas Natural (Metano)	L.I. 4.5% L.S. 14.5%	---	18.2	- 160 °C

N.D. No disponible

Fuente hoja de seguridad

Criterios para definir las zonas de alto riesgo y amortiguamiento de la instalación

ZONA	INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)	EXPLOSIÓN (SOBREPRESIÓN)
Zona de Alto Riesgo	5 KW/m ² ó 1,600 BTU/Pie ² h	1.0 lb/pulg ²
Zona de Amortiguamiento	1.4 KW/m ² ó 440 BTU/Pie ² h	0.5 lb/pulg ²

1. En modelaciones por toxicidad, se consideraron las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, se utilizó Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s.
2. Para el caso de simulaciones por explosividad, se consideró en la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento el 10% de la energía total liberada.

Conforme a las instrucciones descritas, se realiza la simulación de eventos a partir de la información proporcionada, respecto a su diseño operativo. El simulador empleado para los eventos es el Simulador de Contaminación y Riesgos en Industrias (SCRI) v. 1.4 elaborado por Dinámica Heurística, S. A. de C. V.

Este tipo de modelaciones favorecerá al personal encargado de la seguridad para concentrar sus actividades de planificación sobre los riesgos específicos de un incidente.

El propósito fundamental es suministrar al personal de planeación, métodos integrados para evaluar el riesgo de la dispersión de una nube tóxica e incendio relacionado con el manejo y distribución de materiales peligrosos.

El programa no sólo aumenta el conocimiento de las características de eventos y riesgos de accidentes potenciales, sino proporciona las bases para la planeación de emergencias.

Las evaluaciones del procesador se presentan en el **Anexo IV**, mientras que en las páginas siguientes se citan las síntesis de los diferentes escenarios y las memorias de cálculo soporte de los mismos.

Es importante señalar que las simulaciones que se presentan fueron realizadas observando las condiciones climatológicas y meteorológicas extremas del sitio en estudio, así como las propiedades específicas de la sustancia estudiada. La importancia de esta observación radica en el hecho de que, en caso presentarse alguno de los eventos definidos, no significa que se presentará el comportamiento que se determinó con la simulación, ya que las condiciones pueden ser completamente diferentes y pueden generar situaciones de menor riesgo.

- A.** Daños a la estructura de la tubería por actividades realizadas por terceras personas, ya sea por desconocimiento de la ubicación de la tubería.

Situación Hipotética	Incidente inesperado	Clave de identificación
El daño a la tubería se supondrá por excavación en área cercana al gasoducto de la Interconexión Guadalajara (ruta principal), estando el sitio cercano al cruce con la carretera Guadalajara – Lagos de Moreno, suponiendo trabajos de mantenimiento en dicha carretera. Coordenada de punto de daño a la tubería: 20°34'7.16"N, 103° 6'4.90"O (UTM 13Q 2275563.00 m N, 697912.00 m E) La fuga se manifiesta en el cuerpo del gasoducto por fisura equivalente a 1" de diámetro, presentándose riesgo de explosión por acumulación del material fugado al entrar en contacto con una fuente de ignición. Al ser detectada, se ponen en funcionamiento el plan de emergencia para "taponar" la fuga; para controlar la fuga transcurre un tiempo de 5 minutos.	Explosión	RSG-001

Consideraciones primarias

Es muy importante mencionar los siguientes aspectos considerados en la determinación del evento de riesgo:

Para la simulación del evento de riesgo, se empleó el modelo de Jet Fire (Chorro de fuego) y sobrepresión provocada por nubes explosivas, del programa *Simulador de Contaminación y Riesgos en Industrias (SCRI) v. 1.4* elaborado por *Dinámica Heurística, S.A. de C. V.*

En resumen, se consideran las siguientes suposiciones inherentes al modelo:

1. El modelo de Chorro de fuego (Jet Fire), se utilizó para calcular la tasa de emisión de gas natural, emitida por la fisura provocada en el gasoducto.
2. Se considera que el GN se encuentra a la temperatura ambiente.
3. La masa del material explosivo es comparada contra una carga equivalente de Trinitrotolueno (TNT).
4. Los efectos de obstáculos y del terreno no son considerados.
5. La explosión de una nube de gas no confinada (*Unconfined Vapor Cloud Explosion*), después de la fuga, el gas se dispersa, forma una nube de gas, y que al ser arrastrada por el viento viaja hasta encontrar una fuente de ignición, se generará una explosión de una nube de gas no confinada, causando daños severos a las instalaciones.

Modelación de CHORRO DE FUEGO y NUBE EXPLOSIVA / GN

Los datos considerados en la aplicación del modelo, son los siguientes:

Gasto de GN en gasoducto: $420 \times 10^6 \text{ ft}^3/\text{día} = 11,916,502.5 \text{ m}^3/\text{día}$

Temperatura de ebullición: $-160^\circ\text{C} = 113.15 \text{ K}$

Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas –Gas Natural Elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica.

Temperatura ambiente: $19.5^\circ\text{C} = 292.65 \text{ K}$

Presión interna del gasoducto: $670 \text{ psig} = 4,720.825 \text{ kPa}$

Peso molecular: 18.2

Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas –Gas Natural Elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica.

Relación de calor específico: 1.3

Densidad de los vapores (aire =1) @ 15.5°C : 0.61 (más ligero que el aire)

Densidad del líquido (agua=1) @ $0-4^\circ\text{C}$: 0.554

Calor de vaporización:	509,353.45055 J/kg
Diámetro de descarga:	0.0254 m
Coefficiente de descarga del orificio:	0.63

ESTIMACIÓN DE TASA DE DESCARGA GAS

Resultados:

Tasa de emisión = 2.6008 kg/s (se calculó utilizando el simulador SCRI, utilizando el modelo de Jet Fire / Chorro de fuego)

Duración de la descarga = 300 segundos (5 minutos)

Cantidad descargada = 780.24 kg

Estado del material = Gas

Cantidad total descargada: **780.24 kg**

IMPORTANTE: La simulación se realizó considerando la cantidad descargada en un período de 5 minutos, estimándose como el tiempo pertinente para realizar el control de la emergencia (supresión de fuga).

El resumen de resultados de simulación de accidentes y la síntesis del escenario de riesgo (radios en metros), se presentan a continuación:

ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS

PROYECTO:	Sistema Gasoducto de Zapotlanejo.	LOCALIZACIÓN:	Municipio de Zapotlanejo, Jalisco.
UNIDAD / ÁREA:	Coordenada de punto de daño a la tubería: 20°34'7.16"N, 103° 6'4.90"O (UTM 13Q 2275563.00 m N, 697912.00 m E)		
DESCRIPCIÓN DEL RIESGO:	El daño a la tubería se supondrá por excavación en área cercana al gasoducto de la Interconexión Guadalajara (ruta principal), estando el sitio cercano al cruce con la carretera Guadalajara – Lagos de Moreno, suponiendo trabajos de mantenimiento en dicha carretera.		
NO. DE RIESGO:	RSG-001		

DATOS FISCO QUÍMICOS

NOMBRE:	GN	STEL:	N.D.
PRESIÓN DE OPERACIÓN:	273 bar	IDLH:	N.D.
FORMULA:	CH ₄ + C ₂ H ₆ + C ₃ H ₈	TLV:	N.D.

PUNTO DE EBULLICIÓN:	- 160 °C	PESO MOLECULAR:	18.2
-----------------------------	----------	------------------------	------

RESUMEN DE RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE ACCIDENTES			
RAPIDEZ DE DESCARGA DEL FLUIDO.		INFLAMABILIDAD.	
FLUJO:	2.6008 kg/s	RADIO AFECTADO:	18.69 m
DURACIÓN:	300 s	Longitud de flama:	4.98 m
TOTAL DESCARGADO:	780.24 kg		
		Zona de alto riesgo (5 Kw/m²):	18.69 m
EXPLOSIVIDAD		Zona de amortiguamiento (1.4 Kw/m²):	34.59 m
Zona de alto riesgo (1.0 psi)	166.23 m		
Zona de amortiguamiento (0.5 psi)	282.57 m		

SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros)		
	Inflamabilidad	Explosividad
	(5, 1.4 Kw/m²)	(1.0, 0.5 psi)
Zona de alto riesgo	18.69 m	166.23 m
Zona de amortiguamiento	34.59 m	282.57 m

OBSERVACIONES:	
Se consideró lo siguiente: Velocidad máxima del viento =2.5 m/s Dirección del viento dominantes = N/SO Humedad relativa promedio: 22%	
MODELO:	GETC
AUTORIZO:	LMV

- B. La posible corrosión de la tubería como producto de fallas generales del sistema de protección catódica.

Situación Hipotética	Incidente inesperado
Se supone fuga de GN debido a adelgazamiento de la tubería del ducto, causada por corrosión y fallas generales al sistema de protección catódica. Coordenada de punto de daño a la tubería (ruta principal) 20°34'6.73"N, 103° 5'23.68"O (UTM 13Q 2275564.00 m N, 699106.00 m E) La fuga se manifiesta en el cuerpo del gasoducto por fisura equivalente a 2" de diámetro, presentándose riesgo de explosión por acumulación del material fugado al entrar en contacto con una fuente	Incendio, Explosión

Situación Hipotética	Incidente inesperado
de ignición. Al ser detectada, se ponen en funcionamiento el plan de emergencia para “taponar” la fuga; para controlar la fuga transcurre un tiempo de 5 minutos.	

Consideraciones primarias

Es muy importante mencionar los siguientes aspectos considerados en la determinación del evento de riesgo:

Para la simulación del evento de riesgo, se empleó el modelo de Jet Fire (Chorro de fuego) y sobrepresión provocada por nubes explosivas, del programa *Simulador de Contaminación y Riesgos en Industrias (SCRI) v. 1.4 elaborado por Dinámica Heurística, S.A. de C. V.*

En resumen, se consideran las siguientes suposiciones inherentes al modelo:

6. El modelo de Chorro de fuego (Jet Fire), se utilizó para calcular la tasa de emisión de gas natural, emitida por la fisura provocada en el gasoducto.
7. Se considera que el GN se encuentra a la temperatura ambiente.
8. La masa del material explosivo es comparada contra una carga equivalente de Trinitrotolueno (TNT).
9. Los efectos de obstáculos y del terreno no son considerados.
10. La explosión de una nube de gas no confinada (*Unconfined Vapor Cloud Explosion*), después de la fuga, el gas se dispersa, forma una nube de gas, y que al ser arrastrada por el viento viaja hasta encontrar una fuente de ignición, se generará una explosión de una nube de gas no confinada, causando daños severos a las instalaciones.

Modelación de CHORRO DE FUEGO y NUBE EXPLOSIVA / GN

Los datos considerados en la aplicación del modelo, son los siguientes:

Gasto de GN en gasoducto:	$420 \times 10^6 \text{ ft}^3/\text{día} = 11,916,502.5 \text{ m}^3/\text{día}$
Temperatura de ebullición:	$-160 \text{ °C} = 113.15 \text{ K}$
Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas –Gas Natural Elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica.	
Temperatura ambiente:	$19.5 \text{ °C} = 292.65 \text{ K}$
Presión interna del gasoducto:	$670 \text{ psig} = 4,720.825 \text{ kPa}$
Peso molecular:	18.2

Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas –Gas Natural Elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica.

Relación de calor específico:	1.3
Densidad de los vapores (aire =1) @ 15.5°C:	0.61 (más ligero que el aire)
Densidad del líquido (agua=1) @ 0-4°C:	0.554
Calor de vaporización:	509,353.45055 J/kg
Diámetro de descarga:	0.0508 m
Coeficiente de descarga del orificio:	0.63

ESTIMACIÓN DE TASA DE DESCARGA GAS

Resultados:

Tasa de emisión =	10.4034 kg/s se calculó utilizando el simulador SCRI, utilizando el modelo de Jet Fire / Chorro de fuego)
Duración de la descarga =	300 segundos (5 minutos)
Cantidad descargada =	3,121.02 kg
Estado del material =	Gas
Cantidad total descargada:	3,121.02 kg

IMPORTANTE: La simulación se realizó considerando la cantidad descargada en un período de 5 minutos, estimándose como el tiempo pertinente para realizar el control de la emergencia (supresión de fuga).

El resumen de resultados de simulación de accidentes y la síntesis del escenario de riesgo (radios en metros), se presentan a continuación:

ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS

PROYECTO:	Sistema Gasoducto de Zapotlanejo.	LOCALIZACIÓN:	Municipio de Zapotlanejo, Jalisco.
UNIDAD / ÁREA:	Coordenada de punto de daño a la tubería (ruta principal) 20°34'6.73"N, 103° 5'23.68"O (UTM 13Q 2275564.00 m N, 699106.00		

DESCRIPCIÓN DEL RIESGO:	m E) Se supone fuga de GN debido a adelgazamiento de la tubería del ducto, causada por corrosión y fallas generales al sistema de protección catódica.
NO. DE RIESGO:	RSG-002

DATOS FISCO QUÍMICOS			
NOMBRE:	GN	STEL:	N.D.
PRESIÓN DE OPERACIÓN:	273 bar	IDLH:	N.D.
FORMULA:	CH ₄ + C ₂ H ₆ + C ₃ H ₈	TLV:	N.D.
PUNTO DE EBULLICIÓN:	- 160 °C	PESO MOLECULAR:	18.2

RESUMEN DE RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE ACCIDENTES			
RAPIDEZ DE DESCARGA DEL FLUIDO.		INFLAMABILIDAD.	
FLUJO:	10.4034 kg/s	RADIO AFECTADO:	36.82 m
DURACIÓN:	300 s	Longitud de flama:	10.12 m
TOTAL DESCARGADO:	3,121.02 kg		
		Zona de alto riesgo (5 Kw/m ²):	36.82 m
EXPLOSIVIDAD		Zona de amortiguamiento (1.4 Kw/m ²):	68.16 m
Zona de alto riesgo (1.0 psi)	263.88 m		
Zona de amortiguamiento (0.5 psi)	448.55 m		

SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros)		
	Inflamabilidad	Explosividad
	(5, 1.4 Kw/m ²)	(1.0, 0.5 psi)
Zona de alto riesgo	36.82 m	263.88 m
Zona de amortiguamiento	68.16 m	448.55 m

OBSERVACIONES:	
Se consideró lo siguiente: Velocidad máxima del viento =2.5 m/s Dirección del viento dominantes = N/SO Humedad relativa promedio: 22%	
MODELO:	GETC
AUTORIZO:	LMV

- C. La posible corrosión de la tubería como producto de fallas generales del sistema de protección catódica.

Situación Hipotética	Incidente inesperado
Se prevé la fuga de GN por un orificio de 20%, causado por daño a la tubería del gasoducto por actividades de excavación. El sitio del daño se encuentra cercano a la carretera Guadalajara – Atlacomulco. Coordenada de punto de daño a la tubería (ruta principal) 20°34'8.95"N, 103° 4'57.14"O (UTM 13Q 2275641.00 m N, 699874.00 m E) La fuga se manifiesta en el cuerpo del gasoducto por fisura equivalente a 3" (0.0762 m) de diámetro, presentándose riesgo de explosión por acumulación del material fugado al entrar en contacto con una fuente de ignición. Al ser detectada, se ponen en funcionamiento el plan de emergencia para "taponar" la fuga; para controlar la fuga transcurre un tiempo de 5 minutos.	Incendio, Explosión

Consideraciones primarias

Es muy importante mencionar los siguientes aspectos considerados en la determinación del evento de riesgo:

Para la simulación del evento de riesgo, se empleó el modelo de Jet Fire (Chorro de fuego) y sobrepresión provocada por nubes explosivas, del programa *Simulador de Contaminación y Riesgos en Industrias (SCRI) v. 1.4* elaborado por *Dinámica Heurística, S.A. de C. V.*

En resumen, se consideran las siguientes suposiciones inherentes al modelo:

1. El modelo de Chorro de fuego (Jet Fire), se utilizó para calcular la tasa de emisión de gas natural, emitida por la fisura provocada en el gasoducto.
2. Se considera que el GN se encuentra a la temperatura ambiente.
3. La masa del material explosivo es comparada contra una carga equivalente de Trinitrotolueno (TNT).
4. Los efectos de obstáculos y del terreno no son considerados.
5. La explosión de una nube de gas no confinada (*Unconfined Vapor Cloud Explosion*), después de la fuga, el gas se dispersa, forma una nube de gas, y que al ser arrastrada por el viento viaja hasta encontrar una fuente de ignición, se generará una explosión de una nube de gas no confinada, causando daños severos a las instalaciones.

Modelación de CHORRO DE FUEGO y NUBE EXPLOSIVA / GN

Los datos considerados en la aplicación del modelo, son los siguientes:

Gasto de GN en gasoducto: $420 \times 10^6 \text{ ft}^3/\text{día} = 11,916,502.5 \text{ m}^3/\text{día}$

Temperatura de ebullición:	- 160 °C = 113.15 K
Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas –Gas Natural Elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica.	
Temperatura ambiente:	19.5 °C = 292.65 K
Presión interna del gasoducto:	670 psig = 4,720.825 kPa
Peso molecular:	18.2
Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas –Gas Natural Elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica.	
Relación de calor específico:	1.3
Densidad de los vapores (aire =1) @ 15.5°C:	0.61 (más ligero que el aire)
Densidad del líquido (agua=1) @ 0-4°C:	0.554
Calor de vaporización:	509,353.45055 J/kg
Diámetro de descarga:	0.0762 m
Coeficiente de descarga del orificio:	0.63

ESTIMACIÓN DE TASA DE DESCARGA GAS

Resultados:

Tasa de emisión =	23.2848 kg/s se calculó utilizando el simulador SCRI, utilizando el modelo de Jet Fire / Chorro de fuego)
Duración de la descarga =	300 segundos (5 minutos)
Cantidad descargada =	6,985.44 kg
Estado del material =	Gas
Cantidad total descargada:	6,985.44 kg

IMPORTANTE: La simulación se realizó considerando la cantidad descargada en un período de 5 minutos, estimándose como el tiempo pertinente para realizar el control de la emergencia (supresión de fuga).

El resumen de resultados de simulación de accidentes y la síntesis del escenario de riesgo (radios en metros), se presentan a continuación:

ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS

PROYECTO:	Sistema Gasoducto de Zapotlanejo.	LOCALIZACIÓN:	Municipio de Zapotlanejo, Jalisco.
UNIDAD / ÁREA:	Coordenada de punto de daño a la tubería (ruta principal) 20°34'8.95"N, 103° 4'57.14"O (UTM 13Q 2275641.00 m N, 699874.00 m E)		
DESCRIPCIÓN DEL RIESGO:	Se prevé la fuga de GN por un orificio de 20%, causado por daño a la tubería del gasoducto por actividades de excavación. El sitio del daño se encuentra cercano a la carretera Guadalajara – Atlacomulco.		
NO. DE RIESGO:	RSG-003		

DATOS FISCO QUÍMICOS

NOMBRE:	GN	STEL:	N.D.
PRESIÓN DE OPERACIÓN:	273 bar	IDLH:	N.D.
FORMULA:	CH ₄ + C ₂ H ₆ + C ₃ H ₈	TLV:	N.D.
PUNTO DE EBULLICIÓN:	- 160 °C	PESO MOLECULAR:	18.2

RESUMEN DE RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE ACCIDENTES

RAPIDEZ DE DESCARGA DEL FLUIDO.		INFLAMABILIDAD.	
FLUJO:	23.2848 kg/s	RADIO AFECTADO:	54.13 m
DURACIÓN:	300 s	Longitud de flama:	15.15 m
TOTAL DESCARGADO:	6,985.44 kg		
		Zona de alto riesgo (5 Kw/m ²):	54.13 m
EXPLOSIVIDAD		Zona de amortiguamiento (1.4 Kw/m ²):	100.21 m
Zona de alto riesgo (1.0 psi)	345.17 m		
Zona de amortiguamiento (0.5 psi)	586.74 m		

SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros)

	Inflamabilidad	Explosividad
	(5, 1.4 kw/m ²)	(1.0, 0.5 psi)
Zona de alto riesgo	54.13 m	345.17 m
Zona de amortiguamiento	100.21 m	586.74 m

OBSERVACIONES:

Se consideró lo siguiente: Velocidad máxima del viento =2.5 m/s Dirección del viento dominantes = N/SO Humedad relativa promedio: 22%			
MODELO:	GETC	AUTORIZO:	LMV

- D.** La posible corrosión de la tubería como producto de fallas generales del sistema de protección catódica.

Situación Hipotética	Incidente inesperado
Se supondrá rotura total del gasoducto con fuga masiva de GN, causada por un sismo de magnitud elevada. Coordenada de punto de daño a la tubería (ruta principal) 20°33'47.79"N, 103°4'50.78"O (UTM 13Q 2274992.56 m N, 700065.87 m E) La fuga se manifiesta en el cuerpo del gasoducto por ruptura total del mismo, originada por un daño mecánico, presentándose riesgo de explosión por acumulación del material fugado al entrar en contacto con una fuente de ignición.	Incendio, Explosión

Consideraciones primarias

Es muy importante mencionar los siguientes aspectos considerados en la determinación del evento de riesgo:

Para la simulación del evento de riesgo, se empleó el modelo de Jet Fire (Chorro de fuego) y sobrepresión provocada por nubes explosivas, del programa *Simulador de Contaminación y Riesgos en Industrias (SCRI) v. 1.4 elaborado por Dinámica Heurística, S.A. de C. V.*

En resumen, se consideran las siguientes suposiciones inherentes al modelo:

6. El modelo de Chorro de fuego (Jet Fire), se utilizó para calcular la tasa de emisión de gas natural, emitida por la fisura provocada en el gasoducto.
7. Se considera que el GN se encuentra la temperatura ambiente.
8. La masa del material explosivo es comparada contra una carga equivalente de Trinitrotolueno (TNT).
9. Los efectos de obstáculos y del terreno no son considerados.
10. La explosión de una nube de gas no confinada (*Unconfined Vapor Cloud Explosion*), después de la fuga, el gas se dispersa, forma una nube de gas, y que al ser arrastrada

por el viento viaja hasta encontrar una fuente de ignición, se generará una explosión de una nube de gas no confinada, causando daños severos a las instalaciones.

Modelación de CHORRO DE FUEGO y NUBE EXPLOSIVA / GN

Los datos considerados en la aplicación del modelo, son los siguientes:

Gasto de GN en gasoducto:	$420 \times 10^6 \text{ ft}^3/\text{día} = 11,916,502.5 \text{ m}^3/\text{día}$
Temperatura de ebullición:	$-160^\circ\text{C} = 113.15 \text{ K}$
Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas –Gas Natural Elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica.	
Temperatura ambiente:	$19.5^\circ\text{C} = 292.65 \text{ K}$
Presión interna del gasoducto:	$670 \text{ psig} = 4,720.825 \text{ kPa}$
Peso molecular:	18.2
Valor tomado de la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas –Gas Natural Elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica.	
Relación de calor específico:	1.3
Densidad de los vapores (aire =1) @ 15.5°C :	0.61 (más ligero que el aire)
Densidad del líquido (agua=1) @ $0-4^\circ\text{C}$:	0.554
Calor de vaporización:	509,353.45055 J/kg
Diámetro de descarga:	$24'' = 0.6096 \text{ m}$
Coeficiente de descarga del orificio:	0.63

ESTIMACIÓN DE TASA DE DESCARGA GAS

Resultados:

Tasa de emisión =	1,500.0498 kg/s se calculó utilizando el simulador SCRI, utilizando el modelo de Jet Fire / Chorro de fuego)
Duración de la descarga =	300 segundos (5 minutos)
Cantidad descargada =	450,014.94 kg
Estado del material =	Gas

Cantidad total descargada: **450,014.94 kg**

IMPORTANTE: La simulación se realizó considerando la cantidad descargada en un período de 5 minutos, estimándose como el tiempo pertinente para realizar el control de la emergencia (supresión de fuga).

El resumen de resultados de simulación de accidentes y la síntesis del escenario de riesgo (radios en metros), se presentan a continuación:

ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS

PROYECTO:	Sistema Gasoducto de Zapotlanejo.	LOCALIZACIÓN:	Municipio de Zapotlanejo, Jalisco.
UNIDAD / ÁREA:	Coordenada de punto de daño a la tubería (ruta principal) 20°33'47.79"N, 103° 4'50.78"O (UTM 13Q 2274992.56 m N, 700065.87 m E)		
DESCRIPCIÓN DEL RIESGO:	Se supondrá rotura total del gasoducto con fuga masiva de GN, causada por un sismo de magnitud elevada.		
NO. DE RIESGO:	RSG-004		

DATOS FISCO QUÍMICOS

NOMBRE:	GN	STEL:	N.D.
PRESIÓN DE OPERACIÓN:	273 bar	IDLH:	N.D.
FORMULA:	CH ₄ + C ₂ H ₆ + C ₃ H ₈	TLV:	N.D.
PUNTO DE EBULLICIÓN:	- 160 °C	PESO MOLECULAR:	18.2

RESUMEN DE RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE ACCIDENTES

RAPIDEZ DE DESCARGA DEL FLUIDO.		INFLAMABILIDAD.	
FLUJO:	1,500.0498 kg/s	RADIO AFECTADO:	396.47 m
DURACIÓN:	300 s	Longitud de flama:	121.50 m
TOTAL DESCARGADO:	450,014.94 kg		

		Zona de alto riesgo (5 Kw/m ²):	396.47 m
EXPLOSIVIDAD		Zona de amortiguamiento (1.4 Kw/m ²):	735.05 m
Zona de alto riesgo (1.0 psi)	1,383.71 m		
Zona de amortiguamiento (0.5 psi)	2,352.09 m		

SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros)		
	Inflamabilidad	Explosividad
	(5, 1.4 kw/m ²)	(1.0, 0.5 psi)
Zona de alto riesgo	396.47 m	1,383.71 m
Zona de amortiguamiento	735.05 m	2,352.09 m

OBSERVACIONES:	
Se consideró lo siguiente: Velocidad máxima del viento =2.5 m/s Dirección del viento dominantes = N/SO Humedad relativa promedio: 22%	
MODELO:	AUTORIZO:
GETC	LMV

Para mayor detalle, los criterios para determinación de tiempos de fuga y los diámetros de fuga considerados en todas las simulaciones de riesgo realizadas se muestran en la siguiente tabla:

Identificación evento	Situación Hipotética	Tiempo de fuga y diámetro de fuga	Justificación
RSG-001	El daño a la tubería se supondrá por excavación en área cercana al gasoducto de la Interconexión Guadalajara (ruta principal), estando el sitio cercano al cruce con la carretera Guadalajara – Lagos de Moreno, suponiendo trabajos de mantenimiento en dicha carretera.	El tiempo de fuga se consideró de 5 minutos, siendo el tiempo en que una fuente de ignición produce una explosión.	El diámetro equivalente del daño en el gasoducto, se propuso con base en las condiciones a las que podrá estar sometido el mismo.

Identificación evento	Situación Hipotética	Tiempo de fuga y diámetro de fuga	Justificación
	Coordenada de punto de daño a la tubería: 20°34'7.16"N, 103° 6'4.90"O (UTM 13Q 2275563.00 m N, 697912.00 m E) La fuga se manifiesta en el cuerpo del gasoducto por fisura equivalente a 1" de diámetro, presentándose riesgo de explosión por acumulación del material fugado al entrar en contacto con una fuente de ignición. Al ser detectada, se ponen en funcionamiento el plan de emergencia para "taponar" la fuga; para controlar la fuga transcurre un tiempo de 5 minutos.	El diámetro de la fuga se consideró de 1".	El tiempo de fuga se considera como el tiempo pertinente para controlarla.
RSG-002	Se supone fuga de GN debido a adelgazamiento de la tubería del ducto, causada por corrosión y fallas generales al sistema de protección catódica. Coordenada de punto de daño a la tubería (ruta principal) 20°34'6.73"N, 103° 5'23.68"O (UTM 13Q 2275564.00 m N, 699106.00 m E) La fuga se manifiesta en el cuerpo del gasoducto por fisura equivalente a 2" de diámetro, presentándose riesgo de explosión por acumulación del material fugado al entrar en	El tiempo de fuga se consideró de 5 minutos. El diámetro de la fuga se consideró de 2".	El diámetro equivalente del daño en el gasoducto, se propuso con base en las condiciones a las que podrá estar sometido el mismo. El tiempo de fuga se considera como el tiempo pertinente para controlarla.

Identificación evento	Situación Hipotética	Tiempo de fuga y diámetro de fuga	Justificación
	contacto con una fuente de ignición. Al ser detectada, se ponen en funcionamiento el plan de emergencia para “taponar” la fuga; para controlar la fuga transcurre un tiempo de 5 minutos.		
RSG-003	Se prevé la fuga de GN por un orificio de 20%, causado por daño a la tubería del gasoducto por actividades de excavación. El sitio del daño se encuentra cercano a la carretera Guadalajara – Atlacomulco. Coordenada de punto de daño a la tubería (ruta principal) 20°34'8.95"N, 103° 4'57.14"O (UTM 13Q 2275641.00 m N, 699874.00 m E) La fuga se manifiesta en el cuerpo del gasoducto por fisura equivalente a 3" (0.0762 m) de diámetro, presentándose riesgo de explosión por acumulación del material fugado al entrar en contacto con una fuente de ignición. Al ser detectada, se ponen en funcionamiento el plan de emergencia para “taponar” la fuga; para controlar la fuga transcurre un tiempo de 5 minutos.	El tiempo de fuga se consideró de 5 minutos, siendo el tiempo en que una fuente de ignición produce una explosión. El diámetro de la fuga se consideró de 3".	El diámetro equivalente del daño en el gasoducto, se propuso con base en las condiciones a las que podrá estar sometido el mismo. El tiempo de fuga se considera como el tiempo pertinente para controlarla.
RSG-004	Se supondrá rotura total del gasoducto con fuga masiva de GN, causada por un sismo de	El tiempo de fuga se consideró de 5	El diámetro equivalente del daño en el

Identificación evento	Situación Hipotética	Tiempo de fuga y diámetro de fuga	Justificación
	magnitud elevada. Coordenada de punto de daño a la tubería (ruta principal) 20°33'47.79"N, 103°4'50.78"O (UTM 13Q 2274992.56 m N, 700065.87 m E) La fuga se manifiesta en el cuerpo del gasoducto por ruptura total del mismo, originada por un daño mecánico, presentándose riesgo de explosión por acumulación del material fugado al entrar en contacto con una fuente de ignición.	minutos, siendo el tiempo en que una fuente de ignición produce una explosión. El diámetro de la fuga se consideró de 24".	gasoducto, se propuso con base en las condiciones a las que podrá estar sometido el mismo. El tiempo de fuga se considera como el tiempo pertinente para controlarla.

II.2. INTERACCIONES DE RIESGO

En esta sección se describirá los elementos, infraestructura, comunidades, etcétera., que pueden ser afectadas en caso de ocurrencia de alguno de los eventos simulados.

Evento RSG-001

Inflamabilidad

Los resultados de la simulación del evento RSG-001, para la zona de alto riesgo con respecto a chorro de fuego (jet fire), prevé afectaciones en para la zona de alto riesgo, dentro del derecho de vía del Macrolibramiento y predios de propiedades privadas, el daño queda a 13 m aproximadamente de los carriles de circulación de esa autopista.

Por su parte, la zona de amortiguamiento a penas toca los carriles del Macrolibramiento, teniendo afectaciones en el derecho de vía de dicha autopista.

El daño, no se aproxima a zonas pobladas o con asentamientos humanos, únicamente en la zona existen parcelas, donde se desarrollan actividades de agricultura.

Explosividad

Para una nube explosiva formada por 780.24 kg de GN, los daños de la zona de alto riesgo prevén afectaciones en un tramo de 320 m lineales del Macrolibramiento, en la totalidad de los carriles en ambas direcciones, así como en los predios colindantes a la trayectoria de ducto en ese punto.

El daño de la zona de alto riesgo se extiende más allá del Macrolibramiento, en parcelas privadas.

Es importante señalar que dentro de la zona dañada no se localizan zonas urbanas o viviendas aisladas a las que se pudiera causar daño.

Por otro lado, la zona de daño, no evita la interconexión con el Gasoducto de Fermaca, que será el que abastecerá el Sistema Zapotlanejo, motivo de este estudio, y siendo que el evento se supone en un sitio cercano a la interconexión con dicho gasoducto.

La tabla resumen de los radios de afectación del evento RSG-001 se muestra a continuación:

ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS

PROYECTO:	Sistema Gasoducto de Zapotlanejo.	LOCALIZACIÓN:	Municipio de Zapotlanejo, Jalisco.
UNIDAD / ÁREA:	Coordenada de punto de daño a la tubería: 20°34'7.16"N, 103° 6'4.90"O (UTM 13Q 2275563.00 m N, 697912.00 m E)		
DESCRIPCIÓN DEL RIESGO:	El daño a la tubería se supondrá por excavación en área cercana al gasoducto de la Interconexión Guadalajara (ruta principal), estando el sitio cercano al cruce con la carretera Guadalajara – Lagos de Moreno, suponiendo trabajos de mantenimiento en dicha carretera.		
NO. DE RIESGO:	RSG-001		

SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros)		
	Inflamabilidad	Explosividad
	(5, 1.4 Kw/m ²)	(1.0, 0.5 psi)
Zona de alto riesgo	18.69 m	166.23 m
Zona de amortiguamiento	34.59 m	282.57 m

Evento RSG-002

Inflamabilidad

Los resultados de la simulación del evento RSG-002, para la zona de alto riesgo con respecto a chorro de fuego (jet fire), prevé afectaciones en parcelas privadas colindantes a la trayectoria del gasoducto, así mismo en 60 m de un camino local que atraviesa por esa zona.

Asimismo, la zona de amortiguamiento, queda contenidas dentro de parcelas privadas donde no se cuenta con ningún tipo de infraestructura o viviendas que pudieran ser afectadas.

Es importante señalar que dentro de la zona dañada no se localizan zonas urbanas o viviendas aisladas a las que se pudiera causar daño. Únicamente terrenos privados donde la principal actividad es la agricultura.

Explosividad

Para una nube explosiva formada por 3,121.02 kg de GN, los daños de la zona de alto riesgo prevén afectaciones en 520 metros lineales del camino local que cruza esa zona. El cual sólo abastece flujo vehicular de los vecinos y trabajadores de las parcelas privadas del área.

Es importante señalar que dentro de la zona dañada no se localizan zonas urbanas o viviendas aisladas a las que se pudiera causar daño. Las parcelas privadas referidas no cuentan con infraestructura de algún tipo que pudiera ser afectada.

La tabla resumen de los radios de afectación del evento RSG-002 se muestra a continuación:

ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS			
----------------------------------	--	--	--

PROYECTO:	Sistema Gasoducto de Zapotlanejo.	LOCALIZACIÓN:	Municipio de Zapotlanejo, Jalisco.
UNIDAD / ÁREA:	Coordenada de punto de daño a la tubería (ruta principal) 20°34'6.73"N, 103° 5'23.68"O (UTM 13Q 2275564.00 m N, 699106.00 m E)		
DESCRIPCIÓN DEL RIESGO:	Se supone fuga de GN debido a adelgazamiento de la tubería del ducto, causada por corrosión y fallas generales al sistema de protección catódica.		
NO. DE RIESGO:	RSG-002		

SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros)		
	Inflamabilidad	Explosividad
	(5, 1.4 Kw/m ²)	(1.0, 0.5 psi)
Zona de alto riesgo	36.82 m	263.88 m
Zona de amortiguamiento	68.16 m	448.55 m

Evento RSG-003

Inflamabilidad

Los resultados de la simulación del evento RSG-003, para la zona de alto riesgo con respecto a chorro de fuego (jet fire), prevé afectaciones en las inmediaciones de la carreta 15 D en su tramo Guadalajara – Atlacomulco, así como en las parcelas privadas que rodean la trayectoria del ducto.

Es importante señalar que dentro de la zona dañada no se localizan zonas urbanas o viviendas aisladas a las que se pudiera causar daño. Únicamente terrenos privados donde la principal actividad es el cultivo.

Explosividad

Para una nube explosiva formada por 6,985.44 kg de GN, los daños de la zona de alto riesgo prevén afectaciones en 680 metros lineales de la Carretera 15 D en su tramo Atlacomulco – Guadalajara, así como en predios privados colindantes a la carretera, donde la actividad principal es la agricultura.

Es importante señalar que dentro de la zona dañada no se localizan zonas urbanas o viviendas aisladas a las que se pudiera causar daño.

La tabla resumen de los radios de afectación del evento RSG-003 se muestra a continuación:

ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS			
PROYECTO:	Sistema Gasoducto de Zapotlanejo.	LOCALIZACIÓN:	Municipio de Zapotlanejo, Jalisco.
UNIDAD / ÁREA:	Coordenada de punto de daño a la tubería (ruta principal) 20°34'8.95"N, 103° 4'57.14"O (UTM 13Q 2275641.00 m N, 699874.00 m E)		
DESCRIPCIÓN DEL RIESGO:	Se prevé la fuga de GN por un orificio de 20%, causado por daño a la tubería del gasoducto por actividades de excavación. El sitio del daño se encuentra cercano a la carretera Guadalajara – Atlacomulco.		
NO. DE RIESGO:	RSG-003		

SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros)		
	Inflamabilidad	Explosividad
	(5, 1.4 kw/m ²)	(1.0, 0.5 psi)
Zona de alto riesgo	54.13 m	345.17 m
Zona de amortiguamiento	100.21 m	586.74 m

Evento RSG-004

Inflamabilidad

El evento RSG-004 es el más destructivo debido a las superficies de afectación arrojadas por el simulador, sin embargo, su probabilidad de ocurrencia es muy baja, debido a que la ruptura total del ducto podrá ocurrir en caso de un evento catastrófico.

Los resultados de la simulación del evento RSG-004, para la zona de alto riesgo con respecto a chorro de fuego (jet fire), prevé afectaciones en un tramo de 4 kilómetros aproximadamente de la totalidad de los carriles de la carretera 15 D en su tramo Atlacomulco – Guadalajara, así como 600 m del Macrolibramiento.

El radio de afectación de alto riesgo, podrá llegar hasta las Localidades El Salitre, con un total de 1,113 habitantes, la Localidad Cuchillas, con 292 habitantes aproximadamente y un pequeño poblado llamado Santa María (El Tecuache), así como viviendas asiladas (rancherías) que se encuentren dentro de esa zona.

Por otra parte, el evento también ocasionará daños en la totalidad de las rutas secundaria (longitud total de 16.821 metros) y terciaria (longitud total de 228.945 metros) del Sistema de Gasoducto Zapotlanejo y la EMRyC Zapotlanejo, así como el gasoducto “Apaseo El Alto – El Castillo” administrado por CENAGAS.

Explosividad

Para una nube explosiva formada por 450,014.94 kg de GN, los daños de la zona de alto riesgo prevén afectaciones en 10 kilómetros aproximadamente de la Carretera 15 D en su tramo Atlacomulco – Guadalajara, así como 7.5 kilómetros del Macrolibramiento y 10.5 kilómetros de la carretera 132 en su tramo Puente Grande – Santa Fe.

Dentro de la zona de riesgo queda incluido también, 6 kilómetros de la trayectoria de la ruta principal de gasoducto, así como la totalidad de las rutas secundaria (longitud total de 16.821 metros) y terciaria (longitud total de 228.945 metros) del sistema y la EMRyC Zapotlanejo

El radio de afectación de alto riesgo, podrá llegar hasta las Localidades siguientes:

- El Salitre, con un total de 1,113 habitantes,
- Cuchillas, con 292 habitantes
- Santa María (El Tecuache)
- La Mezquitera (1,056 habitantes)
- La Yerbabuena (194 habitantes)
- Santa Fe (2744 habitantes)
- La Laja (3,069 habitantes)
- San Rafael la Huizachera (143 habitantes)

- La Paz (Piedras Negras) con 1043 habitantes
- Ocote de Nuño (149 habitantes)

Así como también, viviendas asiladas (rancherías) que se encuentren dentro de esa zona.

Por su parte, el radio de amortiguamiento, se extenderá hasta el Municipio de Zapotlanejo y la Localidad de Zapotlán del Rey.

La tabla resumen de los radios de afectación del evento RSG-004 se muestra a continuación:

ESCENARIO DE ACCIDENTES QUÍMICOS			
PROYECTO:	Sistema Gasoducto de Zapotlanejo.	LOCALIZACIÓN:	Municipio de Zapotlanejo, Jalisco.
UNIDAD / ÁREA:	Coordenada de punto de daño a la tubería (ruta principal) 20°33'47.79"N, 103° 4'50.78"O (UTM 13Q 2274992.56 m N, 700065.87 m E)		
DESCRIPCIÓN DEL RIESGO:	Se supondrá rotura total del gasoducto con fuga masiva de GN, causada por un sismo de magnitud elevada.		
NO. DE RIESGO:	RSG-004		

SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros)		
	Inflamabilidad	Explosividad
	(5, 1.4 kw/m ²)	(1.0, 0.5 psi)
Zona de alto riesgo	396.47 m	1,383.71 m
Zona de amortiguamiento	735.05 m	2,352.09 m

II.3. EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

En esta sección se identificaron y describen los componentes ambientales y asentamientos humanos que pueden ser afectados, con base en los eventos de riesgo identificados, considerando las zonas de alto riesgo y amortiguamiento determinadas.

Dado ello, con base a los eventos simulados, se determinó que el RSG-004 es el escenario con mayor peligrosidad (en el evento de simulación de una nube explosiva). Los radios de afectación resultantes corresponden:

SÍNTESIS DE ESCENARIO DEL RIESGO (radios en metros) RSG-004		
	Inflamabilidad	Explosividad
	(5, 1.4 kw/m ²)	(1.0, 0.5 psi)
Zona de alto riesgo	396.47 m	1,383.71 m
Zona de amortiguamiento	735.05 m	2,352.09 m

Con base en lo anterior, el análisis de los efectos sobre el sistema ambiental se realizó con los radios de mayor magnitud siguientes:

- 1,383.71 m para la zona de alto riesgo
- 2,352.09 m para la zona de amortiguamiento.

La siguiente tabla, el análisis realizado de los componentes ambientales que se ser sujetos de afectación.

COMPONENTE AMBIENTAL	indicador	SITUACIÓN y diagnostico
MEDIO FÍSICO		
Calidad del aire	Presencia o ausencia de fuentes de emisiones a la atmosfera.	En el área de afectación del proyecto se pueden generar emisiones fugitivas de gas natural (metano), en las válvulas reguladoras de presión e instrumentos utilizados en la trayectoria del gasoducto, así como en el sistema de venteo.
Ruidos y vibraciones.	Presencia o ausencia de fuentes de emisiones de ruido.	Dado ello, la totalidad de los componentes de la instalación serán sometidos a inspecciones periódicas y mantenimiento preventivo que permitir asegurar su correcto funcionamiento. No se registran fuentes importantes de generación de ruido en la zona del proyecto que puedan afectar los alrededores. No obstante, durante la etapa de operación del proyecto se prevé, realizar mediciones de ruido ambiental conforme lo establece la NOM-081-SEMARNAT-1994.
Hidrología superficial	Presencia o ausencia de contaminación de los ríos y cuerpos de agua.	En el área de afectación directa del proyecto se tienen corrientes de agua que cruzan con la trayectoria del proyecto. Sin embargo, el desarrollo y puesta en marcha del proyecto no tendrá afectación directa en ellos.

COMPONENTE AMBIENTAL	indicador	SITUACIÓN y diagnostico
Asentamientos humanos	Cercanos al proyecto	El radio de afectación de alto riesgo, podrá llegar hasta las Localidades siguientes: • El Salitre, con un total de 1,113 habitantes, • Cuchillas, con 292 habitantes • Santa María (El Tecuache) • La Mezquitera (1,056 habitantes) • La Yerbabuena (194 habitantes) • Santa Fe (2744 habitantes) • La Laja (3,069 habitantes) • San Rafael la Huizachera (143 habitantes) • La Paz (Piedras Negras) con 1043 habitantes • Ocote de Nuño (149 habitantes)

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

III.1. RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

Con base en los resultados obtenidos de la identificación de riesgos, en el análisis de las consecuencias y en la visita a las instalaciones, las recomendaciones Técnico-Operativas son las siguientes:

- Establecer un programa de información en coordinación con los administradores de la CC Tierra Mojada, enfocado para dar a conocer, a las empresas involucradas, la localización del gasoducto, sus implicaciones y teléfonos de emergencia.
- El incorporar dentro de los procedimientos para el celaje del derecho de vía, la inspección detallada de aquellos tramos de tubería que son susceptibles a ser expuestos a nivel de piso por actividades de mantenimiento por parte de terceros hacia el parque industrial.
- La elaboración de un programa para la prevención de accidentes, estableciendo para cada uno de los escenarios más probables, los procedimientos para la atención de emergencias.

III.2. MEDIDAS PREVENTIVAS

Mantener una Operación Eficiente: Esto incluye por lo menos: operar válvulas de regulación y equipos de medición en forma práctica y eficiente. Las fuentes de información comunes en el proceso de retroalimentación son: libros de referencia de los equipos, programas de planificación de mantenimiento del sistema, solicitudes de libranzas del gasoducto, solicitudes de cambios en el flujo de gas.

El grupo de mantenimiento contribuirá al cumplimiento de los objetivos preservando la confiabilidad y disponibilidad del sistema, programando y ejecutando actividades de mantenimiento predictivo y preventivo basados en un Programa de Mantenimiento.

Celaje del Derecho de Vía. El propósito del celaje es identificar fugas; la condición de la tubería y recubrimientos; instalaciones dañadas o faltantes; deslaves; construcción de nuevas estructuras, la condición de vegetación, cruces y actividades de terceros.

Inspección de las Instalaciones: Se deberán programar inspecciones periódicas los celajes al derecho de Vía, con el objetivo de vigilar su integridad con un mantenimiento adecuado al recubrimiento dieléctrico y ensayos no destructivos según lo requiera el caso.

Para la mitigación de los efectos de la corrosión exterior, se deberá colocar un recubrimiento epóxico. Dentro de la lista de actividades se deberá incluir levantamiento de potenciales, monitoreo de eficiencia de la protección catódica en postes de prueba, inspecciones de rectificadores, mantenimientos a casetas de rectificadores, mantenimiento a subestaciones y conexiones eléctricas, aislamientos eléctricos, reparación de rectificadores, inspección de camas anódicas y mantenimiento/reemplazo de postes de prueba e inspección y reparación del recubrimiento dieléctrico.

Inspección y mantenimiento a válvulas y actuadores: A lo largo del gasoducto se encuentran instaladas válvulas de seccionamiento en línea regular de tipo bola, las cuales se deberán integrar a un programa de inspección, y mantenimiento periódico.

Rehabilitación/ Modificación del gasoducto: Por ser un sistema nuevo, el programa de mantenimiento no contempla rehabilitaciones o modificaciones al gasoducto, sin embargo, en caso de ser requerido, la empresa se deberá contar con procedimientos documentados para la ejecución de dichas actividades.

IV. RESUMEN.

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

El Sistema Gasoducto de Zapotlanejo, propiedad de **Gasoducto de Zapotlanejo, S. de R. L. de C. V.**, supone el uso de **Gas Natural (Metano)** siendo éste el insumo de mayor interés en materia de riesgo ambiental, mismo que está considerado como sustancia peligrosa conforme al Artículo 4°, Fracción I, Inciso “a” del Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas, siendo la **cantidad de reporte** específica de dicha sustancia (gas natural) de 500 kg,

Se realizó el análisis de riesgo ambiental, mismo que inició con análisis de las características propias de la operación que se desarrollará para el transporte de GN a las instalaciones de la “CC Tierra Mojada”, permitiendo identificar anticipadamente algunos riesgos intrínsecos a la actividad. Para determinar y jerarquizar los riesgos de la instalación de suministro de gas natural, se consideraron factores de riesgo como: Características físico-químicas de las sustancias manejadas, cantidades de las sustancias peligrosas manejadas y condiciones de operación en el proceso.

Las metodologías que se utilizaron para la determinación del riesgo involucrado en el manejo de las sustancias de interés, son las metodologías conocidas como ¿Qué Pasa Si...? (What If...?) y HAZOP (Hazard and Operability).

Para la Jerarquización de los riesgos identificados mediante la Metodología utilizada (HAZOP), se utilizó una Matriz de Interacciones, asignando un índice de frecuencia y un índice de consecuencias, tomando al producto de los dos índices para llegar a un índice individual.

Del análisis realizado, se determina que los eventos más probables a ocurrir corresponden a las fugas de gas natural, debido a daños en la estructura del gasoducto, causados en mayor medida por las actividades de excavación llevadas a cabo por terceros, o en su caso, por los efectos de la corrosión.

Dado ello, el accidente mayor relacionado al uso de Gas Natural, se refiere a una potencial fuga masiva del energético, considerando como la situación más adversa posible, es decir, que no se realicen actividades de inspección y mantenimiento a la instalación. Este evento tendría graves consecuencias, debido a que se podría generar una nube explosiva, la cual puede desarrollarse en grandes espacios y, por tanto, sus daños son extensos en términos de su capacidad de desplazamiento en espacios abiertos.

La siguiente etapa del análisis de riesgo ambiental fue determinar cuáles serían las consecuencias del posible evento no deseado, para ello se utilizó un programa electrónico de simulación a manera de poder cuantificar sus efectos.

En referencia al evento de riesgo relacionado con una potencial fuga de Gas Natural, formación de una nube explosiva y posterior detonación, se tendría interacción con las instalaciones del sistema,

abarcando poblados y localidades cercanas, siendo la que registra una mayor densidad de población el Municipio de Zapotlanejo.

A pesar de ello, la operación del “Sistema Gasoducto de Zapotlanejo”, se llevará a cabo con la aplicación de las medidas y procedimientos de seguridad descritos en el punto I.5 del presente estudio. Siendo que los sistemas de protección catódica, recubrimientos anticorrosivos, inspección de la tubería y sus accesorios, así como la señalización adecuada del gasoducto, deberán procurarse en mayor medida con el objetivo de minimizar los riesgos inherentes a este tipo de proyectos.

En consideración de lo antes descrito, se establece que la operación del “Sistema Gasoducto de Zapotlanejo” es viable para INICIAR sus labores bajo las actuales condiciones, considerando la serie de requerimientos técnicos en la selección de sistemas e instalaciones de seguridad para la prevención y control de accidentes relacionados con el Gas Natural.

Con objeto de satisfacer lo anterior, es absolutamente necesario que se lleven a cabo todo el conjunto de recomendaciones técnicas y se mantengan los documentos de confiabilidad descritos en incisos preliminares, a manera de permitir una reducción substancial en la probabilidad de ocurrencia de eventos no deseados en la operación gasoducto y, a su vez, la magnitud de éstos.

IV.2. HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL

El proyecto de “Sistema Gasoducto Zapotlanejo”, de la compañía Gasoducto de Zapotlanejo, S. de R. L. de C. V., se ocupará de suministrar el combustible a la Central de Ciclo Combinado “CC Tierra Mojada”, ubicada en el Municipio de Zapotlanejo, en el estado de Jalisco, la cual tendrá una capacidad instalada de 874.5 MW.

El proyecto consiste en un sistema de gasoducto de 4.5 kilómetros y 24 pulgadas de diámetro exterior, el ducto tiene 3 interconexiones.

1. Con el gasoducto denominado “Villa de Reyes–Aguascalientes–Guadalajara” propiedad de la empresa Fermaca. (**Interconexión Guadalajara**)
2. Con el gasoducto del SISTRANGAS. (**Interconexión Zapotlanejo**)
3. Con la futura central de generación denominada “Tierra Mojada” (**Interconexión Tierra Mojada**)

El gasoducto será responsable de transportar 420 millones de pies cúbicos de gas natural por día desde cualquiera de sus interconexiones hasta la central de generación “CC Tierra Mojada”. La

presión de suministro es de 670 psig en cualquiera de las interconexiones y la presión de entrega a la central de generación es de 540 psig.

El sistema, estará compuesto por tres rutas:

- **Ruta principal.-** La ruta inicia en la interconexión con el gasoducto Villa de Reyes-Aguascalientes-Guadalajara, hasta terminar en la “EMRyC Zapotlanejo” dentro del predio de la CC Tierra Mojada.
- **Ruta secundaria.-** La ruta secundaria inicia en la obra de interconexión con el ducto administrado por CENAGAS “Apaseo El Alto–El Castillo” y termina donde ingresa a la Estación “EMRyC Zapotlanejo”.
- **Ruta terciaria.-** La ruta terciaria inicia en la “EMRyC Zapotlanejo” y termina en las instalaciones de la Ciclo Combinado Tierra Mojada.

Tomando en cuenta las especificaciones, de construcción operación del sistema, se utilizaron las metodologías ¿Qué pasa si...? (What if...?) y Hazop para identificar situaciones riesgosas que o acciones que conducen a un accidente.

Considerando los criterios encontrados en el análisis HAZOP y What if...?, los riesgos identificados para el gasoducto, son de manera principal, el daño por actividades de excavación, o fallas en el sistema de protección catódica que produzcan daños en la tubería por corrosión.

Los cuatro eventos simulados con el Simulador de Contaminación y Riesgos en Industrias (SCRI) v. 1.4, arrojaron valores de radios e afectación, mismo que se dibujaron en los diagramas de pétalos correspondientes.

En evaluación y análisis a los resultados de los eventos simulados se observa que se puede llegar a tener afectaciones en las zonas urbanas cercanas al trayecto del gasoducto. Siendo que en el evento de mayor magnitud, pero menor probabilidad (RSG-004 evento simulado de acuerdo a los requerimientos establecidos en la guía para presentación del estudio de riesgo modalidad ductos terrestres), podrán verse afectadas la Localidades siguientes:

- El Salitre, con un total de 1,113 habitantes,
- Cuchillas, con 292 habitantes
- Santa María (El Tecuache)
- La Mezquitera (1,056 habitantes)
- La Yerbabuena (194 habitantes)
- Santa Fe (2744 habitantes)
- La Laja (3,069 habitantes)
- San Rafael la Huizachera (143 habitantes)
- La Paz (Piedras Negras) con 1043 habitantes
- Ocote de Nuño (149 habitantes)

Sin embargo, durante la construcción y operación del gasoducto se llevarán a cabo diversas pruebas de verificación través de personal debidamente certificado, que permitirán asegurar el correcto funcionamiento del gasoducto, como lo son:

- Calificación operacional
- Calificación de desempeño
- Pruebas de integridad mecánica
- Pruebas radiográficas en la totalidad del ducto y juntas con soldadura.
- Prueba hidrostática
- Limpieza e inspección externa

A la terminación de la construcción del gasoducto, todos los componentes del sistema serán sometidos a las pruebas finales, en preparación para su puesta en operación. Estas pruebas incluyen:

- Pruebas de resistencia de toda tubería presurizada;
- Prueba del sistema de protección catódica;
- Verificación de la operatividad de los sistemas eléctricos;
- Verificación de la operatividad de los sistemas de medición, de control, de protección y las alarmas; y
- Verificación de la operatividad del sistema.

Aunado a ello, el sistema de gasoductos contara con recubrimiento especificación TGF-3 de Asociación Nacional de Aplicadores de recubrimientos de tubería (*National Associated of Pipe Coating Applicators*) y la NFR-026-PEMEX-2001, así como el recubrimiento de polietileno extruido tricapa.

Como parte de las medidas de seguridad que se establecerán, se incluye:

- Manuales de operación y mantenimiento
- Pruebas no destructivas para el mantenimiento predictivo, preventivo y reactivo para las instalaciones de los equipos, mecánicos y eléctricos.
- Patrullaje del gasoducto
- Control de la vegetación
- Control de la erosión
- Mantenimiento de los cruces
- Ubicación y demarcación de gasoductos
- Programa de concientización publica
- Mantenimiento de válvulas

IV.3. PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO

El Informe Técnico se presenta dentro del **ANEXO VI**.

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

Los planos de localización se encuentran en el **Anexo I** del presente estudio

V.1.2. Fotografías

Ver **Anexo V**.

V.1.3. Videos

No se incluyen videos.

V.2 OTROS ANEXOS

Para el desarrollo del presente proyecto se contemplaron los siguientes anexos:

ANEXO I	Planos de ubicación del proyecto
ANEXO II	Diagramas de Tubería e instrumentación (DTI's)
ANEXO III	Hojas de Datos de Seguridad (HDS)
ANEXO IV	Resultados de la simulación y memorias descriptivas
ANEXO V	Anexo fotográfico
ANEXO VI	Informe técnico
ANEXO VII	Diagramas de pétalos de los eventos simulados.