

## **ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**



**PRESENTADA ANTE:  
AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN  
AL AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS (ASEA)**



**PROMOVENTE  
EnerAB S. de R.L. de C.V.  
CAPITULO I:  
ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS  
CON EL PROYECTO**

**ÍNDICE**

<b>I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
<b>I.1. Descripción del sistema de licuefacción de gas natural .....</b>	<b>3</b>
<b>I.2. Bases de diseño .....</b>	<b>5</b>
I.2.1. Especificaciones de diseño .....	5
I.2.2. Instalaciones Eléctricas.....	9
I.2.3. Sistema de cierre por fuga.....	9
I.2.4. Sistema de filtrado.....	9
I.2.5. Sistema de relevo .....	10
I.2.6. Instrumentación para monitoreo de condiciones de proceso .....	10
I.2.7. Paquete de medición de calidad de gas natural.....	10
I.2.8. Sistemas de protección y seguridad .....	10
I.2.9. Sistema contra incendio .....	11
I.2.10. Sistema de protección catódica.....	11
I.2.11. Sistema de protección mecánica .....	12
I.2.12. Sistemas de tierras.....	13
I.2.13. Sistemas contra descargas atmosféricas .....	13
<b>I.3. Análisis y evaluación de riesgos .....</b>	<b>13</b>
I.3.1. Antecedentes de incidentes y accidentes .....	13
I.3.2. Metodologías de identificación y jerarquización .....	20
I.3.2.1. Análisis HAZOP.....	22
I.3.2.2. Evaluación y jerarquización de riesgos y descripción general de la técnica utilizada.....	25
I.3.2.3. Método análisis de riesgo y de operatividad de los procesos (HAZOP) .....	25
<b>I.4. Evaluación y jerarquización de riesgo .....</b>	<b>45</b>
<b>I.5. Árbol de Fallas .....</b>	<b>49</b>
<b>I.6. Escenarios a modelación de riesgos ambientales identificados .....</b>	<b>50</b>

## **I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO**

### **I.1. Descripción del sistema de licuefacción de gas natural**

El Proyecto: "**Sonora ssLNG**" (**el Proyecto**) es parte de la infraestructura promovida en México por la firma **EnerAB, S. de R.L. de C.V. (EnerAB)** (**en adelante también referida como la Promovente**). En este sentido, este Proyecto se orienta a suministrar combustibles más limpios para el mercado consumidor de la región minera en Sonora. Lo anterior, con un enfoque al cuidado del medio ambiente.

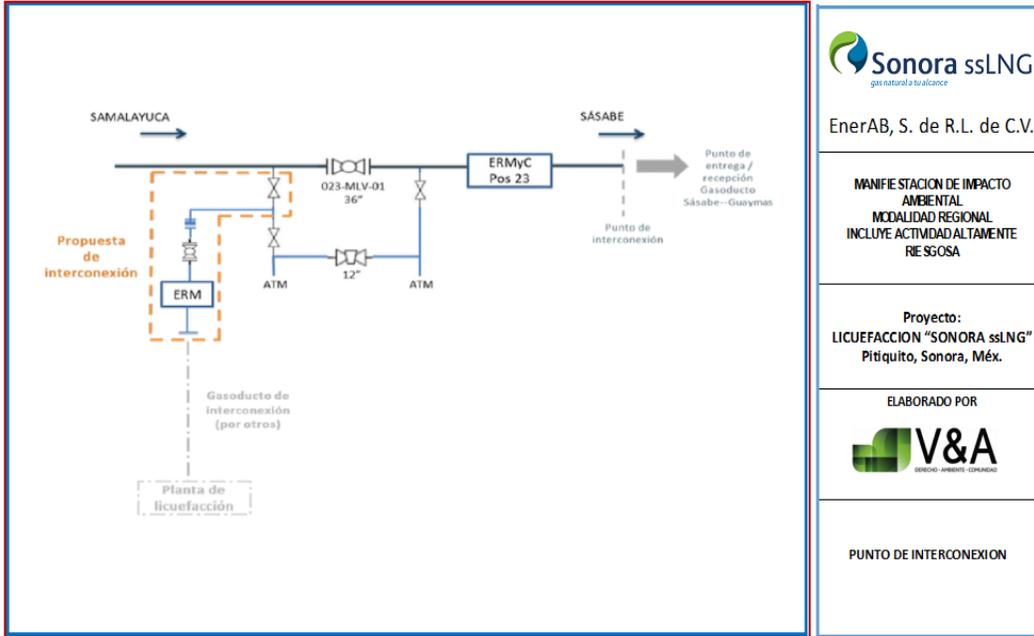
Bajo este contexto, **EnerAB** desarrollará toda la infraestructura requerida para la recepción y procesamiento del gas natural mediante su licuefacción (Licuefacción de Gas Natural, **GNL**) y los servicios necesarios para su almacenamiento temporal en el sitio del Proyecto. Lo anterior, permitirá que de forma continua se pueda proveer de **GNL** a unidades de transporte por rueda en equipos específicamente diseñados para tales efectos.

La capacidad de diseño de la planta incluye la instalación, mantenimiento y operación de una instalación licuefacción de gas natural capaz de alcanzar una producción de 70,000 galones diarios y todos los equipos auxiliares necesarios. El cliente principal del Proyecto será Minera Penmont (**MP**), la cual es propiedad de Fresnillo PLC. Es así que, los excedentes se pondrán a disposición del mercado usuario en el área de influencia del Proyecto. De este modo, **EnerAB** contará con los tanques de almacenamiento de **GNL** en las instalaciones equivalentes a 3 días de producción para brindar el abasto en forma segura y eficiente, según lo proyectado para su operación continua y posibles paros programados de mantenimiento e imprevistos de suministro de parte del proveedor de la materia prima (**CFEnergia**).

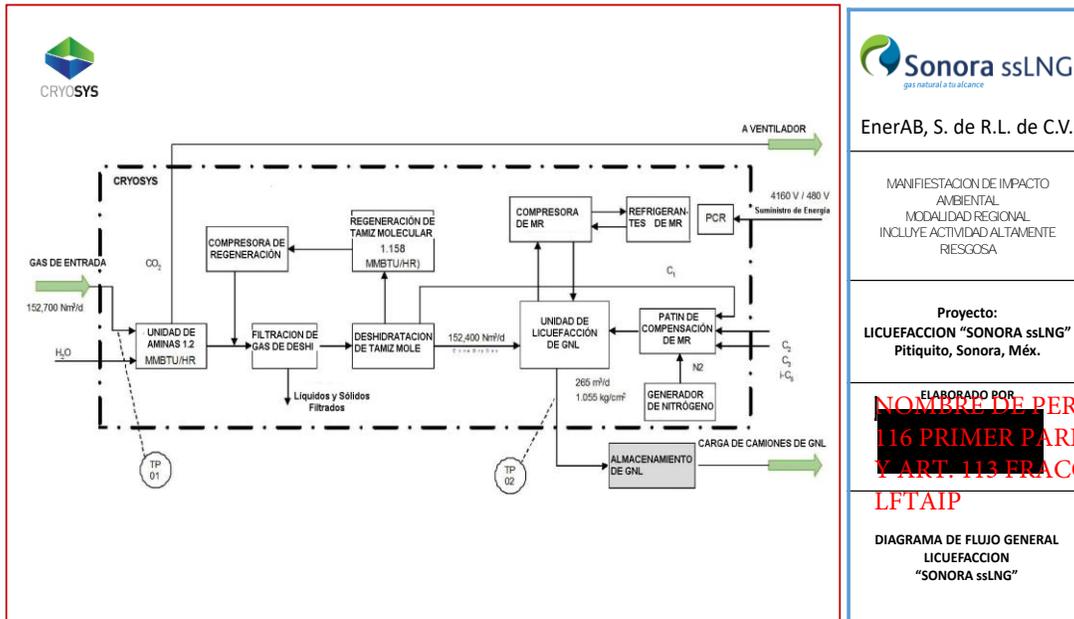
En este contexto, la Promovente como empresa regulada una vez autorizado por parte de esa Agencia, solicitará a Carso Gasoducto Norte, S. de R.L. de C.V. (**CARSO**), la posible interconexión desde la posición 23 del gasoducto dd 36" D.N., Samalayuca-Sásabe (**GSS**), hasta el Proyecto mediante un ramal de 12" D.N. En este sentido, el abasto del gas natural se daría a través del ducto de **CARSO**, empresa regulada y autorizada, por esa Agencia.

Con base en los antecedentes descritos, la Promovente presenta la **MIA-R** y el **ERA** para las etapas de **Preparación del Sitio, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre y Abandono del Sitio**, del Proyecto.

**Fig. I. 1. Arreglo de la interconexión entre GSS y el Proyecto**

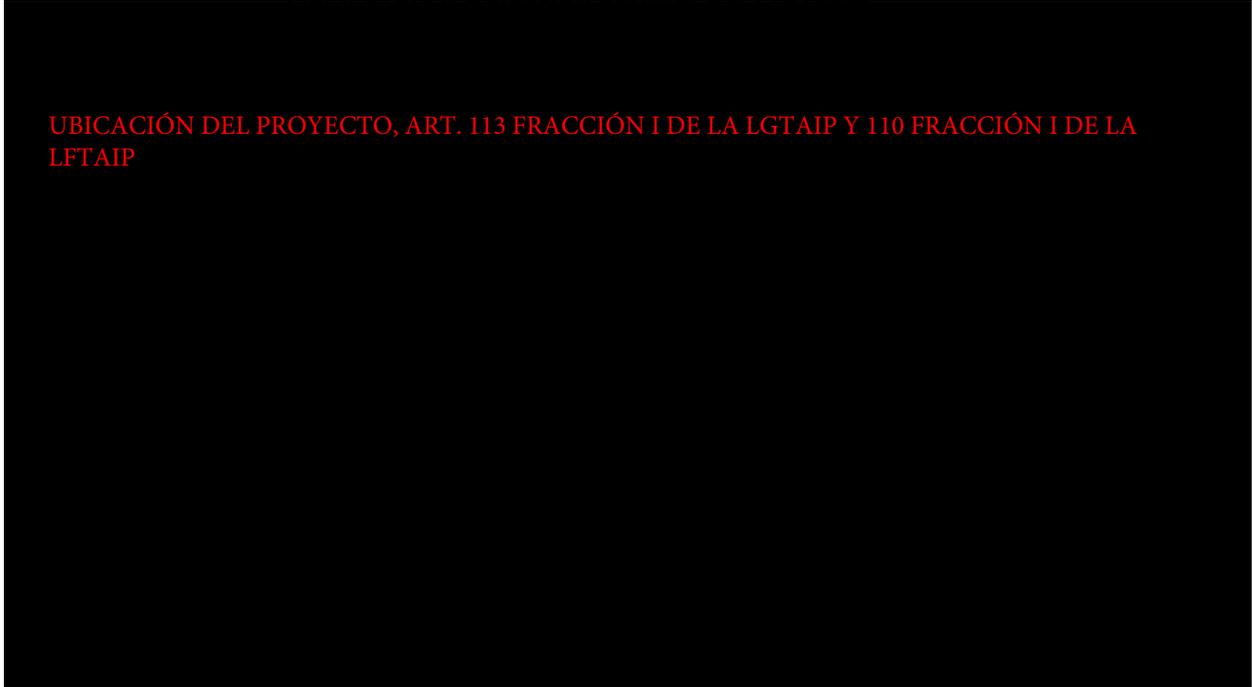


**Fig. I. 2. Diagrama de flujo general de Proyecto**



**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

**Fig. I. 3. ERA. Ubicación general del Proyecto**



## **I.2. Bases de diseño**

### **I.2.1. Especificaciones de diseño**

El desarrollo del Proyecto, en sus etapas, se sujetará a lo establecido por las leyes, reglamentos, criterios, normas, manuales y códigos pertinentes a las operaciones de licuefacción del gas natural y almacenamiento. La Planta para la licuefacción será diseñada de conformidad con las regulaciones, códigos y estándares siguientes:

- Instituto Americano del Cemento (ACI por sus siglas en inglés),
- Instituto Americano de Construcción en Acero (AISC por sus siglas en inglés),
- Instituto Nacional Americano de Estándares (ANSI por sus siglas en inglés),
- Instituto Americano del Petróleo (API por sus siglas en inglés),
- Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE por sus siglas en inglés),
- Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME por sus siglas en inglés),
- Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM por sus siglas en inglés),
- Sociedad Americana de Soldadura (AWS por sus siglas en inglés),
- CFR-2002 Título 49, Vol. 3,
- Asociación de Ingenieros de Cable Industrial (ICEA por sus siglas en inglés),
- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE por sus siglas en inglés),

DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116  
PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

- Sociedad de Instrumentos de América (ISA por sus siglas en inglés),
- Código Eléctrico Internacional (IEC por sus siglas en inglés),
- Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión (NACE por sus siglas en inglés),
- Código Eléctrico Nacional (NEC por sus siglas en inglés),
- Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA por sus siglas en inglés),
- Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA-59A por sus siglas en inglés),
- Prácticas de la Industria de Procesos (PIP por sus siglas en inglés),
- Asociación de Fabricantes de Intercambiadores Tubulares (TEMA por sus siglas en inglés),
- Código Uniforme de Construcción (UBC por sus siglas en inglés).

Se utilizará como guía la edición más reciente de las normas y códigos.

El diseño del Proyecto, también se basó en la legislación aplicable, que son las que se tomaron para el ajuste de la tecnología de licuefacción, entre la cuales se encuentran en condiciones básicas de temperatura y presión y se enlistan a continuación.

**Datos generales de diseño del ramal de 12" D.N.**

- **Parámetros del gas de alimentación**

El gas de alimentación será entregado a la Planta de la siguiente manera:

**Tabla I. 1. Condiciones del gas natural de alimentación**

<b>Condiciones del Gas de Alimentación</b>	
Flujo de Gas de Entrada	152,700 Nm <sup>3</sup> /d
Temperatura de Gas de Entrada	32.22 °C
Presión de Gas de Entrada	59.76 Kg/cm <sup>2</sup>

- **Composición del gas de alimentación**

La composición del gas de alimentación que se entrega a la Planta se presenta en la tabla siguiente.

**Tabla I. 2. Composición del gas natural de alimentación.**

<b>Componente</b>	<b>% de Mol de Gas de Alimentación Normal</b>
Nitrógeno	1.8900
CO <sub>2</sub> (nota 5)	0.2200
Metano	90.50
Etano	7.000
Propano	0.1700
i-Butano	0.0070
N-Butano	0.0400
I-Pentano	0.0400
N-Pentano	0.0400

**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116  
PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

<b>Total</b>	<b>100</b>
--------------	------------

- **Especificación del producto**

La Planta deberá producir GNL a una capacidad de diseño de 265 Nm<sup>3</sup>/d a una presión de 1.055 kg/cm<sup>2</sup>, y tendrá una capacidad de almacenamiento de 200,000 Gal, en 4 tanques horizontales. El tratamiento del gas de alimentación es necesario para eliminar los contaminantes e impurezas que afectan negativamente la calidad del producto final. Las concentraciones máximas de contaminantes e impurezas del producto GNL se indican en la siguiente tabla:

**Tabla I. 3. Especificación del GNL (producto terminado)**

<b>Especificación del GNL</b>			
Nitrógeno	Max	1	vol %
H <sub>2</sub> S	Max	4	ppmv
Max C <sub>5</sub> + (con GNL cargado)	Max	0.1	mol%
Benceno/ BTEX	Max	0.8	ppmv
CO <sub>2</sub>	Max	50	ppmv
Mercurio (Hg)	Max	10	ng/Nm <sup>3</sup>
Agua	Max	0.1	ppmv

- **Tubería de alimentación**

Como ya se indicó previamente, el gas natural se recibe del proveedor arriba mencionado. La interconexión se hará en la Estación Regulación y Medición por medio de un ramal de 12" con una longitud 550 metros aproximadamente del punto de entrega al de recepción. El espesor y la clasificación de la tubería serán determinados de acuerdo con la normatividad vigente.

**Tabla I. 4. Coordenadas de la interconexión y el trazo del ramal**

Ubicación del ducto	Vértice	Coordenadas UTM		Zona
		Este	Norte	
Inicio en Interconexión en ERM del ducto Samalayuca-Sásabe, posición 23.	Inicial	403500.8706	3395651.64.35	12
Entrega en Interconexión Planta Proyecto "SONORA ssLNG"	Final	403094.49	3395735.62	12
Ubicación de la Infraestructura "SONORA ssLNG"	Centro	402918.47	3395702.66	12

### 1.2.1.1. Proyecto civil y electromecánico

#### Ramal para la alimentación de gas natural

Las técnicas de construcción que se utilizarán a lo largo del tendido de los 550 metros de tubería de acero al carbón de 12" de D.N. para la recepción del gas natural desde la ERM de CARSO en la posición No. 23, incluyen; limpieza y nivelado, excavación, alineación de la tubería, soldado de tubería, colocación de la tubería en la zanja, pruebas hidrostáticas, limpieza interior, pruebas de arranque y se realizarán con apego a procedimientos propios de la promotora, por lo que no se contempló la utilización de procedimientos o procesos ajenos a las técnicas comunes de instalación de tuberías de gas natural.

#### **Estación de Regulación y Medición (ERM).**

La **ERM** que será el punto de entrega-recepción del gas natural entre **CARSO** y la promotora se diseñará como instalación exterior aplicando altas normas de seguridad, operación, mantenimiento y disponibilidad. Los patines de medición-regulación serán redundantes y estarán constituidos por tres trenes paralelos de medición-regulación con capacidad del 50% del flujo total cada uno, a efecto de disponer de todo el flujo de gas natural requerido para su licuefacción en la planta "**Sonora ssLNG**".

Para la medición del flujo de gas natural se utilizarán medidores ultrasónicos. El ajuste del factor de calibración será conforme a lo establecido en la norma AGA 9. Se diseñarán y seleccionarán los equipos y arreglos necesarios para asegurar una medición confiable aún a bajos flujos de hasta el 5%.

La **ERM** se diseñará y construirá de acuerdo con lo siguiente:

- Para su monitoreo y control por el operador de **CARSO** y el Proyecto, las señales de la **ERM** serán enviadas al cuarto de control de la planta de licuefacción.
- Se tendrá una ventilación cruzada a favor de los vientos dominantes para garantizar que el personal que opere, mantenga, inspeccione y supervise la instalación no corra riesgos por acumulación de gases.
- Estará cercada y se tendrán puertas que permitan el acceso al personal y al equipo para que se realicen los trabajos de operación, mantenimiento e inspección.
- La instalación eléctrica será diseñada basada en la Clasificación de Áreas y cumplirá con los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005.
- Contará con una válvula de bloqueo en la tubería de alimentación que cumpla con las características siguientes:
  - Estar ubicada en un lugar accesible.
  - Contar con mecanismos para accionarla de acuerdo con sus especificaciones.
  - Estar bien soportada mecánicamente para prevenir esfuerzos en la tubería.
  - Estar diseñada para que la presión de diseño sea igual o mayor a la presión de operación del ducto.
  - Las válvulas de seguridad y válvulas de venteo desfogarán a la atmósfera dispersando el gas natural sin que presente riesgos al personal o a las instalaciones.

- El patín de medición contará con una válvula tipo bola instalada a la entrada de cada tren de medición. Estas válvulas son operadas con actuadores eléctricos. Los actuadores podrán operar las válvulas de manera remota.

### **I.2.2. Instalaciones Eléctricas.**

Todo el equipo eléctrico en la **ERM** y en la planta del proyecto "**Sonora ssLNG**", las instalaciones del alumbrado e instrumentación, sensores y demás dispositivos que requieren energía, cumplirán con los requerimientos mínimos establecidos en las normas vigentes en México en relación con esta materia (según su clasificación a prueba de explosión) y, a falta de éstas, de acuerdo con la tecnología propuesta bajo responsabilidad del particular y de conformidad con la práctica internacionalmente reconocida.

### **I.2.3. Sistema de cierre por fuga**

El sistema de cierre por fuga de gas natural en su fase gaseosa y el gas natural licuado contemplará las siguientes acciones dentro de las medidas de control y prevención de riesgos del proyecto "**Sonora ssLNG**":

- Enviar señal al controlador de flujo para que se actúe a posición de cierre,
- En caso de ser accionada solo se podrá abrir de forma local,
- Contar con un accionamiento local.

Para el cierre mediante válvulas manuales bajo condiciones de fuga y/o detección de los sensores de explosividad, se observará que se cumpla con las características siguientes:

1. Estar ubicada en un lugar accesible y protegida contra daños que pudieran ocasionar terceras personas y a una distancia segura de los puntos de cierre.
2. Contar con mecanismos para accionarla de acuerdo con sus especificaciones.
3. Estar bien soportada mecánicamente para prevenir esfuerzos en la tubería.
4. Estar diseñada para que la presión de diseño sea igual o mayor a la presión de operación de la tubería y/o ducto.
5. En su caso, contar con líneas de desvío (by-pass) para mantenimiento, sin necesidad de interrumpir el suministro de gas.
6. Contar con dispositivos de seguridad para protegerla de cualquier sobrepresión.
7. Debe desfogar a la atmósfera y el venteo prolongarse hasta el quemado (flare) o hasta una altura que permita dispersar el gas sin que presente riesgos al personal o a las instalaciones

### **I.2.4. Sistema de filtrado**

Antes de la operación principal en el proceso de licuefacción del gas natural en las instalaciones de planta del proyecto "**Sonora ssLNG**", se llevará a cabo una remoción de cuerpos extraños que consistirá en un sistema de filtro separador diseñado para retener partículas de 8 micras, o mayores, y el 100 % de retención para líquidos en gotas de 3 micras y mayores.

El diseño del sistema de separación y filtración incluirá un sistema de drenado seguro para recuperar los líquidos en un dispositivo portátil. El filtro/separador de gas natural será diseñado para minimizar su desmontaje para el mantenimiento y remoción del equipo.

#### **I.2.5. Sistema de relevo**

El sistema de alimentación de gas natural y el sistema integral de licuefacción de gas natural en "Sonora ssLNG" deberá considerar un sistema de relevo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-093-SCFI-1994 por alta presión en la regulación con el fin de evitar aprisionamientos del lado de baja presión. Estas válvulas de seguridad desfugarán a la atmósfera.

También se deberán considerar las válvulas de relevo en la alimentación de gas natural al sistema de licuefacción, en los tanques de almacenamiento y en el cabezal de carga gas a los equipos de transporte.

#### **I.2.6. Instrumentación para monitoreo de condiciones de proceso**

Se debe considerar la instrumentación necesaria para monitorear los cambios de presión durante la etapa del proceso de subenfriamiento hasta lograr la condición de producto terminado, como se indica en Tabla I. 3. Especificación del gas licuado.

Las lecturas de presión, flujo y temperatura, así como los detectores de explosividad localizados en las áreas de proceso y almacenamiento de gas licuado tendrán señal sonora y luminosa en el cuarto de control de motores y proceso.

#### **I.2.7. Paquete de medición de calidad de gas natural**

Se debe considerar para la medición en línea de la calidad del gas, entre los que se encuentran, el cromatógrafo de gas, el analizador de H<sub>2</sub>S y azufre total y el analizador de humedad entre otros parámetros indicados en las tablas I.2 y I.3 de las características y especificaciones de la materia prima y producto terminado, respectivamente.

#### **I.2.8. Sistemas de protección y seguridad**

La instalación en la ERM, filtrado, licuefacción y demás componentes involucrados en el manejo del gas natural en su fase gaseosa y del gas natural licuado, contarán con sistemas de protección por gas y fuego, los cuales se diseñarán de acuerdo con lo indicado en NFPA-72. Se cumplirá con la normativa nacional, códigos y estándares internacionales para garantizar la seguridad del personal. Todos los lugares de trabajo tendrán las facilidades de acceso y salida rápida de personal.

En los sitios con posibilidades de derrames, como en los tanques de almacenamiento de gas natural licuado, se contará con pisos y diques de contención. En los casos en que así se requiera o la especificación lo estipule, se suministrará como parte del diseño y arreglo general del equipo el aislamiento necesario para protección de personal en las tareas de operación y mantenimiento.

El cuarto de control del proyecto **"Sonora ssLNG"** tendrá detectores de humo que activarán una alarma audible y visible localmente. Los detectores estarán colocados bajo el piso en el cuarto de consolas, en el UPS y sobre el plafón considerando los lugares más factibles donde el humo pueda ser detectado.

La localización y la capacidad de los extintores, así como la clase de agente extintor utilizado por estos equipos cumplirán con las disposiciones de las Normas Oficiales Mexicanas NOM-100, 102, 103, 106-STPS-1994, NOM-002-STPS-2010, NOM-104-STPS-2001, y NFPA 10 edición 2010.

### **I.2.9. Sistema contra incendio**

El proyecto **"Sonora ssLNG"** tendrá en los componentes de riesgo, como la ERM, licuefacción, unidades de refrigeración, almacenamiento de gas licuado, sistema de carga de unidades de transporte y sistema de quemador (flare), un sistema de supresión de fuego dentro de gabinetes capaces de detectar flamas o fugas de gas.

Cuando uno de estos eventos ocurra, el sistema activará y liberará dióxido de carbono para mitigar la flama o inertizará el gabinete para evitar la concentración de gas inflamable. El dióxido de carbono será suministrado usando cilindros ubicados cerca de cada equipo.

Se contará con un generador de energía de emergencia para los equipos críticos y estará provisto de detectores de mezclas explosivas y de fuego (UV/IR), al igual que el tanque de combustible del generador.

Dentro de oficinas, cuartos de control, almacenes y cuarto de comunicaciones habrá detectores de humo y de flama para alertar en caso de un siniestro. Además, se instalarán estaciones manuales cerca de las entradas y salidas de los edificios y cerca de los equipos de proceso para activar manualmente el sistema de fuego y gas.

El cuarto de control tendrá un sistema de supresión basado en agente limpio. Todas las instalaciones estarán provistas de extintores portátiles de dióxido de carbono, excepto el cuarto de control, donde se emplearán extintores ABC de polvo químico seco, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010.

### **I.2.10. Sistema de protección catódica**

Existen dos tipos de sistemas de protección catódica para proteger las estructuras metálicas contra la corrosión y que pueden utilizarse individualmente o combinados.

#### **A. Por corriente impresa**

Este sistema está constituido por una fuente de energía y un electrodo auxiliar (ánodo) o grupo de ánodos inertes que integran la cama anódica, situados a la distancia determinada por el diseño de

la estructura a proteger, que para el Proyecto es la tubería metálica del ramal de alimentación de gas a planta de licuefacción, en el cual la corriente fluirá del ánodo hacia la estructura.

#### **B. Por ánodos galvánicos (de sacrificio)**

Este sistema utiliza como fuente de corriente, la diferencia de potencial entre el material del ánodo y la estructura a proteger. En este sistema el material de los ánodos se consume dependiendo de la demanda de corriente de protección de la estructura a proteger, la resistividad del electrolito y del material usado como ánodo durante el proceso de descarga del mismo.

Este tipo de sistema es recomendable donde tenemos un electrolito con bajas resistividades y es aplicado para puntos específicos, por ejemplo, tanques metálicos.

El ramal 12" D.N. de alimentación del proyecto **"Sonora ssLNG"** será protegido con el sistema de corriente impresa ya que es el más conveniente por sus características de construcción e instalación a lo largo de la trayectoria del mismo.

#### **I.2.11. Sistema de protección mecánica**

El ramal estará protegido contra deslaves, inundaciones, suelos inestables, deslizamientos de tierra u otros riesgos que puedan provocar que la tubería se mueva o que esté sometida a cargas anormales.

Para obtener una adecuada protección de la tubería se considerará lo siguiente:

- Las instalaciones superficiales o aéreas estarán protegidas de daño accidental ocasionado por tráfico vehicular u otras causas similares y serán colocadas a una distancia segura del tráfico o en su defecto se colocarán barricadas.
- Se tomarán las medidas necesarias para proteger el ramal de alimentación de peligros naturales y se considerará lo siguiente:
  - Aumentos de espesor de pared, construcción de muros de contención de tierras, medidas preventivas contra la erosión, instalación de anclajes e incorporación de medidas que aumenten la flexibilidad, recubrimientos especiales, etc.
  - Se aplicará en fábrica un recubrimiento de protección mecánica a base de resina epóxica (FBE Fusion Bond Epoxy).
  - Para la protección de juntas de tramos de tubo se utilizarán mangas contráctiles que consisten en una manta de una capa "crosslinked" gruesa con un adhesivo térmico muy resistente a los movimientos del terreno. Durante la instalación, el aditivo se derrite y fluye llenando las perforaciones y grietas que se encuentren en la superficie, suministrando una buena adherencia al metal y a los revestimientos FBE.
  - Previo a la colocación de la protección mecánica en la zona de juntas de tramos de tubo, se aplicará limpieza con chorro de arena a metal blanco.

### **I.2.12. Sistemas de tierras**

- Las tuberías, equipos e instalaciones de la planta de licuefacción contarán con un sistema de tierras diseñado conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005 y se verificará su efectividad periódicamente en apego a la NOM indicada.

### **I.2.13. Sistemas contra descargas atmosféricas**

El proyecto "**Sonora ssLNG**" contará con un sistema de protección contra descargas atmosféricas y estará formado por puntas pararrayos, bases soporte, electrodos de tierra, malla de conductores, conectores y los accesorios necesarios para completar el sistema y mandar a tierra en forma segura cualquier descarga natural, conforme a la norma NFPA 780 2008 "Standard for the Installation of Lightning Protection Systems".

## **I.3. Análisis y evaluación de riesgos**

### **I.3.1. Antecedentes de incidentes y accidentes**

En el manejo y operación de gasoductos utilizados para la conducción de gas natural se propone una metodología de análisis de riesgo operativo debido a los daños causados por fallas mecánicas y debido a terceras partes originadas por la extracción descontrolada de gas natural en tomas no autorizadas (tomas clandestinas), en los ductos de conducción de gas natural de las diferentes compañías abastecedoras de gas y principalmente, en ductos a cargo de PEMEX-GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA (PGPB).

De los estudios y análisis realizados por dependencias con gran experiencia dentro del ramo (tal es el caso de PEMEX), se concluye que el factor de riesgo con mayor probabilidad de ocurrencia en gasoducto, sistemas de licuefacción, tanques almacén y sistemas de carga a unidades de transporte, es debido principalmente por daños de terceras partes seguido de los daños por corrosión.

En años recientes, algunas causas fundamentales del incremento de accidentes en los gasoductos de PEMEX han sido la inadecuada evaluación de los mismos y la falta de gestión para erradicar esta problemática. Adicionalmente, no hay una base de datos histórica de accidentes en ductos de transporte de hidrocarburos disponible de manera oficial en el país. Estas circunstancias repercuten negativamente en la funcionalidad de los ductos en México.

El gas natural que se transportará al proyecto "**Sonora ssLNG**", por medio de una empresa concesionada para tal fin. El medio de transporte será por tuberías ya que se ha demostrado que es el medio más seguro, comparativamente con las unidades en tractocamión en tanques sencillos o doble remolque, donde la cantidad de accidentes y sus consecuencias a la comunidad ha sido grave y de daños materiales de alta consideración.

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

**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116  
PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

- 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 reportaron 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 m<sup>2</sup>, 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 algunas 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 interconectaba un bypass, un trabajador resultó herido (Fuente: La Jornada).
- Explosión de gasoducto en San Pedro Garza García, Nuevo León. Una explosión e incendio en una tubería de gas natural en una construcción cercana a la zona comercial y hotelera del municipio de San Pedro Garza García movilizó a elementos de Protección Civil, Bomberos de Nuevo León y unidades de las cruces Roja y Verde. El incendio se originó luego de una fuga de agua que reblandeció la tierra ocasionando la caída de un poste de energía eléctrica sobre un ducto de gas de 12 pulgadas, lo que ocasionó la conflagración. El incendio se originó alrededor de las 10:00 horas a causa del rompimiento de la tubería de gas, lo que ocasionó la explosión e incendio sobre la lateral de la avenida Lázaro Cárdenas y Diego Rivera, en el citado municipio, sin que se presenten personas lesionadas.

**Fig. I. 4. Daños generados por la explosión**



- Explosión en gasoducto de PEMEX en el estado de Tabasco. Una explosión se registró el 06 de abril del 2013, en un gasoducto de 16"Ø, a la altura del rancho "Aguiles Serdán", en la localidad La Venta, municipio de Huimanguillo, Tabasco, con saldo de tres heridos, de acuerdo con lo que reportaron Pemex y autoridades locales. La paraestatal, precisó que el incendio se presentó en el gasoducto de 16"Ø Cinco Presidentes, del complejo procesador de gas La Venta, a la altura de la carretera vecinal a Villa La Venta, en el municipio referido. La explosión fue ocasionada por el golpe de una retroexcavadora de la empresa privada FIRESA. Como consecuencia de este hecho, resultaron lesionados tres trabajadores de la compañía privada, de los cuales en un principio uno de ellos permanecía desaparecido, pero fue hallado sin mayores consecuencias. Así mismo, confirmó que una retroexcavadora, una motocicleta y un vehículo resultaron quemados como consecuencia de la explosión. Por su lado, personal de operación de pozos e instalaciones de Petróleos Mexicanos (PEMEX) procedió a bloquear las válvulas de seccionamiento La Venta 80 y Margen Derecha del Río Chicozapote, y a suspender el bombeo de las Baterías de Separación Cinco Presidentes 1, 2 y Rodador, indicó la empresa petrolera. Protección Civil evacuó a personas cercanas al lugar de la explosión para trasladarlas a un lugar seguro. El incendio fue controlado totalmente antes del mediodía, por separado, autoridades locales de Huimanguillo informaron antes a la paraestatal que el accidente fue causado por una retroexcavadora que realizaba trabajos en el lugar, y que los heridos fueron trasladados por una ambulancia de servicios comunitarios a una clínica de dicho municipio colindante con Veracruz. El flamazo dañó aproximadamente 80 m2 de pastizales y como medida preventiva Pemex acordonó el sitio donde se registró la conflagración en un operativo en que participaron militares y personal de Seguridad Física de Pemex, Protección Civil y Tránsito Municipal.

**Fig. I. 5. Chorro de fuego a causa de la fuga de gas natural en el municipio de Huimanguillo, Tabasco**



Fuente: lacrónica.com.mx. 07 de abril del 2013

- Fuga de gas e incendio en el municipio de Zapotlanejo, Jalisco. La fuga de gas natural fue ocasionada por el golpe de una retroexcavadora de la empresa Cobra Construcciones, que realizaba trabajos en el área, sin el permiso de Pemex, indicó la paraestatal en un comunicado emitido posterior al evento. El funcionario precisó que a poco más de 24 horas del incidente, el riesgo comenzó a ceder, ya que la presión de salida de gas bajó de 36 kg/cm<sup>2</sup> a 10 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el tamaño de la flama pasó de 30 m de altura a 4 m. El incidente, ocurrió alrededor de las 18:30 horas, pero el flamazo se dio a las 23:00 horas. Un bombero y un empleado de la compañía Infraestructura Carretera quedaron con heridas leves. Luego del estallido, las autoridades evacuaron la comunidad de Corralillos y cerraron la autopista México-Morelia, a la altura del kilómetro 461. Los evacuados fueron llevados a la Casa de la Cultura del municipio de Zapotlanejo. En tanto, Pemex informó que personal especializado atendió el incendio ocasionado por la ruptura del ducto de 14"Ø (35 cm). Pemex anunció que el abasto de combustible estuvo garantizado en todo momento, ya que solo se suspendió el flujo en el tramo Abasolo-Guadalajara, mientras que continuó en operación otro gasoducto que va de Cactus, Chiapas, a Abasolo, Guanajuato, ya que la única terminal de distribución de Pemex-Gas afectada fue la de Guadalajara, pero ésta cuenta con suficiente producto almacenado para cumplir con su programa de distribución.

**Fig. I. 6. Incendio en el municipio de Zapotlanejo, Jalisco, debido a una fuga de gas natural**



Fuente: CNN México. 19 de octubre del 2012.

- Explosión en Gasoductos de PEMEX, en el municipio de Pedro Escobedo, Estado de Querétaro. Seis trabajadores de PEMEX resultaron heridos al ocurrir una explosión mientras trabajaban controlando la fuga de un gasoducto en el municipio de Pedro Escobedo. La fuga fue detectada a la altura de la comunidad Las Postas, en un ducto de 14"Ø correspondiente al tramo Cactus-Guadalajara, tras un percance ocasionado por una retroexcavadora que operaba en el lugar instalando equipo de riego. Unos 200 pobladores de la localidad fueron evacuados y concentrados en un albergue habilitado en el auditorio municipal de Pedro Escobedo, además de que fueron cerradas las Válvulas de Seccionamiento (V.S.), que permiten la circulación del gas por ese tramo y personal del sector Ductos de Salamanca y de Petroquímica acudieron a efectuar las reparaciones necesarias, según informó la paraestatal.

Dos días después se reportó la situación bajo control y la gente volvió a sus actividades normales. Sin embargo, más tarde un grupo de trabajadores permanecía efectuando tareas para concluir con la reparación del gasoducto, cuando se produjo el flamazo, aparentemente por un error de los mismos técnicos. En un comunicado, Pemex confirmó que ya no existe riesgo para la población de la zona según los monitoreos efectuados, pero adjudicó a una falta de seguridad y errores de protocolo el percance ocurrido a los trabajadores (Fuente: proceso.com.mx. 28 de marzo del 2013).

- Fuga de gas natural en gasoductos de PEMEX, en el Estado de Veracruz. Petróleos Mexicanos (PEMEX) informó que a las 2:00 a.m. del día 10 de septiembre del 2007 que el sistema SCADA detectó una pérdida de presión inusual en seis puntos de diferentes ductos en el estado de Veracruz ocasionados por actos premeditados, por lo que de inmediato suspendió el suministro de gas natural en dichas líneas. La baja de presión fue ocasionada por explosiones en los siguientes puntos:

1. Válvula de Seccionamiento (V.S.), del gasoducto de cuarenta y ocho pulgadas de diámetro (48"Φ), que coincide con Gas Natural de Cactus - San Fernando, a la altura del municipio La Antigua, sin que se presentara incendio. Sin embargo, por motivos

de seguridad, Protección Civil estatal realizó la evacuación de los habitantes que se encontraban cerca del evento.

2. Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el mismo gasoducto de 48"Φ, a la altura del Río Actopan, en el cual se registró un incendio.
3. Trampa de diablos del gasoducto de 48"Φ Cempoala - Santa Ana, a la altura de Delicias, Tlaxcala, en la cual no se presentó incendio.
4. Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el gasoducto de 30"Φ, de Minatitlán Veracruz - México D.F. y en el ducto de 24"Φ Cactus, Chiapas – Guadalajara, Jalisco.
5. Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el mismo gasoducto de 30" (Minatitlán, Veracruz – México, D.F.), además del ducto de 24" Φ (Cactus – Guadalajara), poliducto de 12"Φ y oleoducto de 24"Φ en el Municipio La Balastrea, donde se presentaron incendios debidos a las fugas.
6. Cruce aéreo Algodonera en el gasoducto de 30"Φ, Minatitlán – México, D.F., poliducto de 12"Φ y Oleoducto de 30"Φ, en los cuales se presentó incendio.

Sin embargo, cabe mencionar que cada una de las situaciones de emergencia fue controlada oportunamente por personal de la paraestatal, además de protección civil estatal y municipal (Fuente: Frente de Trabajadores de la Energía de México. FTE México Energía).

- Fuga de Gas natural en Gasoducto ubicado en Ecatepec, Estado de México. Una fuga de gas natural se registró frente al centro comercial Las Américas el día 05 de septiembre del 2011, por lo que se evacuaron a huéspedes y personal de dicho centro comercial y un hotel ubicado dentro del perímetro de afectación. De acuerdo con los primeros reportes generados, una de las máquinas que son utilizadas para la construcción de un puente peatonal, ubicado sobre la avenida Central, rompió uno de los ductos que conducen gas natural, propiedad y administrado por la empresa MAXIGAS, así lo indicó el gobierno municipal de Ecatepec, estado de México. Para evitar riesgos mayores las autoridades cerraron la circulación de la avenida Central frente al centro comercial Las Américas. Al lugar acudieron de inmediato elementos del cuerpo de bomberos y Protección Civil, así como de la policía estatal y municipal para tratar de reparar la fuga en uno de los tubos de conducción del gas natural (Fuente: Periódico El Universal, 06 de septiembre del 2011).
- Fuga en Gasoducto ubicado en el Distrito Federal. El día 10 de mayo del 2009, elementos del Cuerpo de Bomberos controlaron una fuga de gas natural que se presentó en el perímetro de la colonia CTM Culhuacán sección V, la cual provocó alerta entre los vecinos del lugar. Reportes de Secretaría de Seguridad Pública del Distrito Federal (SSPDF) indican que los hechos tuvieron lugar en la zona que se ubica sobre la avenida Santa Ana, casi al cruce con Rosa María Sequeira, en la referida colonia de la delegación Coyoacán. Fueron vecinos y peatones los que reportaron un olor a gas en la zona, por lo que al sitio se movilizaron bomberos y personal de Protección Civil quienes ubicaron una fisura en un tubo alimentador de gas natural de 4"Φ. La zona fue acordonada por la policía capitalina mientras se trabajaba para sellar el tubo de gas fracturado. La circulación vehicular se mantuvo abierta y sólo se restringió el paso en el

carril de extrema derecha de Santa Ana, con dirección a la Escuela Naval Militar. Reportes de la Secretaría de Protección Civil capitalina indicaron que como medida preventiva se desalojó a 65 personas de un edificio habitacional cercano y de un plantel de nivel preescolar. La fuga fue controlada y no se reportaron intoxicaciones ni personas afectadas (Fuente: Noticias Terra TV, 11 de mayo del 2009).

- Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en el municipio de Las Choapas, Veracruz. El 21 de octubre del 2011, personal activo de Pemex Exploración y Producción (PEP), controló una fuga de gas natural que se presentó en el gasoducto de 6"  $\Phi$  que va de la Estación de Compresoras El Plan, a la Batería Los Soldados, ubicado en el kilómetro 3 dentro del municipio de Las Choapas, Veracruz. Personal de mantenimiento a ductos del sector operativo El Plan, procedió a bloquear las válvulas, dejando la línea fuera de operación, y realizar la reparación correspondiente, así como la restauración del área afectada. Asimismo, personal de Seguridad Física acordonó el lugar en coordinación con personal militar de la base de operación El Plan, como medida preventiva. PEMEX Exploración y Producción realizó el análisis de integridad mecánica para determinar la causa del incidente y declaró que no hubo lesiones en el lugar ni afectaciones por intoxicación (Fuente: Periódico Excélsior, 22 de octubre del 2011).
- Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en el municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. El día 25 de enero del 2011, personal especializado de Petróleos Mexicanos (PEMEX) controló una fuga de gas natural detectada en el kilómetro 283+007 del gasoducto de 18"  $\Phi$  Monterrey, N. L. - Chávez, Coahuila ubicado en las inmediaciones del municipio de Francisco I. Madero, Coah., en el estado de Coahuila. Al tenerse conocimiento de los hechos, de inmediato los técnicos de la paraestatal procedieron a sacar de operación el gasoducto para realizar los movimientos operativos e iniciar los trabajos de reparación del ducto. Personal del Sector Torreón de PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB), en coordinación con autoridades de Protección Civil, Bomberos y la Dirección de Seguridad Pública de San Pedro de las Colonias, trabajaron conjuntamente para la atención, control y erradicación del incidente. Como medida preventiva se determinó necesaria la evacuación de dos empresas maquiladoras, además de dos instituciones educativas de nivel medio superior y superior (Fuente: Periódico El Universal, 26 de enero del 2011).
- Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en la ciudad de Pachuca, Hidalgo. El 30 de noviembre del 2010, Petróleos Mexicanos (PEMEX) puso bajo control una fuga de gas natural que se había registrado en un gasoducto de 6"  $\Phi$  en el tramo que corre de Ranchería - Minera Autlán en el kilómetro 39, dentro del municipio de Villas de Tezontepec en el estado de Hidalgo. A través del área de comunicación social de la paraestatal, se informó que la fuga fue ocasionada por un acto vandálico y pudo ser detectada durante los trabajos de control que realiza PGPB. Explicó que la perforación en el ducto y artefactos se dio durante los trabajos que realizaron personas ajenas a la dependencia para la instalación de una toma clandestina. Como medida de seguridad se suspendió de manera momentánea la operación del ducto afectado. A fin de evitar algún riesgo a la población, se bloquearon las

válvulas de bombeo y se disminuyó la presión del fluido para proceder a su reparación. Se destacó la importancia de mantener la vigilancia en la red nacional de ductos a cargo del personal de seguridad de PEMEX-PGPB (Fuente: Periódico Vanguardia, 01 de diciembre del 2010).

- Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en Cosamaloapan, Veracruz. El 24 de agosto del 2011 se generó una fuga de gas natural en los pozos de PEMEX que atraviesan el ejido Fernando López Arias, ubicado a 15 km de la cabecera municipal de Cosamaloapan, Veracruz. La fuga se originó en la tarde del miércoles 24 de agosto en una válvula en el Pozo de PEMEX denominado "CEHUALACA", Protección Civil Municipal recibió el reporte por parte de habitantes que se encontraban muy alarmados, también se informó a Protección Civil del Estado, para que se tomaran las medidas conducentes con dicha paraestatal, ya que el objetivo fundamental de Protección Civil es la salvaguarda de la integridad física de la población, de su patrimonio y el entorno ambiental Al lugar de la fuga, se presentó el Coordinador regional de protección civil, la unidad Municipal de Protección Civil Cosamaloapan, acudiendo posteriormente personal de PEMEX-PGPB encargado de Producción de Campo Alquimia. La fuga de gas se controló por la mañana del jueves siguiente, realizando el personal de PEMEX-PGPB los trabajos de cierre de ductos y mantenimiento pertinentes (Fuente: Periódico Vanguardia).

### **I.3.2. Metodologías de identificación y jerarquización**

Los Estudios de Riesgo Ambiental (ERA) involucran principalmente tres grandes temas: la identificación de los riesgos, la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos y el análisis de consecuencias.

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

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

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

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

Para la identificación de los riesgos involucrados con el manejo de gas natural, en este caso la licuefacción, se analizarán las condiciones de operación tanto del ducto de conexión con el gasoducto de **CARSO** y la planta del proyecto de "**Sonora ssLNG**", como las operaciones de licuefacción, almacenaje y carga de gas licuado a equipos de transporte, mediante los diagramas de tubería e instrumentación del sistema involucrado en el manejo del gas natural y las memorias técnico-descriptivas de cada una de las instalaciones mencionadas.

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

Aunado a lo anterior, se identificaron aquellos puntos importantes donde la presencia de algún evento no deseado, como una explosión o un incendio durante el manejo del gas natural, puedan afectar a instalaciones de alto riesgo en las que se manejen sustancias peligrosas, ya que en caso de ocurrir una fuga de gas natural que entre en contacto con una fuente de ignición, puede llegar a ocasionar una nube explosiva, un chorro de fuego o una explosión no confinada y hasta una breve, que afecte a dichas instalaciones, y que por las características de inflamabilidad de la sustancia que en ellas se maneje, el evento pueda desencadenar un evento mayor, con mayores repercusiones a la infraestructura de la zona y daños al medio ambiente.

Una vez identificados los riesgos presentes en la operación del sistema del manejo del gas natural para su licuefacción, se evalúa la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos relacionados con dichos riesgos, con base en datos históricos ocurridos en condiciones semejantes de operación, así como con base en las recomendaciones de falla del fabricante de los instrumentos de medición, control y regulación, para así determinar cuantitativamente la probabilidad de que ocurran accidentes en el Proyecto, mismos que puedan afectar a la población circundante y al medio ambiente, principalmente.

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

Cabe mencionar que todas las técnicas de evaluación de riesgos comparten la meta de identificar peligros en el proceso de manera sistemática y proporcionar un análisis preliminar, dando la primera fase del estudio. Las técnicas comúnmente usadas para esta evaluación deben cumplir los

requerimientos de análisis de riesgo contemplados en la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), EPA (Environmental Protection Agency) y la CMA (Chemical Manufacturers Association), así como en la literatura especializada como, Loss Prevention in the Process Industries. Frank P. Less, second edition.

### **I.3.2.1. Análisis HAZOP**

El método HAZOP (HAZard and OPerability "Riesgo y Operabilidad") o análisis de Riesgo y de Operabilidad se concentra en una metodología mediante un enfoque sistemático para identificar tanto riesgos como problemas de operabilidad, más del 80% de las recomendaciones del estudio son problemas de operatividad y no problemas de riesgo.

Aunque la identificación de riesgos es el tema principal, los problemas de operatividad se examinan ya que tienen el potencial de producir riesgos en los procesos que resulten en violaciones ambientales y/o laborales o tener un impacto negativo en la productividad.

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

El carácter sistemático del análisis, se realiza con un examen basado en la aplicación sucesiva de una serie de palabras guía que tienen por objeto proporcionar una estructura de razonamiento capaz de facilitar la identificación de desviaciones ocasionadas por múltiples causas, para determinar la flexibilidad de las respuestas a afectaciones por errores humanos, fallas de materiales y causas externas a la red, principalmente.

De la misma forma se efectúa el análisis para la parte operativa del proceso comprendiendo el control, el mantenimiento y la supervisión del mismo. Cada vez que una desviación razonable es identificada se analizan sus causas, consecuencias y posibles acciones correctivas, plasmándose en un registro ordenado de los datos y resultados.

El proceso del HAZOP involucra aplicar de una manera sistemática todas las combinaciones relevantes de palabras claves al proyecto bajo estudio en un esfuerzo por descubrir los problemas potenciales. Los resultados se registran en un formato de tabla o matriz con encabezados principales, identificados por palabras guía.

A continuación, se mencionan las palabras utilizadas en la metodología HAZOP.

#### **Palabras claves**

Flujo	Reacción	Reducción	Adición	Mezclado
-------	----------	-----------	---------	----------

**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116  
PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

Temperatura	Prueba	Nivel	Mantenimiento	Nivel
Viscosidad	Muestreo	Presión	Instrumentación	Separación
Corrosión	Erosión	Composición		

**Palabras operacionales**

Aislamiento	Inspección	Drenaje	Mantenimiento
Ventilación	Arranque	Purgado	Paro

**Palabras secundarias**

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

Decisión	Descripción
No	Negación del intento de diseño
Más	Incremento cuantitativo
Menos	Decremento cuantitativo
Además de	Incremento cualitativo
Parte de	Decremento cualitativo
Reversa	Opuesto lógico del intento
Otro que	Sustitución completa

El presente **ERA** contempla los riesgos en el Área de Influencia (AI) de la planta de licuefacción del proyecto "**Sonora ssLNG**", y el manejo integral del gas natural desde su recepción estado gaseoso hasta su entrega en fase líquida a equipos de transporte, principalmente en sus efectos a los asentamientos humanos existentes dentro de la misma, los cuales son el elemento más vulnerable de ser afectado.

La selección de los nodos a considerar para la evaluación de riesgos en la operación del proyecto, fue realizada a través de una evaluación de los puntos que representan mayor riesgo a la población interna, en aquellos puntos que forman parte de la instrumentación de control del manejo del gas natural, tales como Estación de Regulación y Medición, su licuefacción, almacenamiento y carga.

Para cada uno de los nodos se incluye:

- Las consideraciones de cada escenario, tomando los criterios de evaluación tipo que lleva a cabo la autoridad.
- Tabla resumen del escenario, eventos, radios de afectación, radiación térmica, sobrepresiones, chorro de fuego (JetFire) y sus respectivas figuras.
- Efectos sobre la población e infraestructura existente en la **Zona de Amortiguamiento (ZA)** y **Zona de Alto Riesgo (ZAR)**.

Los nodos estudiados se muestran de manera general en la siguiente gráfica y se describe en cada uno de los casos en el escenario analizado.

Fig. I. 7. Se presenta el diagrama general del proceso de licuefacción de gas natural en la planta "Sonora ssLNG" y sus nodos propuestos.

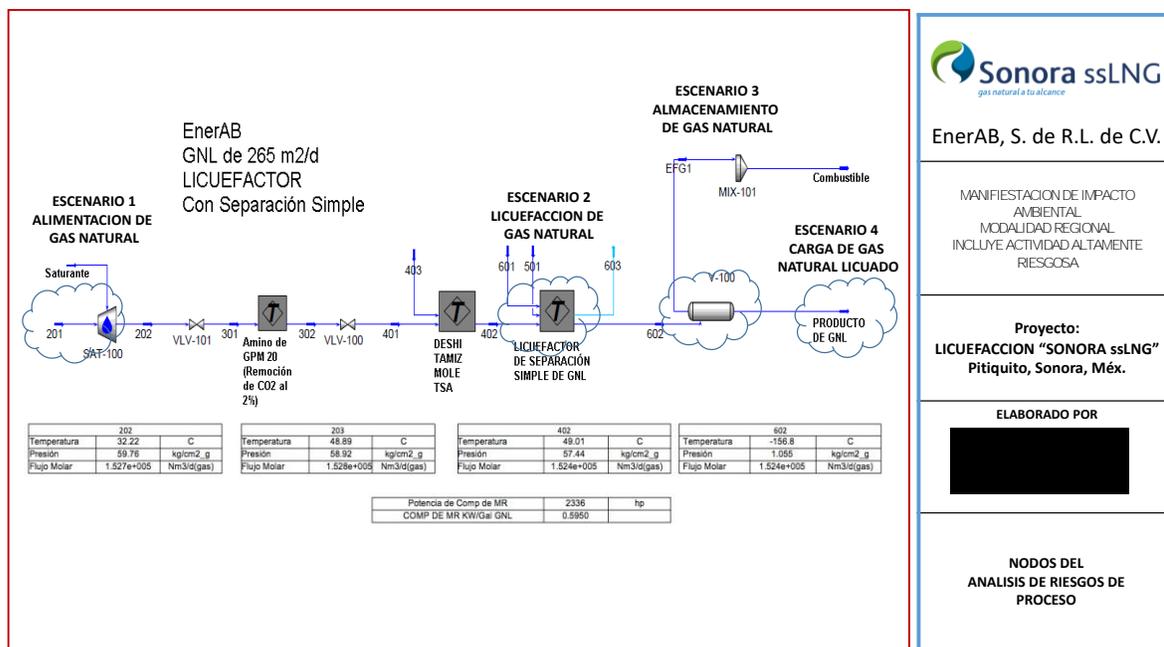


Tabla I. 5. Descripción de los nodos modelados para la realización del análisis

NODO	DESCRIPCIÓN DEL NODO	TIPO DE EVENTO	COORDENADAS UTM	
			LONGITUD E	LATITUD N
1	Válvula de RECEPCION de gas natural en su conexión con CARSO del ducto de 36" punto 23 del tramo Samalayuca-Sásabe. La conexión se hará en la Estación Regulación y Medición y es mediante un ramal de 12" en un tramo de 550 metros aproximadamente, presión de operación del ducto a la llegada a planta del proyecto "SONORA ssLNG"	FUGA AL 100% Y FUGA AL 20%	403094.49	3395735.62
2	Se presenta fuga de gas natural en conexión de 4" de D.N a la entrada del equipo de licuefacción, liberando gas al ambiente durante un lapso de 10 minutos, a un flujo de 105.83 m <sup>3</sup> /min (1.524e+005 Nm <sup>3</sup> /día), y una presión de 850 psig (58.92 kg/cm <sup>2</sup> ) hasta que es controlada la fuga mediante el cierre manual de la Válvula VLV-100 como mecanismo de bloqueo más próximo al sistema.	FUGA EN CONEXION	403064.00	3395752.00
3	Se presenta fuga de gas natural en estado líquido debido a un orificio de 2" de diámetro en el cuerpo del tanque, ubicado en el área de almacenamiento de	FUGA POR ORIFICIO	403033.30	3395681.82

	producto terminado, sitio en el cual se ubican 4 tanques de 50,000 galones cada uno. El producto se encuentra almacenado a una presión de 15 psig (1.05 kg/cm <sup>2</sup> ) y a una temperatura de -156.8 °C.			
4	Se presenta <b>fuga</b> de gas natural en estado líquido, debido a una <b>rotura de manguera</b> de 2 pulgadas de diámetro durante la operación de <b>trasvase</b> de producto terminado a la unidad de transporte para su entrega al cliente. El producto almacenado que se trasvasa se encuentra a una presión de 15 psig (1.05 kg/cm <sup>2</sup> ) y a una temperatura de -156.8 oC. El transvase se efectúa mediante una bomba sumergible de 300 galones/min, y la longitud de la manguera de carga es de 15 metros de longitud.	<b>FUGA POR ROTURA MANGUERA</b>	<b>403037.00</b>	<b>3395656.19</b>

### **I.3.2.2. Evaluación y jerarquización de riesgos y descripción general de la técnica utilizada**

La técnica utilizada para identificar los riesgos en las áreas operativas se describe a continuación:

### **I.3.2.3. Método análisis de riesgo y de operatividad de los procesos (HAZOP)**

La metodología HAZOP es una técnica cualitativa para la identificación de riesgos. El método involucra la investigación de desviaciones de procesos o equipos, realizado por un grupo de individuos con experiencia en las diferentes áreas tales como ingeniería, producción, mantenimiento, química y seguridad.

Se identifican tanto riesgos como problemas de operatividad, más del 80% de las recomendaciones del estudio son problemas de operatividad y no problemas de riesgo. Estos problemas se deben examinar ya que tienen el potencial de producir riesgos en los procesos que resulten en violaciones ambientales y/o laborales o tener un impacto negativo en la productividad.

El procedimiento HAZOP involucra tener una descripción y documentación completa de la planta o proceso a realizar (en este caso un gasoducto), y sistemáticamente cuestionar cada parte para identificar como se pueden producir desviaciones del intento de diseño.

Una vez identificados se hace una evaluación para determinar si tales desviaciones y sus consecuencias pueden tener un efecto negativo en la seguridad y operación eficiente del gasoducto.

El HAZOP aporta recomendaciones de seguridad adicionales a la revisión de sistemas y equipos. Además permite identificar acciones críticas y debe ser una lista en forma para evaluar o recomendar acciones para remediar la situación.

Los resultados se presentan en una tabla que contiene los hallazgos del equipo los cuales incluyen la identificación de los riesgos del proceso, los problemas operativos, las causas, las consecuencias, las salvaguardas y las recomendaciones.

**Tabla I. 6. Síntesis del Análisis HAZOP**

**Nodo 1. Válvula de RECEPCIÓN de gas natural en su conexión con ducto de CARSO, Tramo Samalayuca-Sásabe, diámetro de 12" D.N.**

**Intención: Alimentación de gas natural a la planta Sonora ssLNG**

**Parámetro: FLUJO**

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay flujo en el gasoducto hacia el Proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El Gasoducto de <b>CARSO</b> - tramo Samalayuca-Sásabe dejó de suministrar gas natural.</li> <li>Falla en alguno de los componentes de cierre rápido.</li> <li>Ruptura total del gasoducto interconectado al gasoducto de interconexión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interrupción del suministro de gas a "Sonora ssLNG" con pérdidas ocasionadas por paro de equipos y por consecuencia en la producción.</li> <li>Fuga de gas natural en tubo de alimentación con riesgo de incendio si entra en contacto con una fuente de ignición.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio instalado en la ERM de <b>CARSO</b></li> <li>Sistema de detectores en planta</li> <li>Revisión diaria en el punto de conexión y válvula V-100, para la detección y localización de fugas.</li> <li>Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicar el programa de mantenimiento y registrar las actividades en bitácora.</li> <li>Contar con registros de las verificaciones a realizar en cada inspección.</li> <li>Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas del <b>CARSO</b> para reportar cualquier falla en el suministro de gas.</li> <li>Incluir dentro de un programa el mantenimiento al sistema contra incendio (fijo y móvil) ubicado en la ERM, por lo menos una vez al año, y contar con una lista de verificación de las condiciones de dicho sistema.</li> </ul>
Menos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menos flujo en el ramal de alimentación hacia el Proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga en el Gasoducto propiedad de <b>CARSO</b> - tramo Samalayuca-Sásabe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riesgo de incendio si el gas entra en contacto con una fuente de ignición.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio instalado en la ERM de <b>CARSO</b>.</li> <li>Revisión diaria en el punto de interconexión para la detección y localización de fugas.</li> <li>Procedimiento para la detección y localización de fugas.</li> <li>Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión.</li> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de flujo y presión.</li> <li>Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de <b>CARSO</b> -tramo Samalayuca-Sásabe para reportar cualquier falla en el suministro de gas.</li> </ul>
Más	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor flujo en el ramal de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de presión en el gasoducto de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga de gas en bridas y uniones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio instalado en la</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para</li> </ul>

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
	alimentación hacia el Proyecto.	suministro <b>CARSO</b> - tramo Samalayuca-Sásabe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de ignición.</li> <li>Riesgo de falla en los trenes de regulación debido a que no se cumplen las condiciones de operación programadas.</li> <li>Pérdidas económicas y fallas en los componentes y accesorios.</li> </ul>	ERM de <b>CARSO</b> -tramo Samalayuca-Sásabe Revisión diaria en el punto de interconexión para la detección y localización de fugas. <ul style="list-style-type: none"> <li>Procedimiento para el incremento de la presión de operación.</li> <li>Procedimiento para el decremento de la presión de operación.</li> </ul>	atender incrementos y decrementos de presión. <ul style="list-style-type: none"> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de flujo y presión.</li> <li>Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de <b>CARSO</b> - tramo Samalayuca-Sásabe para reportar cualquier falla en el suministro de gas.</li> </ul>

Tabla I. 7. Continuación:

**Nodo 1. Válvula de RECEPCIÓN de gas natural en su conexión con ducto de CARSO Tramo Samalayuca-Sásabe, diámetro de 12" D.N**

**Intención: Alimentación de gas natural a la planta Sonora SSLNG**

**Parámetro: TEMPERATURA**

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
Menos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de la temperatura del gas en el ramal de alimentación hacia Planta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descompresión del gasoducto de suministro debido a una fuga de gas en el gasoducto de suministro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Activación de las válvulas de control por baja presión.</li> <li>Falla en tren de regulación debido a que no se cumplen las condiciones de operación programadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio instalado en la ERM.</li> <li>Revisión diaria del punto de conexión del gasoducto.</li> <li>Procedimiento para el <b>incremento</b> de la presión de operación.</li> <li>Procedimiento para el <b>decremento</b> de la presión de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión.</li> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de temperatura.</li> <li>Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de <b>CARSO</b> para reportar cualquier falla en el suministro de gas.</li> <li>Publicar hojas de trabajo en la instalación, en las que se especifiquen las condiciones de operación del ducto de interconexión</li> </ul>

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
Más	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la temperatura del gas en el ramal de alimentación hacia la planta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la presión de suministro debido a agentes externos, tales como un incendio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga de gas en bridas y uniones.</li> <li>Ruptura del tubo de alimentación debido a que la presión de trabajo sobrepasa la resistencia mecánica del mismo.</li> <li>Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de ignición.</li> <li>Riesgo de falla en los trenes de regulación debido a que no se cumplen las condiciones de operación programadas</li> <li>Pérdidas económicas por fallas en los componentes y accesorios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio instalado en punto de conexión.</li> <li>Revisión diaria (celaje) del derecho de vía del ramal de 12".</li> <li>Procedimiento para el incremento de la presión de operación.</li> <li>Procedimiento para el decremento de la presión de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión.</li> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de temperatura y presión.</li> <li>Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de <b>CARSO</b> para reportar cualquier falla en el suministro de gas.</li> <li>Publicar hojas de trabajo en la instalación en las que se especifiquen las condiciones de operación de la sección de interconexión</li> </ul>

**Tabla I. 7. Continuación:**

**Nodo 1. Válvula de RECEPCIÓN de gas natural en su conexión con ducto de CARSO, Tramo Samalayuca-Sásabe, diámetro de 12" D.N.**

**Intención: Alimentación de gas natural a la planta Sonora SSLNG**

**Parámetro: PRESIÓN**

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay presión en el ramal de alimentación hacia la planta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El gasoducto de <b>CARSO</b> dejó de suministrar gas.</li> <li>Fuga de gas en gasoducto de suministro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay flujo en tubería.</li> <li>Se interrumpe el flujo de suministro de gas natural al ducto de conexión en la Planta</li> <li>Pérdidas económicas ocasionadas por el paro de equipos y, por</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio instalado en la ERM de <b>CARSO</b></li> <li>Revisión diaria en la ERM y en gasoducto en la sección de 12" D.N.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal con relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión.</li> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de presión.</li> <li>Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de <b>CARSO</b> para</li> </ul>

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Válvula de recepción cerrada por descuido de los operadores.</li> </ul>	<p>consecuencia, de la producción.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgo de incendio si el gas entra en contacto con una fuente de ignición.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimiento para el incremento de la presión de operación.</li> <li>• Procedimiento para el decremento de la presión de operación.</li> </ul>	<p>reportar cualquier falla en el suministro de gas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Publicar hojas de trabajo en la instalación en las que se especifiquen las condiciones de operación.</li> </ul>
Menos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descompresión en el ramal de alimentación hacia planta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuga de gas en el gasoducto de suministro.</li> <li>• Válvula de esfera parcialmente cerrada por descuido de los operadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgo de incendio si el gas entra en contacto con una fuente de ignición.</li> <li>• Accionamiento de las válvulas de control por baja presión en punto de entrega.</li> <li>• Falla en los trenes de regulación por no cumplirse las condiciones normales de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema contra incendio instalado en la City Gate.</li> <li>• Revisión diaria vía inspección en la ERM y en el gasoducto.</li> <li>• Procedimiento para el incremento de la presión de operación.</li> <li>• Procedimiento para el decremento de la presión de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar al personal con relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión.</li> <li>• Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de presión.</li> <li>• Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de <b>CARSO</b> para reportar cualquier falla en el suministro de gas.</li> <li>• Publicar hojas de trabajo en la instalación en las que se especifiquen las condiciones de operación.</li> </ul>
Más	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobrepresión en el ramal de alimentación hacia la planta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la temperatura del gas natural debido a agentes externos tales como un incendio provocando alta presión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuga de gas en bridas y uniones.</li> <li>• Ruptura del tubo de alimentación debido a que la presión de trabajo sobrepasa la resistencia mecánica del mismo.</li> <li>• Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de ignición.</li> <li>• Riesgo de falla en los trenes de regulación debido a que no se cumplen las condiciones de operación programadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema contra incendio instalado en la ERM.</li> <li>• Revisión diaria vía inspección del gasoducto.</li> <li>• Procedimiento para el incremento de la presión de operación.</li> <li>• Procedimiento para el decremento de la presión de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar al personal con relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión.</li> <li>• Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores presión.</li> <li>• Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de <b>CARSO</b> tramo Samalayuca-Sásabe para reportar cualquier falla en el suministro de gas.</li> <li>• Aislar la ERM de manera que no se vea afectada por la generación de incendios cercanos a la instalación.</li> <li>• Publicar hojas de trabajo en la instalación en las que se especifiquen las condiciones de operación.</li> </ul>

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdidas económicas por fallas en los componentes y accesorios.</li> </ul>		

**Tabla I. 7. Continuación:**

**Nodo 1. Válvula de RECEPCIÓN de gas natural en su conexión con ducto de CARSO, Tramo Samalayuca-Sásabe, diámetro de 12" D.N**

**Intención: Alimentación de gas natural a la planta Sonora SSLNG**

**Parámetro: MANTENIMIENTO**

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausencia de mantenimiento en la instalación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existe un programa de mantenimiento establecido.</li> <li>• Falta de supervisión y control en la operación de la ERM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectaciones a la tubería por corrosión.</li> <li>• Incertidumbre en la integridad mecánica de la instalación.</li> <li>• Gastos de operación por pérdidas ocasionadas en tuberías y accesorios.</li> <li>• Generación de fugas por desgaste del material en tubería de acero y accesorios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de mantenimiento.</li> <li>• Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego.</li> <li>• Sistema para la detección y localización de fugas.</li> <li>• Procedimiento para controlar y extinguir fuego provocado por gas.</li> <li>• Sistema contra incendio instalado en la ERM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poner en práctica y asegurarse que el programa de mantenimiento esté debidamente identificado y que contemple todas las actividades de mantenimiento a realizar en la ERM así como los responsables del mismo y la frecuencia de su aplicación.</li> <li>• Llevar registros en bitácora de cada una de las actividades a realizar en la ejecución del programa de mantenimiento.</li> <li>• Elaborar y poner en práctica un programa de capacitación dirigido al personal operativo, con relación a los procedimientos establecidos para la ejecución de las actividades de mantenimiento.</li> <li>• Asegurar la correcta operación de los sistemas contra incendio instalados en la ERM.</li> </ul>
Menos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frecuencia de mantenimiento insuficiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de mantenimiento deficiente (falta de calendarización de actividades, acciones incompletas, falta de actividades preventivas, principalmente).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incertidumbre en la operación eficiente de la ERM.</li> <li>• Presencia de corrosión y aumento del riesgo por fugas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de mantenimiento.</li> <li>• Procedimientos para la atención de fugas con o sin fuego.</li> <li>• Sistema contra incendio instalado en la ERM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Publicar hojas de trabajo en la instalación en las que se especifiquen las condiciones de operación de la ERM.</li> <li>• Definir un responsable de la elaboración y ejecución del programa de mantenimiento, así como un supervisor que asegure la correcta aplicación del mismo.</li> </ul>

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
Otro que	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños involuntarios del personal al aplicar las actividades de mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de capacitación del personal operativo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectación a la integridad mecánica de la instalación.</li> <li>• Gastos de operación por fallas humanas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de mantenimiento.</li> <li>• Procedimiento "Metodología para la limpieza interior de gasoductos".</li> <li>• Procedimiento para el manejo e instalación de tubería de acero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar constantemente al personal de manera que se asegure la eficiente capacidad de respuesta ante una emergencia o simplemente para la ejecución de las actividades de mantenimiento con el fin de prevenir la afectación a la instalación debido a maniobras erróneas por parte de los operadores.</li> </ul>

**Tabla I. 7. Continuación:**

**Nodo 1. Válvula de RECEPCIÓN de gas natural en su conexión con ducto de CARSO, Tramo Samalayuca-Sásabe, diámetro de 12" D.N**

**Intención: Alimentación de gas natural a la planta Sonora SSLNG**

**Parámetro: CORROSIÓN**

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
Más	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exceso de corrosión en el ramal de alimentación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de aplicación del programa de mantenimiento.</li> <li>• Deficiencia en las verificaciones diarias del gasoducto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura de las líneas de gas en caso de existir una sobrepresión.</li> <li>• Incertidumbre en la integridad mecánica de la instalación.</li> <li>• Riesgo de incendio en caso de existir fugas de gas que entren en contacto con una fuente de ignición.</li> <li>• Pérdidas económicas debido a la falla de los materiales, de accesorios y líneas de conducción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa para mantenimiento de la ERM</li> <li>• Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego.</li> <li>• Sistema para la detección y localización de fugas.</li> <li>• Procedimiento para controlar y extinguir fuego provocado por gas.</li> <li>• Sistema contra incendio instalado en la ERM.</li> <li>• Revisión diaria, punto de conexión del ducto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar y poner en práctica una lista de verificación de tuberías con el objeto de llevar un control en cuanto a la integridad mecánica de las mismas.</li> <li>• Asegurar la correcta aplicación del programa de mantenimiento establecido.</li> <li>• Las actividades de verificación visual se deberán realizar diariamente y, al detectar alguna anomalía en la instalación, actuar correctamente con apego a los procedimientos establecidos.</li> <li>• El recubrimiento de la tubería deberá ser epóxico, resistente a las condiciones de humedad y temperatura registradas en la zona donde se ubicará la ERM.</li> </ul>

**Tabla I. 7. Continuación:**

**Nodo 2. Equipo de licuefacción y su tubería de acero al carbón de 4" D.N**

**Intención: Alimentación de gas natural al equipo**

**Parámetro: FLUJO**

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>No hay flujo al equipo de licuefacción.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La tubería de alimentación que conecta al equipo licuador dejó de suministrar gas natural a través de su conexión.</li> <li>• Falla en alguno de los componentes de cierre del flujo automático .</li> <li>• Desconexión total a la entrada al equipo licuador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interrupción del suministro de gas y paro del equipo.</li> <li>• Pérdidas ocasionadas por paro de equipos y por consecuencia en la producción en usuarios finales.</li> <li>• Fuga de gas natural en la alimentación al cuerpo del licuador con riesgo de incendio si entra en contacto con una fuente de ignición (Nube explosiva y/o JetFire)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema contra incendio instalado en área de licuefacción, advierte la situación de emergencia</li> <li>• Revisión diaria de tubería en cuarto de control de proceso.</li> <li>• Procedimiento para la detección y localización de fugas.</li> <li>• Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar el programa de mantenimiento y registrar las actividades en bitácora.</li> <li>• Contar con registros de las verificaciones a realizar en cada inspección.</li> <li>• Contar con un sistema de comunicación directa entre personal de cuarto de control y los operadores de campo del área de licuefacción.</li> <li>• Incluir dentro de un programa, el mantenimiento al sistema contra incendio (fijo y móvil) ubicado en el área, por lo menos una vez al año, y contar con una lista de verificación de las condiciones de dicho sistema.</li> </ul>
Menos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Menos flujo al equipo de licuefacción.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuga en el equipo de alimentación al equipo licuador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgo de incendio si el gas entra en contacto con una fuente de ignición.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema contra incendio instalado en área de licuefacción, advierte la situación de emergencia.</li> <li>• Revisión diaria de tubería en cuarto de control de proceso.</li> <li>• Procedimiento para la detección y localización de fugas.</li> <li>• Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de flujo.</li> <li>• Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de flujo y presión.</li> <li>• Contar con un sistema de comunicación directa entre personal de cuarto de control y los operadores de campo del área de licuefacción.</li> </ul>

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
Más	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor flujo al equipo de licuefacción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en el equipo de alimentación al equipo licuador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuga de gas en la conexión al equipo licuador.</li> <li>• Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de ignición.</li> <li>• Escenario posible: Nube Explosiva y/o JetFire</li> <li>• Pérdidas económicas, fallas en los componentes y accesorios en equipo de licuefacción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de detección de fugas y explosividad instalado y monitoreado desde el cuarto de control.</li> <li>• Alarma sonora y luminosa en campo para advertir a operador de campo.</li> <li>• Revisión diaria de las tuberías de alimentación desde cuarto de control.</li> <li>• Procedimiento para revisar el incremento del flujo de operación.</li> <li>• Procedimiento para el decremento del flujo de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de flujo.</li> <li>• Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores y registros de flujo y presión.</li> <li>• Contar con un sistema de comunicación directa entre personal de cuarto de control y los operadores de campo del área de licuefacción.</li> <li>• Alarma de Detección inmediata en cuarto de control por baja presión a la entrada del licuador.</li> </ul>

**Tabla I. 7. Continuación:**

**Nodo 2. Equipo de licuefacción y su tubería de acero al carbón de 4" D.N.**

**Intención: Alimentación de gas natural al equipo**

**Parámetro: TEMPERATURA**

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
Menos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de la temperatura del gas en alimentación al licuador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descompresión del ducto en <b>CARSO</b> en el sistema de Samalayuca-Sásabe, de suministro, debido a una fuga de gas en ducto de conexión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Activación de las válvulas de control por baja presión.</li> <li>Descontrol en el ajuste en los parámetros de operación a la entrada del licuador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio instalado en licuefacción y cuarto de control de ducto.</li> <li>Procedimiento para el decremento de la temperatura del gas a la entrada al punto de operación del licuador.</li> <li>Procedimiento para el decremento de la temperatura de operación y condiciones de no rutina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de temperatura.</li> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores temperatura.</li> <li>Contar con un sistema de comunicación directa entre personal de cuarto de control y los operadores de campo del área de licuefacción.</li> <li>Publicar hojas de trabajo en la instalación en las que se especifiquen las condiciones de operación del licuador.</li> </ul>
Más	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la temperatura del gas en la alimentación al licuador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la presión de suministro debido a agentes externos tales como un incendio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga de gas en bridas y uniones.</li> <li>Ruptura del tubo de alimentación debido a que la presión de trabajo sobrepasa la resistencia mecánica del mismo.</li> <li>Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de ignición.</li> <li>Pérdidas económicas, fallas en los componentes y accesorios del licuador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio instalado el área de licuefacción.</li> <li>Procedimiento para actuar en el incremento súbito de la temperatura de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal con relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de temperatura.</li> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de temperatura y presión.</li> <li>Contar con un sistema de comunicación directa entre personal de cuarto de control y los operadores de campo del área de licuefacción.</li> <li>Mantener en buen estado el aislamiento de las tuberías de alimentación de manera que no se vea afectada por la generación de incendios cercanos a la instalación.</li> </ul>

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
					<ul style="list-style-type: none"> <li>Publicar hojas de trabajo en la instalación en las que se especifiquen las condiciones de operación.</li> </ul>

**Tabla I.7. Continuación:**

**Nodo 2. Equipo de licuefacción y su tubería de acero al carbón de 4" D.N.**

**Intención: Alimentación de gas natural al equipo**

**Parámetro: PRESIÓN**

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay presión a la entrada al equipo de licuefacción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay presión en el suministro de gas en tubería de alimentación al licuador.</li> <li>Fuga de gas en gasoducto de suministro desde <b>CARSO</b> gasoducto Samalayuca-Sásabe.</li> <li>Válvula de recepción cerrada por descuido de los operadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay flujo en tubería.</li> <li>Se interrumpe el flujo de suministro de gas natural al equipo licuador.</li> <li>Pérdidas económicas ocasionadas por el paro de equipos y por consecuencia de la producción.</li> <li>Riesgo de incendio si el gas fugado entra en contacto con una fuente de ignición.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio instalado en área de licuefacción.</li> <li>Revisión diaria en tubería de alimentación.</li> <li>Procedimiento para el monitoreo de la presión de operación.</li> <li>Procedimiento para el decremento de la presión de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión.</li> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de presión.</li> <li>Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de <b>CARSO</b> para reportar cualquier falla en el suministro de gas.</li> <li>Alarma de ausencia de presión en cuarto de control de planta.</li> <li>Publicar hojas de trabajo en la instalación en las que se especifiquen las condiciones de operación.</li> </ul>
Menos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descompresión a la entrada al equipo de licuefacción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga de gas en tubería y conexión en el suministro.</li> <li>Válvula de esfera parcialmente cerrada por descuido de los operadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riesgo de incendio si el gas entra en contacto con una fuente de ignición, Nube explosiva y/o JetFire</li> <li>Accionamiento de las válvulas de control por baja presión a la entrada del licuador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio instalado área de licuefacción.</li> <li>Procedimiento para el incremento y decremento de la presión de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión.</li> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de presión.</li> <li>Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de <b>CARSO</b> para reportar cualquier falla en el suministro de gas.</li> </ul>

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
Más	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sobrepresión a la entrada al equipo de licuefacción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la temperatura del gas natural, debido a agentes externos, tales como un incendio, provocando alta presión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga de gas en bridas y uniones.</li> <li>Ruptura del tubo de alimentación debido a que la presión de trabajo sobrepasa la resistencia mecánica del mismo.</li> <li>Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de ignición: Nube Explosiva y/o JetFire</li> <li>Pérdidas económicas por fallas en los componentes y accesorios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio y detectores de explosividad instalado área de licuefacción.</li> <li>Procedimiento para el incremento de la presión de operación.</li> <li>Procedimiento para el decremento de la presión de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión.</li> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores presión.</li> <li>Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de <b>CARSO</b> para reportar cualquier falla en el suministro de gas.</li> <li>Mantener en buen estado el aislamiento de las tuberías de alimentación, de manera que no se vea afectada por la generación de incendios cercanos a la instalación.</li> <li>Publicar hojas de trabajo en la instalación en las que se especifiquen las condiciones de operación.</li> </ul>

**Tabla I. 7. Continuación:**

**Nodo 2. Equipo de licuefacción y su tubería de acero al carbón de 4" D.N.**

**Intención: Alimentación de gas natural al equipo**

**Parámetro: MANTENIMIENTO**

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausencia de mantenimiento en la instalación a la entrada al equipo de licuefacción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No existe un programa de mantenimiento establecido.</li> <li>Falta de supervisión y control en la operación desde el cuarto de control de licuefacción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afectaciones a la tubería por corrosión.</li> <li>Incertidumbre en la integridad mecánica de la instalación.</li> <li>Gastos de operación por pérdidas ocasionadas en tuberías y accesorios.</li> <li>Generación de fugas por desgaste del material en</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa de mantenimiento y procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego.</li> <li>Sistema para la detección y localización de fugas.</li> <li>Procedimiento para controlar y extinguir fuego provocado por gas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poner en práctica y asegurarse que el programa de mantenimiento esté debidamente identificado y que contemple todas las actividades de mantenimiento así como los responsables del mismo y la frecuencia de su aplicación.</li> <li>Elaborar y poner en práctica un programa de capacitación dirigido al personal operativo en relación con los</li> </ul>

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
			tubería de acero y accesorios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema contra incendio y detección de explosividad instalado y monitoreado en el cuarto de control.</li> </ul>	<p>procedimientos establecidos para la ejecución de las actividades de mantenimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar la correcta operación de los sistemas contra incendio instalados en planta de licuefacción.</li> </ul>
Menos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frecuencia de mantenimiento insuficiente a la entrada al equipo de licuefacción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de mantenimiento deficiente (falta de calendarización de actividades, acciones incompletas, falta de actividades preventivas, principalmente).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incertidumbre en la operación eficiente de la alimentación de gas al licuador.</li> <li>• Presencia de corrosión y aumento del riesgo por fugas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de mantenimiento y procedimientos para la atención de fugas con o sin fuego.</li> <li>• Sistema contra incendio y detección de explosividad instalado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir un responsable de la elaboración y ejecución del programa de mantenimiento, así como un supervisor que asegure la correcta aplicación del mismo.</li> <li>• Evaluar constantemente al personal de manera que se asegure la eficiente capacidad de respuesta ante una emergencia o simplemente para la ejecución de las actividades de mantenimiento con el fin de prevenir la afectación a la instalación debido a maniobras erróneas por parte de los operadores.</li> </ul>
Otro que	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños involuntarios del personal al aplicar las actividades de mantenimiento a la entrada al equipo de licuefacción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de capacitación del personal operativo.</li> <li>• Falta de conocimiento y habilidades de contratistas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectación a la integridad mecánica de la instalación.</li> <li>• Gastos de operación por fallas humanas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de mantenimiento.</li> <li>• Procedimiento para el manejo e instalación de tubería de acero.</li> </ul>	

**Tabla I. 7. Continuación:**  
**Nodo 2. Equipo de licuefacción y su tubería de acero al carbón de 4" D.N.**  
**Intención: Alimentación de gas natural al equipo**  
**Parámetro: CORROSIÓN**

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
Más	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exceso de corrosión en las conexiones del equipo de licuefacción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de aplicación del programa de mantenimiento.</li> <li>Deficiencia en las verificaciones de cumplimiento de programas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruptura de las líneas de gas en caso de existir una sobrepresión.</li> <li>Incertidumbre en la integridad mecánica de la instalación.</li> <li>Riesgo de incendio en caso de existir fugas de gas que entren en contacto con una fuente de ignición.</li> <li>Pérdidas económicas debido a la falla de los materiales de accesorios y líneas de conducción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa para mantenimiento en licuefacción.</li> <li>Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego.</li> <li>Sistema para la detección y localización de fugas.</li> <li>Procedimiento para controlar y extinguir fuego provocado por gas.</li> <li>Sistema contra incendio instalado en área de licuefacción.</li> <li>Revisión diaria del punto de conexión del gasoducto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar y poner en práctica una lista de verificación de tuberías con el objeto de llevar un control en cuanto a la integridad mecánica de las mismas.</li> <li>Asegurar la correcta aplicación del programa de mantenimiento establecido.</li> <li>Las actividades de verificación visual se deberán realizar diariamente y, al detectar alguna anomalía en la instalación, actuar correctamente con apego a los procedimientos establecidos.</li> <li>El recubrimiento de la tubería deberá ser efectivo y resistente a las condiciones de humedad y temperatura registradas en la zona del Proyecto.</li> </ul>

**Tabla I. 7. Continuación**

**Nodo 3. Fuga en tanque almacén de gas licuado a través de orificio de 2" D.N.**

**Intención: Almacenamiento de gas natural licuado**

**Parámetro: FLUJO**

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay flujo de gas natural licuado al tanque en operación de llenado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La alimentación del tanque en operación de llenado no está alineada</li> <li>Falla en alguno de los componentes control de llenado del tanque.</li> <li>Actuador de bloqueo de llenado cerrado por identificación de falla en tanque receptor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interrupción del suministro de gas natural licuado a tanque de almacenamiento.</li> <li>Pérdidas ocasionadas por paro de equipos y por consecuencia en la producción.</li> <li>Fuga de gas licuado en tanque receptor con riesgo de incendio si entra en contacto con una fuente de ignición.</li> <li>Posible Nube Explosiva y/o JetFire y/o Bleve</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio y detección de explosividad instalado y monitoreado en el cuarto de control.</li> <li>Procedimiento para controlar fugas de gas sin fuego presente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicar el programa de mantenimiento y registrar las actividades en bitácora.</li> <li>Contar con registros de las verificaciones a realizar en cada inspección.</li> <li>Contar con un sistema de comunicación directa con el cuarto de control y atención de emergencias, para notificar oportunamente.</li> <li>Incluir dentro de un programa el mantenimiento al sistema contra incendio (fijo y móvil) ubicado el área de almacenamiento de gas natural licuado, por lo menos una vez al año, y contar con una lista de verificación de las condiciones de dicho sistema.</li> </ul>
Menos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menos flujo de gas natural licuado al tanque en operación de llenado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga en el tanque de almacenamiento de gas natural licuado en operación de llenado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riesgo de incendio si el gas entra en contacto con una fuente de ignición.</li> <li>Nube explosiva y/o JetFire y posible Bleve.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio y detección de explosividad instalado y monitoreado en el cuarto de control.</li> <li>Procedimiento para la detección, localización y control de fugas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión.</li> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de flujo y presión.</li> <li>Contar con un sistema de comunicación directa con el cuarto de control y atención de emergencias para notificar oportunamente.</li> </ul>
Más	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor flujo de gas natural licuado al tanque en operación de llenado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de flujo y presión en el llenado del tanque almacén en la recepción del producto terminado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga de gas en bridas y uniones.</li> <li>Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de ignición.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio y detección de explosividad instalado y monitoreado en el cuarto de control.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión.</li> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de flujo y presión.</li> </ul>

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdidas económicas y fallas en los componentes y accesorios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimiento para la detección, localización y control de fugas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contar con un sistema de comunicación directa con el cuarto de control y atención de emergencias para notificar oportunamente.</li> </ul>

**Tabla I. 7. Continuación**
**Nodo 3. Fuga en tanque almacén de gas licuado a través de orificio de 2" D.N.**
**Intención: Almacenamiento de gas natural licuado**
**Parámetro: TEMPERATURA**

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
Menos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de la temperatura del gas al tanque en operación de llenado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falla en los controles del proceso de licuefacción al incumplir los parámetros de salida a tanques almacén.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Activación de las válvulas de control por temperatura.</li> <li>• Riesgo de incendio si el gas entra en contacto con una fuente de ignición, posible formación de una Nube Explosiva y/o Jet Fire, Blevé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema contra incendio y detección de explosividad instalado y monitoreado en el cuarto de control.</li> <li>• Procedimiento para el decremento o incremento de la temperatura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de temperatura.</li> <li>• Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores temperatura.</li> <li>• Contar con un sistema de comunicación directa con el cuarto de control y atención de emergencias para notificar oportunamente</li> </ul>
Más	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la Temperatura del gas al tanque en operación de llenado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la presión de suministro debido a agentes externos tales como un incendio.</li> <li>• Pérdida de la efectividad del sistema de aislamiento físico para mantener la</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuga de gas en bridas y uniones.</li> <li>• Posible falla de la tubería, ruptura debido a que la temperatura de trabajo sobrepasa la resistencia mecánica de la misma.</li> <li>• Riesgo de incendio si la fuga alcanza una fuente de ignición, posible nube</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema contra incendio y detección de explosividad instalado y monitoreado en el cuarto de control.</li> <li>• Procedimiento para el decremento e incremento de la temperatura de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de temperatura.</li> <li>• Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de temperatura y presión.</li> <li>• Contar con un sistema de comunicación directa con el cuarto de control y atención de emergencias para notificar oportunamente.</li> <li>• Asegurar la efectividad de sistema físico de aislamiento para mantener la temperatura</li> </ul>

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
		<p>temperatura de especificación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Descontrol de la temperatura en la salida de licuefacción fuera de los parámetros de producto terminado.</li> </ul>	<p>Explosiva y/o JetFire o Blevé</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdidas económicas por fallas en los componentes y accesorios en llenado tanque almacén.</li> </ul>		<p>en la operación de llenado y almacenamiento en tanque.</p>

**Tabla I. 7. Continuación**

**Nodo 3. Fuga en tanque almacén de gas licuado a través de orificio de 2" D.N.**

**Intención: Almacenamiento de gas natural licuado**

**Parámetro: PRESIÓN**

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay presión en la alimentación de gas licuado al tanque en operación de llenado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El equipo de licuefacción dejó de enviar gas al tanque almacén en operación de llenado.</li> <li>Pérdida de la integridad en tanque almacén a través de orificio.</li> <li>Válvula de control de presión en posición cerrada por falla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay flujo desde el tanque almacén en operación de llenado.</li> <li>Se interrumpe el flujo de suministro de gas natural licuado a la operación de llenado.</li> <li>Pérdidas económicas ocasionadas por el paro de equipos y por consecuencia de la producción.</li> <li>Riesgo de incendio si el gas fugado entra en contacto con una fuente de ignición.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio y detección de explosividad instalado y monitoreado en el cuarto de control.</li> <li>Procedimiento para el decremento e incremento de la presión en la operación de llenado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión.</li> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de presión.</li> <li>Contar con un sistema de comunicación directa con el cuarto de control y atención de emergencias para notificar oportunamente.</li> <li>Publicar hojas de trabajo en la instalación en las que se especifiquen las condiciones de operación.</li> </ul>
Menos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descompresión en la alimentación de gas natural licuado al</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga de gas en el tanque almacén</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riesgo de incendio si el gas entra en contacto con una fuente de ignición, posible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio y detección de explosividad instalado y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para</li> </ul>

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
	<b>tanque en operación de llenado.</b>	<p>durante la operación de llenado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Válvula de control de flujo parcialmente cerrada por descuido de los operadores.</li> </ul>	<p>Nube Explosiva y/o JetFire y Bleve</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Accionamiento de las válvulas de control por baja presión a la salida del licuador y del mismo tanque almacén.</li> </ul>	<p>monitoreado en el cuarto de control.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión diaria vía inspección de los controles de temperatura a la salida del licuador y en el tanque almacén.</li> </ul>	<p>atender incrementos y decrementos de presión.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de presión.</li> <li>Contar con un sistema de comunicación directa con el cuarto de control y atención de emergencia para notificar oportunamente.</li> <li>Publicar hojas de trabajo en la instalación en las que se especifiquen las condiciones de operación.</li> </ul>
<b>Más</b>	<b>• Sobre presión en la alimentación de Gas Licuado al tanque en operación de llenado.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la temperatura del gas natural, debido a agentes externos, tales como un incendio provocando alta presión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga de gas en bridas y uniones.</li> <li>Ruptura del tubo de alimentación debido a que la presión de trabajo sobrepasa la resistencia mecánica del mismo.</li> <li>Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de ignición, Nube Explosiva y/o JetFire y Bleve.</li> <li>Pérdidas económicas por fallas en los componentes y accesorios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio y detección de explosividad instalado y monitoreado en el cuarto de control.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal en relación a la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión.</li> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores presión.</li> </ul>

**Tabla I. 7. Continuación**

**Nodo 4. Carga desde tanque almacén a medio de transporte ruptura de manguera de 15 m longitud 2" D.N.**

**Intención: Carga de gas licuado a equipos de transporte**

**Parámetro: PRESIÓN**

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
No	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay presión en la alimentación de gas natural licuado al medio de transporte en la operación de llenado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El equipo de bombeo licuefacción dejó de enviar gas del tanque almacén a la pipa en operación de llenado.</li> <li>El tanque almacén está vacío y no se detecta presión.</li> <li>Válvula de control de presión en posición cerrada por falla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay flujo desde el tanque almacén a la pipa en operación de llenado.</li> <li>Se interrumpe el flujo de suministro de gas licuado a la operación de llenado de pipa.</li> <li>Pérdidas económicas ocasionadas por el paro de equipos y por consecuencia de la producción.</li> <li>Riesgo de incendio si el gas fugado entra en contacto con una fuente de ignición.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio y detección de explosividad instalado y monitoreado en área de llenado, con señal en el cuarto de control.</li> <li>Procedimiento para el decremento e incremento de la presión en la operación de llenado de pipas de transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión.</li> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de presión.</li> <li>Contar con un sistema de comunicación directa con el cuarto de control y atención de emergencias para notificar oportunamente.</li> <li>Publicar hojas de trabajo en la instalación en las que se especifiquen las condiciones de operación.</li> </ul>
Menos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descompresión en la alimentación de gas natural licuado al medio de transporte en la operación de llenado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga de gas en el tanque almacén durante la operación de llenado de pipas de transporte.</li> <li>Válvula de control de flujo parcialmente cerrada por descuido de los operadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riesgo de incendio si el gas entra en contacto con una fuente de ignición, posible Nube Explosiva y/o JetFire y Bleve.</li> <li>Accionamiento de las válvulas de control por baja presión a la salida del licuador y del mismo tanque almacén.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio y detección de explosividad instalado y monitoreado en el área de llenado de pipas con señal en el cuarto de control.</li> <li>Revisión diaria vía inspección de los controles de temperatura a la salida del licuador y en el tanque almacén.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión.</li> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores de presión.</li> <li>Contar con un sistema de comunicación directa con el cuarto de control y atención de emergencias para notificar oportunamente.</li> <li>Publicar hojas de trabajo en la instalación en las que se especifiquen las condiciones de operación.</li> </ul>
Más	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sobrepresión en la alimentación de gas licuado al medio de transporte en la operación de llenado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falla total de la manguera por ruptura.</li> <li>Aumento de la presión del gas natural debido a agentes externos tales como un</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga de gas en bridas y uniones.</li> <li>Ruptura del tubo de alimentación debido a que la presión de trabajo sobrepasa la resistencia mecánica del mismo.</li> <li>Riesgo de incendio si se alcanza una fuente de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema contra incendio y detección de explosividad instalado y monitoreado en el área de llenado de pipas con señal en el cuarto de control.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal en relación con la aplicación de los procedimientos para atender incrementos y decrementos de presión.</li> <li>Llevar un registro diario de las lecturas en los medidores presión.</li> <li>Supervisión en las inspecciones, revisión y pruebas hidrostáticas a mangueras,</li> </ul>

GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SALVAGUARDA	RECOMENDACIÓN
		incendio, provocando alta presión. • Falla en el control de la válvula a la salida del tanque almacén.	ignición, Nube Explosiva y/o JetFire y Blevé. • Pérdidas económicas por fallas en los componentes y accesorios.		cuidado y conservación de la vida útil y factor de seguridad.

#### **I.4. Evaluación y jerarquización de riesgo**

Como resultado de los análisis realizados con base en las memorias técnico descriptivas y diagramas de instrumentación de los equipos de proceso de la planta de licuefacción del proyecto "**Sonora ssLNG**" y así como lo aplicable de la Estación de Regulación y Medición (ERM) del proveedor **CARSO** en el punto de conexión 23, se tomaron en cuenta aquellos sucesos donde estuvieran involucrados los eventos similares, incluyendo los siguientes accesorios: válvulas de seguridad, medidores, bridas, reguladores y tuberías de conducción, procedimientos y sistemas de protección, para la determinación de las desviaciones, causas y consecuencias de eventos producidos por fallas mecánicas o de operatividad.

Para establecer la probabilidad de que se presenten las desviaciones establecidas en cada uno de los nodos, se empleó el método Árbol de Fallas, mediante metodología del FaultREASE, Arthur D'Little, versión 2.0, metodología que se describe en el siguiente punto. También se utilizó literatura especializada como Loss Prevention in the Process Industries. Frank P. Less, second edition, volume I, II y III.

El presente estudio de riesgo fue incluida la revisión de los siguientes elementos:

- Las instalaciones de recepción de gas natural desde la ERM de **CARSO** en su tramo Samalayuca-Sásabe posición 23.
- Los procedimientos, la información de materiales y los equipos utilizados en los procesos y operaciones para la licuefacción.
- Los Análisis de Riesgo de Proceso (ARP) realizados para el proyecto "**Sonora ssLNG**" a sus procesos y operaciones.

La metodología aplicada en el Procedimiento de Análisis de Riesgos en Procesos del procedimiento, mismo que se describe a continuación y se muestra en el diagrama incluido al final de la descripción.

1. Identificar las posibles desviaciones y Riesgos Potenciales del Proceso;
2. Identificar los escenarios potenciales;

La identificación de los escenarios potenciales o el cómo los eventos no deseados podrían ocurrir se realizó mediante la aplicación de las metodologías específicas de revisión de peligros de proceso "HAZOP".

1. Determinar los efectos físicos del incidente. Esto se llevó a cabo mediante el análisis de los escenarios potenciales identificados.
2. Determinar el nivel de consecuencia que describa al incidente. Típicamente, una emisión de material o energía puede eventualmente impactar la población, el ambiente o instalaciones y causar un daño de determinado nivel de consecuencias. Mediante el análisis de las consecuencias el equipo o grupo analista establece la categoría del evento no deseado. Si el nivel de consecuencia para los

eventos peligrosos identificados no es obvio entonces, el nivel de consecuencia de 1 a 5 se define de acuerdo con lo establecido en la Tabla I.10.

**Tabla I. 7. Criterios para determinar el nivel de consecuencia**

NIVEL DE CONSECUENCIA	CRITERIO
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 o más fatalidades de trabajadores y/o lesiones incapacitantes permanentes, o</li> <li>- 1 o 2 fatalidades y/o lesiones incapacitantes permanentes a miembros del público en general, o</li> <li>- Cualquier lesión a 3 o más miembros del público general, o</li> <li>- Daño extensivo al medio ambiente fuera del sitio y/o costos de remediación de más de \$10 millones de dólares, o</li> <li>- Daño permanente al hábitat terrestre, agua dulce y/o marino, o</li> <li>- Atención o respuesta adversa de medios globales de comunicación.</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 o 2 fatalidad de trabajadores y/o lesiones incapacitantes permanentes, o</li> <li>- Heridas serias a 3 o más trabajadores, o</li> <li>- Cualquier herida a 1 o 2 miembros del público general, o</li> <li>- Impacto ambiental significativo y/o costo de remediación entre \$1 y \$10 millones de dólares, o</li> <li>- Daño significativo o de largo plazo al hábitat terrestre, agua dulce y/o marino, o</li> <li>- Atención o respuesta adversa de medios nacionales de comunicación.</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Heridas serias a 1 o 2 trabajadores, o</li> <li>- Heridas menores a 3 o más trabajadores, o</li> <li>- Impacto ambiental moderado y/o costos de remediación entre 100 mil y un millón de dólares, o</li> <li>- Alto número de quejas de la comunidad, o</li> <li>- Atención o respuesta adversa de medios locales de comunicación.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Heridas menores a 1 o 2 trabajadores, o</li> <li>- Impacto ambiental menor con menos de 100 mil dólares en remediación, o</li> <li>- Emisión por encima del límite de reporte de RETC , o</li> <li>- Algunas quejas de la comunidad (molestia: ruido, olor, luz), o</li> <li>- Sin respuesta adversa del publico</li> </ul>
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sin efectos adversos a salud de los trabajadores, o</li> <li>- Sin impacto ambiental o</li> <li>- Sin conocimiento del público</li> </ul>

3. Evaluar el nivel de consecuencia. De acuerdo con la metodología, si la peor consecuencia identificada por el equipo analista de riesgos corresponde a un nivel de consecuencia 1 o 2, entonces el análisis de ese escenario se concluye para que el equipo se enfoque al análisis de eventos con riesgos potenciales más significativos. Para los eventos con niveles de consecuencia 3, 4 y 5 el equipo profundiza en el análisis del riesgo y estima la frecuencia de todas las consecuencias posibles tomando en cuenta la confiabilidad de los sistemas de protección.

Cuando se tiene una mejor práctica (RAGAGEP: Buena Práctica de Ingeniería Reconocida y Aceptada Generalmente), esta debe aplicarse al proceso y las diferencias encontradas deben convertirse en recomendaciones, no siendo necesario la determinación del nivel de frecuencia y de riesgo para la justificación de estas recomendaciones.

4. Determinar el nivel de frecuencia del incidente. La metodología establece que solo para los riesgos con niveles de consecuencias de 3, 4 y 5 se debe determinar el nivel de frecuencia. Para evaluar la frecuencia de ocurrencia de los diferentes eventos que se trata de prevenir, el equipo

analista aplica la Tabla I.11, debiendo estimarse y seleccionarse el nivel de frecuencia del 1 al 6 que mejor describa el rango de la frecuencia del evento analizado. Para el cálculo cuantitativo del nivel de frecuencia de una combinación determinada de demanda, falla y efecto, normalmente se usa el Árbol de Fallas para calcular la frecuencia en la que puede ocurrir el evento.

Durante el desarrollo del árbol de fallas, el equipo evalúa el desempeño de los sistemas de protección o respuesta con los que cuenta y calcula la frecuencia con la que podría fallar el equipo o sistema en estudio, utilizando los datos de frecuencia de falla conocidos o bien, los establecidos en la metodología. De ser necesario, se utiliza un Árbol de Eventos para evaluar todas las consecuencias que podrían resultar del evento e identificar las consecuencias del mayor nivel de riesgo, considerando las medidas de respuesta.

**Tabla I. 8. Criterios para determinar el nivel de frecuencia**

NIVEL DE FRECUENCIA	CRITERIO	
	CUALITATIVO	CUANTITATIVO
6	Muy Alta	Mayor o igual $1 \times 10^{-2}$ /año (Más frecuente que 1 vez en 100 años)
5	Alta	Entre $1 \times 10^{-3}$ y $9.9 \times 10^{-3}$ /año (Entre 1 en 100 y 1 en 1,000 años)
4	Moderada	Entre $1 \times 10^{-4}$ y $9.9 \times 10^{-4}$ /año (Entre 1 en 1000 y 1 en 10,000 años)
3	Baja	Entre $1 \times 10^{-5}$ y $9.9 \times 10^{-5}$ /año (Entre 1 en 10,000 y 1 en 100,000 años)
2	Muy Baja	Entre $1 \times 10^{-6}$ y $9.9 \times 10^{-6}$ /año (Entre 1 en 100,000 y 1 en 1,000,000 de años)
1	Remota	Menos de $1 \times 10^{-6}$ / año (Menos que 1 vez en 1,000,000 años)

5. Determinar el nivel de riesgo del incidente. El nivel de riesgo se obtiene a partir del nivel de consecuencia y el nivel de frecuencia de acuerdo con lo indicado en la siguiente matriz, donde un nivel de riesgo "A" es el más alto y un nivel "E" es el más bajo. Esta evaluación también se utiliza para jerarquizar y establecer las prioridades entre los riesgos identificados y las recomendaciones para su prevención, ver tabla I.12.

**Tabla I. 9. Nivel de riesgo**

		NIVEL DE RIESGO				
		D	C	B	A	A
F R E C U E N C I A	6	D	C	B	A	A
	5	D	D	B	A	A
	4	D	D	C	B	A
	3	E	D	D	C	B
	2	E	E	E	D	C
1	E	E	E	D	D	
		1	2	3	4	5
		CONSECUENCIA				

Una vez que se determina el nivel de riesgo, se deben aplicar las acciones cuando se identifican escenarios potenciales que incluyan lesiones, fatalidades o impactos ambientales, de acuerdo a la siguiente tabla:

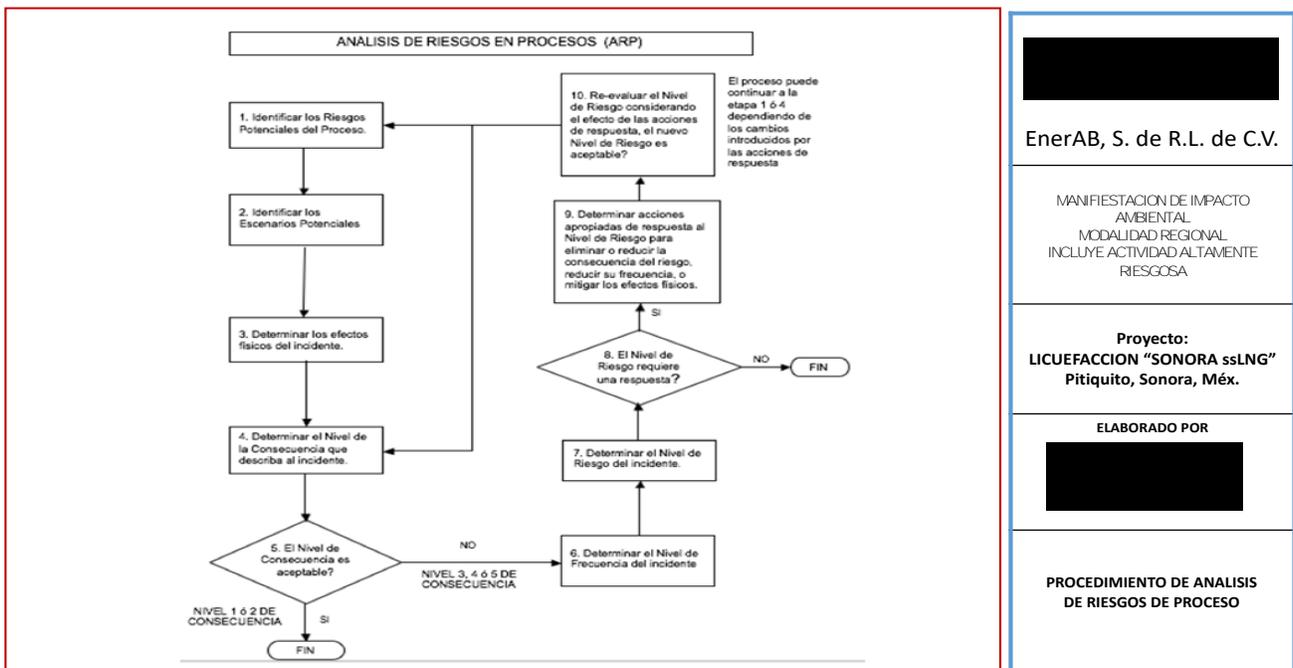
**Tabla I. 10. Guía de acciones para los riesgos**

Nivel de Riesgo	GUIA DE RESPUESTA AL RIESGO
A	1. El nivel de riesgo debe ser reducido.

Nivel de Riesgo	GUIA DE RESPUESTA AL RIESGO
	2. Si el director del proyecto conjuntamente con el director de la unidad de negocio y el presidente de operaciones deciden continuar operando el proceso de transporte en el estado actual hasta que las recomendaciones para reducir el riesgo puedan ser implementadas, entonces el director debe comunicar esta decisión por escrito a un miembro apropiado del consejo de la empresa en un término corto. 3. La operación de un proceso con riesgo A no procederá sin la aprobación por escrito de un miembro apropiado de la alta administración. La aprobación debe ser recibida en otros cinco días laborales.
<b>B</b>	1. El nivel de riesgo debe de ser reducido si es factible. 2. La operación de una instalación con un riesgo B debe ser autorizada por el director de la unidad. 3. Si la decisión es operar la instalación permanentemente en el estado actual, el director de sitio debe comunicar por escrito esa decisión al director de la unidad.
<b>C</b>	1. El nivel de riesgo debe de ser reducido si es factible económicamente. 2. La factibilidad económica de la propuesta para reducir el riesgo será determinada por la administración del sitio. Se deberá considerar tanto la efectividad de las propuestas en la reducción del riesgo, así como su impacto económico en el negocio.
<b>D</b>	1. El nivel de riesgo debe de ser reducido si es factible económicamente. 2. La factibilidad económica de la propuesta para reducir el riesgo será determinada por el equipo de ARP utilizando las guías que se encuentran en la metodología.
<b>E</b>	1. No se requiere ninguna acción.

La metodología y técnicas aplicadas se muestran en el siguiente diagrama del proceso de análisis de riesgos en procesos.

**Fig. I. 8. Procedimiento de análisis de procesos**



### **I.5. Árbol de Fallas**

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

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

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

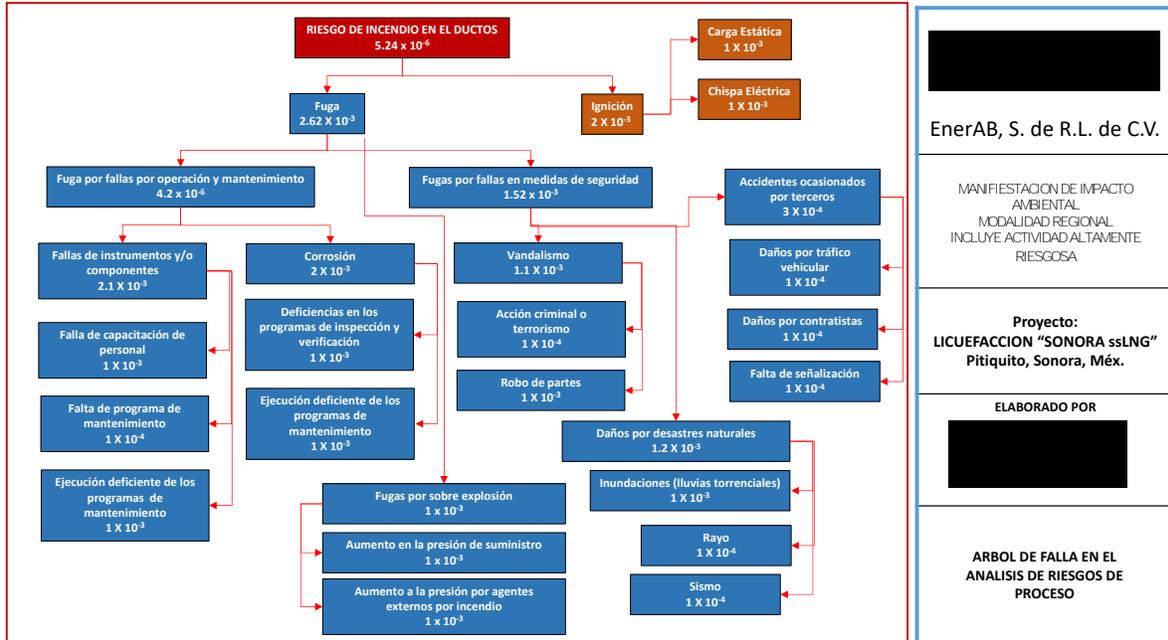
El Árbol se desarrolla en sus distintas ramas hasta alcanzar una serie de "sucesos básicos", denominados así porque no precisan de otros anteriores a ellos para ser explicados. También alguna rama puede terminar por alcanzar un "suceso no desarrollado" en otros, sea por falta de información o por la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

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

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

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

Fig. I. 9. Árbol de Fallas por error humano



### I.6. Escenarios a modelación de riesgos ambientales identificados

La selección de los eventos a simular se basó en criterios de peligrosidad de los materiales manejados, los volúmenes de almacenamiento y las condiciones de operación de los procesos. Estos criterios fueron utilizados por los analistas de riesgo dada la naturaleza de las actividades que realizarán en el proyecto "Sonora ssLNG".

Una fuga procedente de las tuberías o equipos deriva en el traslado de una masa de gas o vapor a través de la atmósfera en forma de una nube limitada geoméricamente o de una pluma gaseosa, con un punto de escape y una masa extendida en la dirección del viento y con la distribución de distintas concentraciones en su interior. Ambas formas de emisión están sometidas a un grado creciente de dispersión en el aire que hace que las concentraciones en la nube o en la pluma vayan disminuyendo conforme transcurre el tiempo y se alejan del punto de emisión.

El grado de dispersión depende de varios factores donde los más relevantes son la cantidad de material emitida, la densidad de la nube de gas, la estabilidad de la atmósfera y la altura del punto de emisión.

Para determinar los radios potenciales de afectación se utilizó el programa de simulación ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) v 5.4.6., desarrollado por la Agencia para la Protección Ambiental (EPA) y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) ambos de los Estados Unidos de América.

Los eventos modelados en cada escenario serán nube explosiva, incendio (radiación térmica) Jetfire y explosión (sobrepresión) y en un solo caso la formación de una Blevé, de acuerdo con la "Guía para la Presentación del Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgo" de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

La jerarquización de los riesgos identificados se realizó de acuerdo a las características de peligrosidad de los materiales, las cantidades de manejo en las operaciones manejo en la planta de licuefacción y en la recepción del gas natural en estado gaseoso y las condiciones de operación, por lo anterior los radios de afectación se han obtenido para los siguientes escenarios:

Tabla I. 11. Escenarios potenciales de riesgo

N°	ESCENARIOS POTENCIALES CON RIESGOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	ESTADO	TEMP (°C)	PRESION Kg/cm2	ALTURA (m)	TIEMPO min	ESCENARIOS A MODELAR			UBICACIÓN UTM
							INFLAMABILIDAD	SOBREPRESIONES	RADIACION TERMICA	
1	ESC.1. Se presenta una fuga al 100% en ramal de 12" de D.N. en una zona al aire libre en el tramo de la conexión con el proveedor de transporte de gas natural, ubicado a 550 metros del proyecto "SONORA ssLNG". La fuga se presenta debido a un daño mecánico a la tubería a consecuencia de una mala operación del equipo de excavación durante una actividad de mantenimiento en las cercanías del ducto, debido a la pericia del operador del equipo pesado. La emergencia genera los siguientes eventos potenciales: nube explosiva y explosión	GAS	32	58.92	1.5	1	✓	✓	✓	403094.49 E 3395735.62 N
	Se presenta una fuga al 20% en ramal de 12" de D.N. en una zona al aire libre en el tramo de la interconexión con el proveedor de transporte de gas natural, ubicado a 550 metros del proyecto "SONORA ssLNG". La fuga se presenta debido a un daño mecánico a la tubería a consecuencia de una mala operación del equipo de excavación durante una actividad de mantenimiento en las cercanías del ducto, debido a la pericia del operador del equipo pesado. El material liberado puede generar tres tipos de eventos al entrar en contacto con una fuente de ignición: nube explosiva, explosión y/o JetFire.	GAS	32	58.92	1.5	1	✓	✓	✓	403094.49 E 3395735.62 N
2	Se presenta fuga de gas natural en conexión de 4" de D.N. a la entrada del equipo de licuefacción, liberando gas al ambiente durante un lapso de 5 minutos a una presión de 105.83 m <sup>3</sup> /min (1.524e+005 Nm <sup>3</sup> /día) hasta que es controlada la fuga mediante el cierre manual de la válvula VLV-100 como mecanismo de bloqueo más próximo al sistema.	GAS	32	58.92	0.5	5	✓	✓	✓	403063.68 E 3395747.05 N
	Se presenta una fuga de gas natural en estado líquido debido a un orificio de 2" de diámetro en el cuerpo del tanque ubicado en el área de almacenamiento de producto terminado. En este sitio se ubican 4 tanques de 50,000 galones cada uno. El	LIQ	32	1.05	1.5	1	✓	✓	✓	403033.30 E

N°	ESCENARIOS POTENCIALES CON RIESGOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	ESTADO	TEMP (°C)	PRESION Kg/cm2	ALTURA (m)	TIEMPO min	ESCENARIOS A MODELAR			UBICACIÓN UTM
							INFLAMABILIDAD	SOBREPRESIONES	RADIACION TERMICA	
	<p>producto se encuentra almacenado a una presión de 15 psig (1.05 kg/cm2) y a una temperatura de -156.8 °C. La emergencia genera los siguientes eventos potenciales: nube explosiva, explosión y bleve (se modela también la generación de una Bleve).</p>									3395681.82 N
4	<p>Se presenta fuga de gas natural en estado líquido debido a una rotura de manguera de 2" de diámetro durante la operación de trasvase de producto terminado a la unidad de transporte para su entrega al cliente. El producto almacenado que se trasvasa se encuentra a una presión de 15 psig (1.05 kg/cm2) y a una temperatura de -156.8 °C. El transvase se efectúa mediante una bomba sumergible de 300 galones/min y la longitud de la manguera de carga es de 15 metros de longitud. El evento ocurre fuera del área de dique de tanques en una superficie de 400 m². La emergencia genera los siguientes eventos potenciales: nube explosiva y explosión.</p>	LIQ	32	1.05	1.5	1	✓	✓	✓	403037.00 E 3395656.19 N

## **ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**



**PRESENTADA ANTE:**  
**AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AL**  
**AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS (ASEA)**



**PROMOVENTE**  
**EnerAB S. de R.L. de C.V.**

**CAPITULO II:**  
**DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS**  
**INSTALACIONES**

**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116  
PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA  
LFTAIP.**

**ÍNDICE**

<b>II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.....</b>	<b>3</b>
<b>II.1. RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN .....</b>	<b>3</b>
II.1.1. Riesgos ambientales identificados .....	3
II.1.2. Eventos probables de riesgo .....	8
II.1.3. Resultados de las modelaciones de riesgo.....	10
II.1.4. Interacciones de riesgo .....	17
II.1.5. Efectos sobre el Sistema Ambiental Regional .....	21
II.1.6. Medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas. ....	21

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

### II.1. RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

#### II.1.1. Riesgos ambientales identificados

Con base en la guía para la elaboración de estudios de riesgo publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), los valores de los dos parámetros que definen los radios potenciales de afectación son los siguientes:

**Tabla II. 1. Parámetros de caracterización de zonas de alto riesgo y de amortiguamiento.**

PARÁMETRO	ZONAS	
	ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR)	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA)
Inflamabilidad (Radiación Térmica)	5 KW/m <sup>2</sup>	1.4 KW/m <sup>2</sup>
Explosión (Sobrepresión)	0.070 Kg/cm <sup>2</sup> 1 psig	0.035 Kg/cm <sup>2</sup> (0.5 psig)
Explosividad (% LEL)	60%	10%

La huella potencial de peligro es aquella sobre la cual un accidente determinado es capaz de producir algún nivel de consecuencia indeseable. Una zona de vulnerabilidad se define como el área dentro del círculo creada por la rotación de una radio (pétalo) de peligro alrededor de su propio punto de origen, asumiendo que esos serían los posibles afectaciones en cualquiera de las direcciones de la rosa de los vientos, en sus frecuencias de dirección. Excepto para aquellos accidentes que producen huellas de peligro, el área total dentro de una zona de vulnerabilidad no puede ser afectada de manera simultánea por los efectos de un accidente único.

La selección de los eventos a simular se basó en criterios de peligrosidad de los materiales, los volúmenes de almacenamiento, las condiciones de operación o las características CRETIB de las sustancias manejadas. Estos criterios fueron utilizados en los análisis de riesgo. En todo el sistema existe una serie de tuberías, accesorios y equipos que pueden llegar a fallar bajo determinadas circunstancias y dado que están sometidas a presión interna positiva, en caso de fallas, la emisión de una sustancia peligrosa a la atmósfera es inmediata.

Una fuga procedente de las tuberías, equipos y accesorios deriva en el traslado de una masa de vapor o gas de una sustancia a través de la atmósfera en forma de una nube limitada geoméricamente o de una pluma gaseosa, o de un área de radiación térmica en el caso de un chorro de fuego (JetFire) con un punto de escape y una masa extendida en la dirección del viento y con la distribución de distintas concentraciones en su interior. Dichas formas de emisión están sometidas a un grado creciente de dilución en el aire que hace que las concentraciones en la nube o en la pluma vayan disminuyendo conforme transcurre el tiempo y se alejan del punto de emisión. El grado

de dispersión depende de varios factores donde los más relevantes son la cantidad de material emitida, la densidad de la nube de gas, la estabilidad de la atmósfera y la altura del punto de emisión.

En materia de la estabilidad empleada, se tiene que la A, B y C representan las horas diurnas con condiciones inestables. La estabilidad D los días o noches con cielo cubierto con condiciones neutrales. Las estabilidades E y F las condiciones nocturnas estables y se basan en la cantidad de cobertura de nubes. Por consiguiente, la clasificación A representa condiciones de gran inestabilidad y la **clasificación F, de gran estabilidad.**

El criterio que se seguirá para las modelaciones en materia de estabilidad atmosférica para el proyecto **"Sonora ssLNG" será la Estabilidad F.**

Para determinar los radios potenciales de afectación se utilizó el programa de simulación ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) v 5.4.6. desarrollado por U.S. Environmental Protection Agency's Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office (CEPPO) y la National Oceanic and Atmospheric Administration's Office of Response and Restoration (NOAA OR&R).

Los eventos modelados en cada escenario fueron incendio (JetFire), explosividad (Nube Explosiva) y explosión (Bleve), de acuerdo con la "Guía para la Presentación del Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgo" de la SEMARNAT.

La jerarquización de los riesgos identificados se realizó de acuerdo con las características de peligrosidad de los materiales, los volúmenes de manejo y las condiciones de operación. Por lo anterior, los radios de afectación se obtuvieron para los siguientes escenarios:

**Tabla II. 2. Escenarios potenciales de riesgo**

N°	ESCENARIOS POTENCIALES CON RIESGOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	ESTADO	TEMP (°C)	PRESIÓN Kg/cm <sup>2</sup>	ALTURA (m)	TIEMPO min	ESCENARIOS A MODELAR			UBICACIÓN UTM
							INFLAMABILIDAD	SOBREPRESIONES	RADIACIÓN TÉRMICA	
1	Se presenta una fuga al 100% en ramal de 12" de D.N. en una zona al aire libre en el tramo de la conexión con el proveedor de transporte de gas natural ubicado a 550 metros del proyecto "Sonora ssLNG". La fuga se presenta debido a un daño mecánico a la tubería a consecuencia de una mala operación de equipo de excavación durante una actividad de mantenimiento en las cercanías del ramal debido a la pericia del operador del equipo pesado. La emergencia genera los siguientes eventos potenciales: nube explosiva y explosión	GAS	32	58.92	1.5	1	✓	✓	✓	403094.49 E 3395735.62 N
	Se presenta una fuga al 20% en ramal de 12" de D.N. en una zona al aire libre en el tramo de la interconexión con el proveedor de transporte de gas natural, ubicado a 550 metros del proyecto "SONORA ssLNG". La fuga se presenta debido a un daño mecánico a la tubería a consecuencia de una mala operación de equipo de excavación durante una actividad de mantenimiento en las cercanías del ramal debido a la pericia del operador del equipo pesado. El material liberado puede generar tres tipos de eventos al entrar en contacto con una fuente de ignición: nube explosiva, explosión y/o JetFire.	GAS	32	58.92	1.5	1	✓	✓	✓	403094.49 E 3395735.62 N
2	Se presenta fuga de gas natural en conexión de 4" de D.N. a la entrada del equipo de licuación, liberando gas al ambiente durante un lapso de 5 minutos a una presión de 105.83 m <sup>3</sup> /min (1.524e+005 Nm <sup>3</sup> /día) hasta que es controlada la fuga mediante el cierre manual de la válvula VLV-100 como mecanismo de bloqueo más próximo al sistema.	GAS	32	58.92	0.5	5	✓	✓	✓	403063.68 E 3395747.05 N
	Se presenta fuga de gas natural en estado líquido debido a un orificio de 2" de diámetro en el cuerpo del tanque ubicado en el área de almacenamiento de producto terminado. En este sitio se ubican 4 tanques de 50,000 galones cada uno. El	LIQ	32	1.05	1.5	1	✓	✓	✓	403033.30 E

N°	ESCENARIOS POTENCIALES CON RIESGOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	ESTADO	TEMP (°C)	PRESIÓN Kg/cm <sup>2</sup>	ALTURA (m)	TIEMPO min	ESCENARIOS A MODELAR			UBICACIÓN UTM
							INFLAMABILIDAD	SOBREPRESIONES	RADIACIÓN TÉRMICA	
	<p>producto se encuentra almacenado a una presión de 15 psig (1.05 kg/cm<sup>2</sup>) y a una temperatura de -156.8 °C. La emergencia genera los siguientes eventos potenciales: nube explosiva, explosión y bleve (se modela también la generación de una bleve)</p>									3395681.82 N
4	<p>Se presenta fuga de gas natural en estado líquido debido a una rotura de manguera de 2" de diámetro durante la operación de trasvase del producto terminado a la unidad de transporte para su entrega al cliente. El producto almacenado que se trasvasa se encuentra a una presión de 15 psig (1.05 kg/cm<sup>2</sup>) y a una temperatura de -156.8 °C. El trasvase se efectúa mediante una bomba sumergible de 300 galones/min y la longitud de la manguera de carga es de 15 metros de longitud. El evento ocurre fuera del área de dique de tanques en una superficie de 400 m<sup>2</sup>. La emergencia genera los siguientes eventos potenciales: nube explosiva y explosión.</p>	LIQ	32	1.05	1.5	1	✓	✓	✓	403037.00 E
										3395656.19 N

DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO  
 ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113  
 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

A continuación, se presentan las especificaciones técnicas de los sistemas utilizadas para alimentar el modelo de Aloha v 5.4.6.

**Tabla II. 3. Presiones y temperaturas en nodos del ERA del proyecto "Sonora ssLNG"**

NODO	INSTALACIÓN	PRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> ) MIN	TEMP °C MAX	FLUJO m <sup>3</sup> /día PROM
1	"SONORA ssLNG" y ERM de CGN	59.76	32	152,700
2	EQUIPO LICUEFACCIÓN	57.44	49	152,400
3	ALMACENAMIENTO DE GAS LICUADO	1.055	-156.8	152,400
4	CARGA DE UNIDADES DE TRANSPORTE	1.055	-156.8	152,400

**Tabla II. 4. Especificaciones del gas natural considerados en el ERA del proyecto "Sonora ssLNG"**

Componente	% de Mol de gas de alimentación normal
Nitrógeno	1.8900
CO2 (nota 5)	0.2200
Metano	90.50
Etano	7.000
Propano	0.1700
i-Butano	0.0070
N-Butano	0.0400
I-Pentano	0.0400
N-Pentano	0.0400
<b>Total</b>	<b>100</b>

**Tabla II. 5. Especificaciones del producto terminado del gas licuado considerados en el ERA del proyecto "Sonora ssLNG"**

Especificación del GNL			
Nitrógeno	Max	1	vol %
H2S	Max	4	ppmv
Max C5+ (con GNL cargado)	Max	0.1	mol%
Benceno/ BTEX	Max	0.8	ppmv
CO2	Max	50	ppmv
Mercurio (Hg)	Max	10	ng/Nm <sup>3</sup>
Agua	Max	0.1	ppmv

**Tabla II. 6. Datos generales de modelación**

DATOS DE MODELACIÓN	
Velocidad del viento	3.6 m/s
Substancia	gas natural
Diámetro del ramal para alimentación	12" D.N.
Diámetros en procesos	4" D.N.
Diámetro de mangueras	3" D.N.

DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116  
PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA  
LFTAIP.

DATOS DE MODELACIÓN	
Temperatura	32 °C
Estabilidad atmosférica	F
Humedad relativa	54%
Dirección dominante de vientos	Oeste

### II.1.2. Eventos probables de riesgo

Escenarios de riesgo del proyecto "Sonora ssLNG" en el manejo del gas natural en las operaciones de recepción, licuefacción, almacenamiento y carga a unidades de transporte como actividad principal.

**ESCENARIO No. 1.** Se presenta una fuga al 100% y al 20% en ramal de 12" de D.N. en una zona al aire libre en el tramo de la interconexión con el proveedor de transporte de gas natural ubicado a 550 metros del proyecto "Sonora ssLNG". La fuga se presenta debido a un daño mecánico a la tubería a consecuencia de una mala operación de equipo de excavación durante una actividad de mantenimiento en las cercanías del ramal debido a la pericia del operador del equipo pesado.

Se estima que se fugan 21.8 kg/s a una presión de 850 psig, las protecciones operan en 1 minuto y la emergencia requiere un total de 10 minutos, tiempo en que se logra controlar la contingencia y se actuaron los protocolos de respuesta a emergencias.

El material liberado puede generar tres tipos de eventos al entrar en contacto con una fuente de ignición: nube explosiva, explosión y/o JetFire.

Una vez que se lleva a cabo la combustión, los radios de efectos a nivel de daños físicos en la ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR) y la ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA) se calculan para cada uno de los eventos posibles.

**ESCENARIO No. 2.** Se presenta fuga de gas natural en conexión de 4" de D.N. a la entrada del equipo de licuefacción liberando gas al ambiente durante un lapso de 10 minutos a una presión de 105.83 m<sup>3</sup>/min (1.524e+005 Nm<sup>3</sup>/día), hasta que es controlada la fuga mediante el cierre manual de la válvula VLV-100 como mecanismo de bloqueo más próximo al sistema. La fuga se presenta debido a una falla estructural de soldadura en la conexión cuya presión involucrada del gas natural es de 850 psig (58.92 kg/cm<sup>2</sup>) y a una temperatura de 48.89 °C.

Se estima que se fugan 20 m<sup>3</sup>/min a una presión de 850 psig (58.92 kg/cm<sup>2</sup>). Las protecciones operaron tardíamente en modalidad automática por lo que el control de la emergencia ameritó un total de 10 minutos, se actuaron los protocolos de respuesta de control. El material másico liberado es de aprox. 327 kg y puede generar tres tipos de eventos al entrar en contacto con una fuente de ignición: nube explosiva, explosión y/o JetFire.

Una vez que se lleva a cabo la combustión, los radios de efectos a nivel de daños físicos en la ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR) y la ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA) se calculan para cada uno de los eventos posibles.

**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116  
PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA  
LFTAIP.**

**ESCENARIO No. 3.** Se presenta fuga de gas natural en estado líquido debido a un orificio de 2" de diámetro en el cuerpo del tanque ubicado en el área de almacenamiento de producto terminado. En este sitio se ubican 4 tanques de 50,000 galones cada uno. El producto se encuentra almacenado a una presión de 15 psig (1.05 kg/cm<sup>2</sup>) y a una temperatura de -156.8 °C.

El tanque de almacenamiento del evento se encuentra en operación de llenado liberando gas natural en estado líquido al ambiente durante un lapso de 30 minutos, hasta que es controlada la fuga mediante maniobras de trasiego de producto a tanque con espacio disponible para recibir producto bajo la emergencia y se logra la contención de la fuga a través de la colocación de un taponamiento mecánico en el punto de la fuga. Los sistemas de detección y alarma operaron eficientemente.

Durante la emergencia el tanque de 50,000 US galones se encuentra al 50% de su capacidad y se estima que se fugan 216 kg/min a una presión de 15 psig (1.05 kg/cm<sup>2</sup>) y el líquido liberado queda contenido en el dique común de los 4 tanques de la misma capacidad.

El material liberado puede generar tres tipos de eventos al entrar en contacto con una fuente de ignición: nube explosiva, explosión y una BLEVE.

Una vez que se lleva a cabo la combustión, los radios de efectos a nivel de daños físicos en la ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR) y la ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA) se calculan para cada uno de los eventos posibles.

**ESCENARIO No. 4.** Se presenta fuga de gas natural en estado líquido debido a una rotura de manguera de 2" de diámetro durante la operación de trasvase de producto terminado a la unidad de transporte para su entrega al cliente. El producto almacenado que se trasvasa se encuentra a una presión de 15 psig (1.05 kg/cm<sup>2</sup>) y a una temperatura de -156.8 °C. El transvase se efectúa mediante una bomba sumergible de 300 galones/min y la longitud de la manguera de carga es de 15 metros.

La emergencia dura 5 minutos en ser controlada debido a que la válvula de control y la válvula exceso de flujo no operó a la condición calibrada de la operación por lo que la brigada de emergencia logró detener el flujo del gas mediante el cierre manual de la válvula de salida del tanque. Preventivamente, tanto el tanque de almacenamiento que se está utilizando para la carga como la unidad de transporte, por diseño, se encuentran protegidas con válvula de exceso de flujo en el primero y válvula Check que impide el retroceso de flujo del segundo y se inspecciona antes de cada operación de carga cuya actividad se realiza con alta frecuencia en la jornada de trabajo.

El sistema de carga se encuentra controlado mediante medidor de flujo y peso para verificar que el llenado de la unidad sea el que se ha establecido para la unidad de transporte y además se cuenta sistemas de detección de metano y mezcla de explosividad. El material liberado fuera del dique se extiende en un área de 400 m<sup>2</sup> y se considera que puede generar tres tipos de eventos al entrar en contacto con una fuente de ignición: nube explosiva, explosión y un charco de fuego.

Una vez que se lleva a cabo la combustión, los radios de efectos a nivel de daños físicos en la ZONA DE ALTO RIESGO (ZAR) y la ZONA DE AMORTIGUAMIENTO (ZA) se calculan para cada uno de los eventos posibles.

### II.1.3. Resultados de las modelaciones de riesgo

A continuación se presentan los resultados de las modelaciones de riesgo (radios de afectación) determinadas a partir de los casos de los árboles de eventos y jerarquización de los riesgos sin considerar medidas de seguridad y bajo las condiciones de dispersión atmosférica neutrales (F), seleccionando aquellos resultados con los mayores radios de afectación. Las corridas completas para todos los casos se presentan en el anexo de modelaciones.

Posterior a la evaluación de riesgo para identificar los eventos que generarían una situación crítica de fuga de gas natural y como consecuencia de haber obtenido las recomendaciones que preventivamente aplicadas reducirán la probabilidad de ocurrencia de los mismos, se procede a realizar la evaluación matemática empleando para ello el evento que represente la mayor cantidad de material liberado a la atmósfera.

El escenario seleccionado es el que se considera **"Peor Caso"**, es decir, la emisión mayor o total del material al medio ambiente y sin algún sistema de control que pudiera mitigar los impactos en el entorno (General Guidance for Risk Management Programs (40 CFR part 68), disponible desde EPA en <http://www.epa.gov/ceppo/>). Como resultado de la evaluación matemática realizada para la determinación de zonas de alto riesgo y amortiguamiento, **se presentan los siguientes radios** de las áreas de afectación por la emisión a la atmósfera de sustancias peligrosas.

**Fig. II. 1. Escenario I al 100% Inflamabilidad**

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



EnerAB, S. de R.L. de C.V.

---

MANIFIESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL  
MODALIDAD REGIONAL  
INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA

---

Proyecto:  
LICUEFACCION "SONORA ssLNG"  
Pitiquito, Sonora, Méx.

---

ELABORADO POR




---

RADIOS DE AFECTACION  
ESC-1 INTERCONEXION LGN  
DE NUBE EXPLOSIVA  
FUGA AL 100%

DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP</b>	 <b>Sonora ssLNG</b> <small>gas natural a tu alcance</small>
	EnerAB, S. de R.L. de C.V.
	MANIFIESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA
	Proyecto: <b>LICUEFACCION "SONORA ssLNG"</b> Pitiquito, Sonora, Méx.
	ELABORADO POR  <b>V&amp;A</b> <small>DERECHO AMBIENTE CORPORALES</small>
RADIOS DE AFECTACION ESC-1 INTERCONEXION LGN EXPLOSION-SOBREPRESIONES FUGA AL 100%	

**Fig. II. 3. Escenario I al 100% Radiación Térmica**

<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP</b>	 <b>Sonora ssLNG</b> <small>gas natural a tu alcance</small>
	EnerAB, S. de R.L. de C.V.
	MANIFIESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA
	Proyecto: <b>LICUEFACCION "SONORA ssLNG"</b> Pitiquito, Sonora, Méx.
	ELABORADO POR  <b>V&amp;A</b> <small>DERECHO AMBIENTE CORPORALES</small>
RADIOS DE AFECTACION ESC-1 INTERCONEXION LGN JETFIRE-RADIACION TERMICA FUGA AL 100%	

**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

**Fig. II. 4. Escenario I al 20%. Inflamabilidad**

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP	
	EnerAB, S. de R.L. de C.V.
	MANIFIESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA
	Proyecto: LICUEFACCION "Sonora ssLNG" Pitiquito, Sonora, Méx.
	ELABORADO POR 
RADIOS DE AFECTACION SC-1-FUGA AL 20% INTERCONEXION NUBE EXPLOSIVA	

**Fig. II. 5. Escenario I al 20%. Sobrepresiones**

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP	
	EnerAB, S. de R.L. de C.V.
	MANIFIESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA
	Proyecto: LICUEFACCION "Sonora ssLNG" Pitiquito, Sonora, Méx.
	ELABORADO POR 
RADIOS DE AFECTACION ESC-1-FUGA AL 20% INTERCONEXION EXPLOSION-SOBREPRESIONES	

DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116  
 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA  
 LFTAIP.

**Fig. II. 6. Escenario I al 20%. Radiación térmica**

<p>UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP</p>	 <b>Sonora ssLNG</b> <small>gas natural a tu alcance</small>
	<p>EnerAB, S. de R.L. de C.V.</p>
	<p>MANIFIESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA</p>
	<p><b>Proyecto:</b> <b>LICUEFACCION "Sonora ssLNG"</b> Pitiquito, Sonora, Méx.</p>
	<p>ELABORADO POR</p>  <b>V&amp;A</b> <small>DERECHO AMBIENTE CORPORALES</small>
	<p>RADIOS DE AFECTACION ESC-1-FUGA AL 20% INTERCONEXION RADIACION TERMICA</p>

**Fig. II. 7. Escenario II Inflamabilidad**

<p>UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP</p>	 <b>Sonora ssLNG</b> <small>gas natural a tu alcance</small>
	<p>EnerAB, S. de R.L. de C.V.</p>
	<p>MANIFIESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA</p>
	<p><b>Proyecto:</b> <b>LICUEFACCION "SONORA ssLNG"</b> Pitiquito Sonora, Méx.</p>
	<p>ELABORADO POR</p>  <b>V&amp;A</b> <small>DERECHO AMBIENTE CORPORALES</small>
	<p>ESC-2 FUGA A LA ENTRADA DEL EQUIPO DE LICUEFACCION RADIOS DE AFECTACION DE NUBE EXPLOSIVA</p>

**Fig. II. 8. Escenario II Sobrepresiones**

<p>UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP</p>	 EnerAB, S. de R.L. de C.V.
	MANIFIESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RESGOSA
	Proyecto: LICUEFACCION "SONORA ssLNG" Pitiquito Sonora, Méx.
	ELABORADO POR  DERECHO- AMBIENTE- COMUNIDAD
	ESC-2 FUGA A LA ENTRADA DEL EQUIPO DE LICUEFACCION RADIOS DE AFECTACION EXPLOSION-SOBREPRESIONES

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

DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Fig. II. 10. Escenario III Inflamabilidad

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP	 EnerAB, S. de R.L. de C.V.
	MANIFIESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA
	Proyecto: LICUEFACCION "SONORA ssLNG" Pitiquito, Sonora, México
	ELABORADO POR 
	ESC-3 FUGA EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO RADIOS DE AFECTACION DE NUBE EXPLOSIVA

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP	 EnerAB, S. de R.L. de C.V.
	MANIFIESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA
	Proyecto: LICUEFACCION "SONORA ssLNG" Pitiquito, Sonora, México
	ELABORADO POR 
	ESC-3 FUGA EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO RADIOS DE AFECTACION EXPLOSION-SOBREPRESIONES

DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

**Fig. II. 12. Escenario III Radiación Térmica**

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



EnerAB, S. de R.L. de C.V.

---

MANIFIESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL  
MODALIDAD REGIONAL  
INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA

---

Proyecto:  
LICUEFACCION "SONORA ssLNG"  
Pitiquito, Sonora, México

---

ELABORADO POR




---

ESC-3 FUGA EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO  
RADIOS DE AFECTACION BLEVE-RADIACION TERMICA

**Fig. II. 13. Escenario IV Inflamabilidad**

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



EnerAB, S. de R.L. de C.V.

---

MANIFIESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL  
MODALIDAD REGIONAL  
INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA

---

Proyecto:  
LICUEFACCION "SONORA ssLNG"  
Pitiquito, Sonora, Méx.

---

ELABORADO POR




---

ESC-4 FUGA EN MANGUERA  
OPERACIÓN DE CARGA DE PIPAS  
RADIOS DE AFECTACION NUBE EXPLOSIVA

DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Fig. II. 14. Escenario IV Sobrepresiones

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP	 EnerAB, S. de R.L. de C.V.
	MANIFIESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA
	Proyecto: LICUEFACCION "SONORA ssLNG" Pitiquito, Sonora, Méx.
	ELABORADO POR 
	ESC-4 FUGA EN MANGUERA OPERACIÓN DE CARGA DE PIPAS RADIOS DE AFECTACION EXPLOSION-SOBREPRESIONES

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP	 EnerAB, S. de R.L. de C.V.
	MANIFIESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA
	Proyecto: LICUEFACCION "SONORA ssLNG" Pitiquito, Sonora, Méx.
	ELABORADO POR 
	ESC-4 FUGA EN MANGUERA OPERACIÓN DE CARGA DE PIPAS RADIOS DE AFECTACION CHARCO DE FUEGO-RADIACION TERMICA

#### II.1.4. Interacciones de riesgo

Las actividades que se desarrollan en torno a la empresa son predominantemente de agricultura, ganaderas y vías de comunicación (FFCC y Autopista), aunque a la parte SO del proyecto "SONORA ssLNG" se encue

DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116  
 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Entre la

empresa y las áreas urbanas se encuentra vegetación de tipo agricultura la cual sirve como protección y amortiguamiento al mismo y a la comunidad más cercana.

De la evaluación matemática realizada en el Estudio de Riesgo, y de los escenarios de liberación de la única sustancia química utilizadas (gas natural), se identifican como las zonas de mayor riesgo de impacto las instalaciones industriales del proyecto de licuefacción "**SONORA ssLNG**".

Las interacciones de riesgo son las acciones recíprocas, influencias o efectos de riesgo, a las que de forma general pueden estar expuestas las instalaciones del Proyecto, que se encuentren dentro de una zona de alto riesgo y amortiguamiento de radiación térmica o sobrepresión del evento más probable de ocurrencia (Evento del 20% DN y Rotura de Manguera), por condiciones o actividades externas, tales como: cruces con caminos, autopista, ductos o vías de ferrocarriles, cercanía de comunidades o centros de concentración masiva de personas, y la cercanía de instalaciones con actividades de alto riesgo.

#### **Zonas vulnerables**

Los impactos adversos esperados se relacionan con la liberación accidental de la sustancia química peligrosa, incendios, explosiones y efectos de radiación térmica, que conlleven a suscitar emergencias relacionadas con la operación de **CARSO**, sin embargo, ninguna de las modelaciones impacta directamente con las ya existentes.

De la evaluación matemática realizada en el presente Estudio de Riesgo, y de los escenarios de liberación de las sustancias químicas que allí se manejan, se identifica como la zona de potencial riesgo por su cercanía es la población de Pitiquito, Sonora, más los efectos modelados en todos los casos no interactúan con la población, mas bien son limitados a impactos internos.

**Tabla II. 7. Radio de afectación ante eventos potencialmente riesgosos Proyecto**

EVENTO	DESCRIPCIÓN	RADIOS DE AFECTACIÓN INFLAMABILIDAD (m)		RADIOS DE AFECTACIÓN SOBREPRESIONES (m)		RADIOS DE AFECTACIÓN RADIACIÓN TÉRMICA (m)	
		ZAR (60% LEL)	ZA (10% LEL)	ZAR: 1.0 PSI	ZA: 0.5 PSI	ZAR (5 KW/(sq m))	ZA (1.4 KW/(sq m))
1	Se presenta una fuga al 100% en ramal de 12" de D.N. en una zona al aire libre en el tramo de la conexión con el proveedor de transporte de gas natural, ubicado a 550 metros del proyecto "SONORA ssLNG". La fuga se presenta debido a un daño mecánico a la tubería a consecuencia de una mala operación de equipo de excavación durante una actividad de mantenimiento en las cercanías del ramal debido a la pericia del operador del equipo pesado. La emergencia genera los siguientes eventos potenciales: nube explosiva y explosión	583	1,200	471	497	72	133
	Se presenta una fuga al 20% en ramal de 12" de D.N. en una zona al aire libre en el tramo de la interconexión con el proveedor de transporte de gas natural, ubicado a 550 metros del proyecto "SONORA ssLNG". La fuga se presenta debido a un daño mecánico a la tubería a consecuencia de una mala operación de equipo de excavación durante una actividad de mantenimiento en las cercanías del ramal debido a la pericia del operador del equipo pesado. El material liberado puede generar tres tipos de eventos al entrar en contacto con una fuente de ignición: nube explosiva, explosión y/o JetFire.	582	1,200	471	496	65	119
2	Se presenta fuga de gas natural en conexión de 4" de D.N. a la entrada del equipo de licuefacción liberando gas al ambiente durante un lapso de 5 minutos a una presión de 105.83 m <sup>3</sup> /min (1.524e+005 Nm <sup>3</sup> /día) hasta que es controlada la fuga mediante el cierre manual de la válvula VLV-100 como mecanismo de bloqueo más próximo al sistema.	127	321	92	101	17	31

EVENTO	DESCRIPCIÓN	RADIOS DE AFECTACIÓN INFLAMABILIDAD (m)		RADIOS DE AFECTACIÓN SOBREPRESIONES (m)		RADIOS DE AFECTACIÓN RADIACIÓN TÉRMICA (m)	
		ZAR (60% LEL)	ZA (10% LEL)	ZAR: 1.0 PSI	ZA: 0.5 PSI	ZAR (5 KW/(sq m))	ZA (1.4 KW/(sq m))
3	Se presenta fuga de gas natural en estado líquido debido a un orificio de 2" de diámetro en el cuerpo del tanque ubicado en el área de almacenamiento de producto terminado. En este sitio se ubican 4 tanques de 50,000 galones cada uno. El producto se encuentra almacenado a una presión de 15 psig (1.05 kg/cm <sup>2</sup> ) y a una temperatura de -156.8 °C. La emergencia genera los siguientes eventos potenciales: nube explosiva, explosión y Bleve (se modela también la generación de una Bleve)	65	183	58	78	633	1,200
4	Se presenta fuga de gas natural en estado líquido debido a una rotura de manguera de 2" de diámetro durante la operación de trasvase de producto terminado a la unidad de transporte para su entrega al cliente. El producto almacenado que se trasvase se encuentra a una presión de 15 psig (1.05 kg/cm <sup>2</sup> ) y a una temperatura de -156.8 °C. El trasvase se efectúa mediante una bomba sumergible de 300 galones/min, y la longitud de la manguera de carga es de 15 metros de longitud. El evento ocurre fuera del área de dique de tanques en una superficie de 400 m <sup>2</sup> . La emergencia genera los siguientes eventos potenciales: nube explosiva y explosión.	354	949	266	281	92	162

### **II.1.5. Efectos sobre el Sistema Ambiental Regional**

El Sistema Ambiental Regional (**SAR**) en donde se pretende desarrollar el proyecto "**Sonora ssLNG**" presenta varios ecosistemas históricamente modificados por la actividad humana y la implantación de áreas urbanas, agricultura, área sin vegetación aparente, áreas urbanas, pastizal cultivado, pastizal inducido, pastizal natural, riego suspendido, como ya se ha descrito en el Capítulo IV de la MIA-R.

Los impactos adversos esperados se relacionan con la liberación accidental de la sustancia manejada en los procesos de la empresa, pudiendo llegar a afectar las instalaciones de la misma, a su personal y a empresas vecinas ubicadas a una distancia de 1.2 km, que se encuentran en la dirección favorable del viento predominante, esto último en el evento catastrófico muy poco probable.

Las principales causas encontradas, y que pueden llegar a generar eventos con liberación masiva de sustancias químicas, se relacionan con el mantenimiento de las instalaciones y la operación de los procesos de manejo de gas natural desde la recepción, licuefacción, almacenamiento y operaciones de carga de los equipos de transporte.

No se identifican causas naturales tales como fenómenos hidrometeorológicos, debido a que estos ocurren de manera estacional y la empresa cuenta con procedimientos e infraestructura para asegurar la operación que la empresa manejará.

El proyecto "**Sonora ssLNG**" cuenta con personal técnico y de operación con la experiencia y entrenamientos necesarios para manejar estos procesos. También cuenta con programas de mantenimiento eficaces y con procedimientos de operación, mantenimiento y de seguridad, así como con los recursos para atención de emergencias propios y suministrados por servicios contratados, son suficientes y adecuados.

Aún y cuando la empresa cuenta con los recursos suficientes para la administración de riesgo por la operación con sustancias químicas, es muy necesario que se cumpla con las recomendaciones aquí establecidas con el propósito de prevenir la liberación accidental de esta sustancia química peligrosa, así como la afectación de la salud de los trabajadores y de las mismas instalaciones de la empresa.

### **II.1.6. Medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas.**

Como parte de sus actividades e instalaciones se cuenta con las siguientes medidas para reducir los riesgos relacionados con el manejo de las sustancias químicas peligrosas.

1. Señalamientos de seguridad de acuerdo con la NOM-026-STPS-2008.
2. Sistemas de identificación de riesgos en tanques y en tuberías que conducen fluidos peligrosos, de acuerdo con las normas 018 y 026 de la STPS.
3. Sistema indicador de dirección de viento.
4. Plan de Respuesta a Emergencias y Protección Civil.
5. Sistema contra incendio (hidrantes, detectores, extintores).

**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116  
PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA  
LFTAIP.**

6. Medios para contención de derrames y recuperación de los mismos.
7. Brigadas de respuesta a emergencias.
8. Programas de mantenimiento e integridad mecánica de las instalaciones estáticas y dinámicas.
9. Programas de capacitación a personal de la empresa, contratistas, visitantes y proveedores.
10. Inspecciones de seguridad.
11. Detectores de humo.
12. Detectores de explosividad.
13. Tuberías enchaquetadas para prevención de fugas, fallas e impactos mecánicos directos.

**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**



**PRESENTADA ANTE:**  
**AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCION AL**  
**AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS (ASEA)**



**PROMOVENTE**  
**EnerAB, S. de R.L. de C.V.**

**CAPITULO III:**  
**SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN**  
**MATERIA AMBIENTAL**

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>TABLA DE CONTENIDO .....</b>	<b>2</b>
<b>III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL</b>	<b>3</b>
<b>III.1. Recomendaciones técnico-operativas .....</b>	<b>3</b>
<b>III.2. Sistemas de seguridad. ....</b>	<b>3</b>
<b>III.3. Medidas preventivas .....</b>	<b>5</b>
III.3.1. Programa de mantenimiento y seguridad .....	6
III.3.2. Registros de vigilancia y detección de fugas .....	7
III.3.3. Plan de respuesta de emergencias.....	10
III.3.4. Directorio de la estructura funcional para la respuesta a emergencias .....	12
III.3.5. Métodos de limpieza y/o descontaminación en el interior y exterior de la instalación	16

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

#### **III.1. Recomendaciones técnico-operativas**

Para la realización del presente Estudio de Riesgo Ambiental (ERA), se utilizó la técnica del HAZOP (Hazard and Operability) para la evaluación y determinación de riesgos, así como la metodología denominada Árbol de Fallas, en específico con el Software FaultreEase para la determinación de la probabilidad de ocurrencia de riesgos y mediante el programa de simulación ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) ver 5.4.6., desarrollado por U.S. Environmental Protection Agency's Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office (CEPPO) y la National Oceanic and Atmospheric Administration's Office of Response and Restoration (NOAA OR&R), se realizaron las simulaciones de fugas de gas natural, de lo cual, aunado a los recorridos en campo donde se instaló el presente proyecto "Sonora ssLNG" se derivan las siguientes recomendaciones.

#### **III.2. Sistemas de seguridad.**

##### En Alimentación de Gas Natural.

Para la Sección de la alimentación de gas natural mediante un ramal de 12" D.N., proveniente del gasoducto de 36" D.N. de **CARSO** en su tramo Samalayuca-Sásabe, posición Num. 23, mismo que se integra por los siguientes componentes:

- Tubería de 12" de diámetro API 5L grado 65 de 440 m de longitud
- Conexión con la Estaciones de regulación y medición ERM de CGN.
- 2 válvulas de bloqueo instaladas en el punto de Recepción (ERM- CGN y en límite de propiedad de "Sonora ssLNG")
- Se ha considerado la existencia protección catódica en el tramo correspondiente.
- Puntos de testigos para corrosión.
- Válvulas check.
- Sistema de monitoreo de la calidad del gas natural. Se cuenta con un cromatógrafo de gas capaz de determinar nueve componentes, un analizador de gas corrosivo (H2S) y otro de agua.
- Válvulas de seguridad diseñadas para abrir a la presión de calibración específica
- Se cuenta con juntas tipo monoblock en los puntos de unión entre la tubería aérea y enterrada, los cuales son inspeccionados semestralmente para verificar la no existencia de continuidad eléctrica.
- Se cuenta con señalamientos en ambos lados de la franja del ducto de interconexión, los cuales utilizan fondo de color amarillo con letras de color negro y contienen el número de teléfono de emergencias, nombre del transportista, gas natural, no cavar, ancho de la franja de desarrollo del sistema y ductos.
- Las pruebas de hermeticidad serán presenciadas y avaladas por una Unidad de Verificación y presentados sus resultados junto con el dictamen de verificación a la Secretaría de Energía.

**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

En Instalaciones de equipos en planta Sonora ssLNG.

- Como ya se indicó en el Capítulo I, sección códigos, normas y estándares, la infraestructura para el Manejo de Gas Natural, desde la Recepción del Gas, La Licuefacción, el Almacenamiento y la Carga a unidades de transporte, se dará cumplimiento a todas las normas normatividad aplicable para una operación segura y eficiente, destacándose los siguientes aspectos técnicos.
- Todas las instalaciones eléctricas deberán cumplir con la característica de aprueba de explosión, según la clase aplicable a cada sección del proceso.
- Se mantendrán vigentes los planos eléctricos para efectos de que se supervisen y mantengan las especificaciones de la clase aplicable al riesgo.
- Sistema de tierras de instalaciones y equipos, consta de registros de tierras de fibra de vidrio, tipo albañal, con tapa de 80 cm de longitud y 43 cm de diámetro; varillas copperweld de 16 mm de diámetro y 3.05 m de longitud, de cable de cobre desnudo semiduro calibre 2 AWG de 19 hilos.
- El sistema de pararrayos consta de 1 pararrayos de cobre niquelado cromado con cable especial trenzado, de temple suave de cobre de 32 hilos calibre 17(2/0AWG), que descarga a una barra de cobre de 381x51x6.3 mm.
- El sistema de detección de explosividad en las áreas de manejo de gas natural, deberán mantenerse claramente indicadas en los planos para tal fin, bajo un programa de verificación, pruebas y calibración de sensores.
- La detección oportuna mediante los dispositivos de explosividad, deberán ser visible, clara y sonoramente notificado tanto a personal en el cuarto de control como en las áreas abiertas para anunciar su activación a los operadores de campo.
- Las revisión, pruebas e inspección de las mangueras y conexiones, en las actividades de carga de gas licuado a unidades de transporte, deberán mantenerse bajo un programa de mantenimiento preventivo y reemplazo cuando ya no mantienen sus características de seguridad.
- Las válvulas de seguridad y de relevo instaladas en los sistemas de manejo de gas natural tanto en alta y baja presión, deberán mantenerse bajo un programa de mantenimiento, revisión, calibración y pruebas de actuación, mediante la instalación de un banco de pruebas y personal técnico capacitado en dichas revisiones.
- El sistema de eliminación de purgas, venteos y emisiones necesarias bajo acciones de emergencia, hacia el quemador (flare) se mantendrá en un programa de verificación, monitoreo y supervisión de su disponibilidad y operabilidad, con notificación al cuarto de control para su continua observación.
- La herramienta manual que usen los operadores, en sus actividades de carga de gas licuado a unidades de transporte, deberá ser del tipo antichispa.

En Instalaciones y equipos de la ERM del proveedor

Los sistemas y medidas de seguridad a instalar en el ducto de conexión se describen a continuación:

**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

- Las ERM a cargo de la empresa proveedora de gas natural, se encuentran protegida mediante una barda perimetral con un acceso peatonal y un acceso vehicular, además de una salida de emergencia, cuenta con vigilancia permanente por medio de circuito cerrado y por personal las 24 horas, supervisada, operada y bajo responsabilidad de **CARSO**.

### **III.3. Medidas preventivas**

El Proyecto, contará con un Manual de Procedimientos de Operación, Mantenimiento y Atención de Emergencias, en el cual se describen las actividades a realizar en la operación, mantenimiento y atención de emergencias. El manual incluye los siguientes procedimientos:

#### **Operaciones**

1. Manual de operación de la Recepción de Gas Natural
2. Manual de Licuefacción
3. Manual de manejo y administración de almacén de gas licuado
4. Manual de operaciones de carga equipos de transporte
5. Manual de acceso y salida de unidades de carga
6. Manual de sistemas y equipos de refrigeración
7. Manual de la operación del sistema contra incendio
8. Procedimiento de Identificación y localización de tuberías en planta y ducto
9. Procedimientos de Calibración de Dispositivos de Seguridad y detección de fugas
10. Plan de emergencia considerando la ayuda externa
11. Manejo de fauna en las instalaciones

#### **Mantenimiento**

12. Uso del libro diario o bitácora de campo
13. Aislamiento, aseguramiento y etiquetado
14. Identificación de requerimientos de trabajo
15. Mantenimiento a sistemas de protección catódica
16. Proceso de reparación crítica
17. Requerimientos de libranzas
18. Reporte rutinario a sistema de medición (presión, temperatura, flujo)
19. Autorización de trabajos peligrosos
20. Despresurización y presurización de recipientes
21. Control de la corrosión
22. Procedimiento para Instalar o retirar accesorios en tubería
23. Mantenimiento a válvulas y reparación de líneas de venteo
24. Reporte de inspección de recubrimientos
25. Retiro, mantenimiento e instalación de válvulas de seguridad
26. Medición y precisión de la medición de gas

27. Mantenimiento general al equipo analizador de gas (cromatógrafo)
28. Mantenimiento a filtros en proceso
29. Operación y mantenimiento de válvulas y actuadores
30. Certificación de equipo
31. Procedimiento para realizar el Mantenimiento a la unidad de Energía auxiliar
32. Procedimiento de Inspección mensual y mantenimiento al Cromatógrafo
33. Procedimiento de mantenimiento y calibración del equipo de H2S
34. Control de exposición al ácido sulfhídrico (H2S)
35. Caracterización de defectos metálicos en tuberías
36. Medición de resistencia de puesta a tierra

### **Salud, seguridad y emergencia**

37. Inspecciones de seguridad de las Instalaciones y trabajos por parte del Management.
38. Procedimiento para el manejo de residuos peligrosos líquidos en las Instalaciones del grupo.
39. Procedimiento de análisis de riesgos
40. Procedimiento de Manejo de Residuos Peligrosos en instalaciones de campo
41. Procedimiento para situaciones peligrosas en el ducto interno
42. Condiciones naturales adversas
43. Procedimiento de protección contra incendios y evacuación de oficinas
44. Equipo de protección personal
45. Empleados expuestos al calor
46. Reporte e Investigación de accidentes / incidentes y fallas
47. Manejo de materiales pesados
48. Operación de vehículos de motor y prevención de accidentes automovilístico
49. Protección contra caída durante trabajos de altura
50. Procedimiento de entrada a los espacios confinados
51. Señalamientos de seguridad y salud
52. Manejo de materiales peligrosos y comunicación de riesgos
53. Gestión del Plan de respuesta a emergencias
54. Localización y Uso de Teléfonos
55. Primeros Auxilios
56. Equipos y Plan de Respuesta a Emergencias
57. Procedimiento de plan de capacitación en seguridad, salud y medio ambiente

#### **III.3.1. Programa de mantenimiento y seguridad**

Se cuenta también con un Programa anual de mantenimiento preventivo en base anual, en el que se establece la periodicidad para llevar a cabo el mantenimiento preventivo de los siguientes equipos:

EQUIPO	FRECUENCIA DE LA INSPECCIÓN	FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO
Espesores	-	Anual
Filtros de proceso	-	Al requerirse
Válvulas de control de flujo	Mensual	Anual
Válvulas y actuadores	Semestral	Anual
Turbinas	Mensual	Trianual
Manómetros	Mensual	Al requerirse
Transmisores (Pres, Temp, Flujo, Nivel)	Semestral	Anual
Cromatógrafo	Mensual	Anual
Analizador de humedad	Mensual	Anual
Analizador de H2S	Mensual	Anual
Alimentación y alumbrado	Bimestral	Al requerirse
Sistemas de alarma y explosividad	Semestral	Al requerirse
UPS, cargador y baterías	Semestral	Anual
Sistema contra incendio	Semanal	Al requerirse

### III.3.2. Registros de vigilancia y detección de fugas

La empresa tiene también establecido un procedimiento para la realización de vigilancias continuas de sus instalaciones, para determinar y tomar la acción apropiada en casos de cambios de clase de localización, fallas, historial de fugas, corrosión, cambios sustanciales en los requerimientos de protección catódica, y otras condiciones no usuales de operación y mantenimiento.

#### Inspección de fugas

Se cuenta con el procedimiento Monitoreo, Detección y Clasificación de fugas, el cual establece los requisitos mínimos para el monitoreo, detección y clasificación de fugas natural en ductos.

Para la detección de estas fugas se cuenta con el siguiente equipo de campo que detecta concentraciones de gas natural mínimas de 5 partes por millón de gas natural en el aire.

#### Detector de gas portátil pistola laser

Estos equipos de detección de gas se calibran anualmente para asegurar su adecuado funcionamiento.

Para la detección de fugas se emplean los siguientes métodos:

- a. Detección con indicadores de gas combustible. El equipo puede ser portátil o móvil. El indicador debe ser del tipo y sensibilidad adecuados para el método de detección que se aplique en la instalación inspeccionada.
- b. Detección sobre la superficie del suelo. En las instalaciones subterráneas, se lleva a cabo un muestreo continuo de la atmósfera a no más de 5 cm de la superficie del suelo y en todas

- aquellas irregularidades del terreno que faciliten que el gas aflore.
- c. El muestreo de la atmósfera superficial con indicador de gas se realiza a la velocidad y en condiciones atmosféricas apropiadas para que dicho muestreo sea correcto. La operación del indicador de gas se realiza de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
  - d. Detección por inspección visual de vegetación. Este método consiste en la detección de indicaciones anormales o inusuales en la vegetación que puedan haber sido causadas por la migración de gas. Dichas indicaciones de fugas son confirmas utilizando un indicador de gas combustible.
  - e. Detección por burbujeo. Se utiliza para monitorear las fugas empleando una sustancia tenso-activa y verificando la presencia de burbujas que revelan la existencia de fuga del gas natural.
  - f. Detección debajo de la superficie del suelo. Se debe realizar en aberturas existentes y/o sondeos arriba y/o adyacentes a la tubería.
  - g. El patrón de muestreo debe incluir puntos de prueba adyacentes a las conexiones de las líneas de servicio, acometidas a los edificios, cruzamientos de calles y conexiones de ramales.
  - h. Se levanta un registro de monitoreo y localización de fugas de todas las tuberías de gas de alta y baja presión.

#### **Registros de mantenimiento de válvulas**

La inspección y el mantenimiento de válvulas de proceso se consideran en el programa anual de mantenimiento. Las válvulas se inspeccionan mensualmente y su mantenimiento se realiza como mínimo una vez al año.

#### **Control de los espesores de pared**

Con la finalidad de controlar el desgaste de la tubería por corrosión o erosión, la empresa realiza anualmente la medición de espesores de pared de tubería en instalaciones superficiales, como entradas y salidas de las estaciones de medición, válvulas de bloqueo y pudiéndose comprobar la ejecución de esta actividad a través de los registros documentales.

#### **Documentación histórica y evaluación de ingeniería**

La empresa mantendrá un historial de los reportes de cada inspección de fugas y vigilancia de la línea. En caso de presentarse una fuga, el procedimiento contempla que se programaría su reparación, conservando los registros de atención y consecuencias generados, por el tiempo que el tramo de la tubería de transporte involucrada permanezca en servicio, así como la documentación relativa al diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Para conocer la integridad del sistema, la empresa lleva a cabo evaluaciones de ingeniería en las cuales se considera el historial del diseño, construcción, operación, mantenimiento y seguridad.

### **Mantenimiento de camas anódicas**

Como parte de las actividades de mantenimiento se considera la revisión y reparación cuando presentan fallas o concluya la vida útil de las camas anódicas. Asimismo, se verifica la corriente eléctrica de salida de los ánodos y la corriente eléctrica de la cama anódica, a fin de determinar si dicha cama está funcionando correctamente.

### **Conexiones eléctricas**

La empresa revisa mensualmente todas las conexiones eléctricas e interruptores de corriente. Aislamientos eléctricos. Los dispositivos de aislamiento eléctricos son verificados por la empresa cuando menos una vez al año.

### **Recubrimientos**

La empresa establece en su programa de mantenimiento la realización de inspecciones mensuales del recubrimiento dieléctrico en todos los tramos de tuberías que se encuentren en la superficie y en áreas expuestas. Cuando el recubrimiento se encuentra deteriorado se programa para su reemplazo.

### **Autorización de trabajos peligrosos**

Para la realización de trabajos peligrosos, se cuenta con los siguientes procedimientos para poder realizar las actividades peligrosas con las mayores medidas de seguridad:

### **Permiso de trabajo seguro**

El personal que realiza actividades de protección catódica utiliza ropa y equipo de protección personal apropiados. El encargado del sistema de protección catódica da por escrito las instrucciones de trabajo al personal que realiza las actividades referentes a la protección catódica, indicando las labores encomendadas, los implementos y equipos de seguridad aplicables así como el equipo y herramientas idóneas para el desempeño de las funciones.

Cuando se requiere realizar una revisión o reparación en el sistema de protección catódica que involucre un riesgo, el encargado de la protección catódica expide la autorización para la realización del trabajo peligroso.

### **Documentos:**

1. Formato de reportes de incidentes
2. Plan de respuesta a emergencias
3. Lista de teléfonos de empleados

4. Rol de guardias de personal de operaciones
5. Nombres y teléfonos de contratistas para la reparación de daños
6. Nombres y teléfonos de contactos de clientes

**Planos:**

7. Planos de localización e instrucciones de acceso la franja de desarrollo del sistema
8. Planos de construcción del ducto de alimentación de gas
9. Planos de construcción de todos los equipos de proceso

Así mismo, anualmente se elabora un Programa de capacitación a brigadistas en el que incluyen temas de atención a emergencias, así como se considera la realización de un simulacro.

**III.3.3. Plan de respuesta de emergencias**

**III.3.3.1 Procedimientos Específicos para la Respuesta a los Posibles Eventos de Riesgo Identificados dentro de la instalación**

La empresa cuenta con el documento "Libreta de Emergencia" en el que se establecen las actividades a desarrollar por la organización en caso de una emergencia, así como los lineamientos en materia de seguridad que deberán seguirse por cada responsable de las acciones de emergencia. Por otro lado, en el procedimiento "Situaciones peligrosas planta", se establecen los lineamientos que deberán seguirse en caso de acontecer las siguientes situaciones:

**Fuga detectada por control de gas**

- a) Verificar sistema de medición, atiende la señal de alarma, registra la llamada de emergencia.
- b) Llamar a la coordinación de respuesta de emergencia.
- c) Llamar al técnico de campo.
- d) Identificar la fuente, pero no tocar o exponerse al material que está fugando.
- e) Evacuar el área potencialmente afectada.
- f) Evaluar la situación.
- g) Eliminar suministro de gas (bloqueo de válvulas).
- h) Detener la fuga en caso de poder hacerlo sin riesgo.
- i) Reparar la falla donde se produjo la falla.

**Fuga detectada por técnico de campo**

- a) Reportar fuga a cuarto de control.
- b) Llamar a la coordinación de respuesta de emergencia.
- c) Identificar la fuente, pero no tocar o exponerse al material que está fugando.
- d) Evacuar el área potencialmente afectada.

**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

- e) Evaluar la situación.
- f) Eliminar suministro de gas (bloqueo de válvulas).
- g) Detener la fuga en caso de poder hacerlo sin riesgo.
- h) Reparar la falla donde se produjo la falla.

#### **En caso de explosión**

Después de ocurrida una explosión se deberá:

- a) Determinar si es necesario llamar a los grupos externos de emergencia.
- b) Evacuar lesionados y personal de la zona afectada.
- c) Extinguir cualquier fuego que quede.
- d) Evaluar los daños.
- e) Verificar que se ha eliminado toda situación de peligro.
- f) Reiniciar operaciones.

#### **En caso de incendio**

- a) Eliminar toda fuente de ignición.
- b) Cerrar válvulas de bloqueo para cortar el suministro de gas.
- c) Utilizar extintor apropiado.
- d) Atacar el fuego entre dos personas si es posible.
- e) Si el fuego está cerca de un ducto o compresor de gas natural o cualquier otro tipo de combustible, enfriar la instalación para reducir la temperatura.
- f) Continuar enfriando la instalación aún después de controlado el fuego.
- g) Apoyar a los grupos externos de emergencia.
- h) Remover escombros y apagar las brasas que aparezcan.
- i) Evaluar los daños.
- j) Determinar las causas que lo originaron.
- k) Realizar limpieza del área afectada.
- l) Reparar el equipo o instalaciones dañadas

Así también en el procedimiento se contemplan los lineamientos a seguir en caso de Sabotaje y Llamadas de amenaza.

Se cuenta también con los siguientes procedimientos relacionados para la atención de emergencias.

1. Inspecciones de seguridad
2. Prevención y respuesta ante la presencia de fenómenos naturales
3. Análisis de riesgos
4. Condiciones naturales adversas
5. Protección contra incendios y evacuación de oficinas
6. Empleados expuestos al calor

7. Reporte e Investigación de accidentes-Incidentes
8. Permiso de trabajo seguro
9. Protección contra caída durante trabajos de altura
10. Gestión del Plan de Respuesta a Emergencia
11. Pre-obra y junta previa al trabajo

### **III.3.4. Directorio de la estructura funcional para la respuesta a emergencias**

A continuación, se presenta la estructura con que cuenta la empresa para atender cualquier situación de emergencia en el ducto de interconexión:

**Responsable de la Alta Dirección de Manejo de Crisis**  
Director General  
**Director de Operaciones Licuefacción (C.O.O.)**  
Director de Finanzas (C.F.O.)  
**Director de Respuesta a Emergencia Director de Operaciones**  
Gerente de Operaciones  
C.O.O.

Las funciones y responsabilidades de los niveles del organigrama están establecidas en el Plan de emergencias, lo sobresaliente se menciona a continuación:

#### **TODOS EL PERSONAL DE LA PLANTA**

En situación normal los empleados deben:

1. Mantener de manera permanente en buen estado todos los equipos de su responsabilidad, útiles en una crisis, para asegurar su funcionamiento en el momento que se los requiera.
2. Participar en los simulacros para estar capacitado y listo para responder a una crisis.

En situación de emergencia:

3. Recibir instrucciones de la célula de manejo de crisis
4. Confirmar las instrucciones para asegurarse que no haya confusión
5. Conservar la calma y no dar información innecesaria ni causar pánico.

#### **COORDINADOR GENERAL DE LA EMERGENCIA**

6. El Director General o un director que le representa, como el Director de Operaciones Grupo Licuefacción (COO), el Director de Salud, Seguridad y Medio Ambiente de (HSSE) o bien Director de Finanzas (CFO).
7. En cualquier caso, tiene la capacidad de la toma de decisiones y reportar a la alta Dirección
8. Participa en el programa de guardias.

**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

*Funciones y Responsabilidades:*

- De ser necesario aprobar decisiones propuestas por el Director de Respuesta a Emergencia
- Comunicarse con la aseguradora.
- Comunicar la emergencia al Director General
- De ser necesario encargarse del apoyo jurídico.
- Preparar y manejar comunicación con la prensa con el apoyo "Comunicación externa en caso de crisis"
- Apoyarse en el Centro de Comunicación de Seguridad (CCS).

**CENTRO DE COMUNICACIÓN DE SEGURIDAD**

- Mantener el enlace con el Cuarto de Control del Manejo de Crisis para apoyo requerido.
- Servir de enlace con la Alta Dirección de Manejo de Crisis cuando así lo solicitan.
- Mantener informada a la Alta Dirección de la información que se está vertiendo en los medios de comunicación sobre la emergencia.
- Comunicar a la Alta Dirección de manejo de Crisis las decisiones tomadas por de manejo de Crisis.

**DIRECTOR DE RESPUESTA A EMERGENCIAS**

- Persona designada por el Coordinador General. Tiene la capacidad de la toma de decisiones y reporta al Director General o al responsable designado por la Alta Dirección.
- Sus funciones y responsabilidades se pueden sumar a las del Coordinador de Respuesta a Emergencia o del Coordinador de Operaciones de Emergencia
- Participa en el programa de guardias

*Funciones y Responsabilidades:*

**En preparación de la emergencia:**

- Aprobación de cualquier cambio o revisión a los procedimientos necesario
- Asegurar que todo el personal de mantenimiento esté capacitado en los procedimientos y listo para responder a una emergencia.

**Cuando suceda la emergencia:**

- Declarar la Emergencia y definir la clasificación correspondiente de la emergencia.
- Coordinar las acciones del Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística y del Coordinador de Operaciones de Emergencia.
- Toma decisiones junto con el Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística de

situaciones extraordinarias durante la respuesta a emergencias.

#### **COORDINADOR DE RESPUESTA A EMERGENCIA Y LOGÍSTICA**

- Persona designada por el Director de Operaciones, quien reporta al Director de Respuesta a Emergencia o responsabilidad asumida por el mismo Director de Respuesta a Emergencia.
- Participa en el programa de guardias.
- Es equipado con un sistema de comunicación para contactar al personal de la empresa en campo (radio) así como servicios externos y grupos u organizaciones cuya ayuda pudiera ser necesaria.

#### **Funciones y Responsabilidades:**

- Según el contenido de la llamada, aviso o confirmación de una emergencia, decide las acciones a implementar en campo
- Se asegura que tiene suficiente información para enviar al primer representante de la empresa al sitio de la emergencia
- Inicia la llamada al grupo para la atención de la emergencia
- Verificar la ubicación de los técnicos de campo para evaluar los tiempos necesarios para llegar al sitio de la emergencia
- Mantenerse en comunicación con los técnicos de campo para decidir las acciones a implementar
- Mantenerse en coordinación con el Director de Respuesta a Emergencias.
- Determinar los tiempos de aislamiento (de ser requerido) y reparación necesarios y cuidar los tiempos de sobrevivencia con el Coordinador de Operaciones de Emergencia.
- Solicitar al centro de control los tiempos de purga y sobrevivencia
- Informar al Coordinador de Operaciones de Emergencia del término del evento de emergencia.

#### **Después de la emergencia**

- Realizar un informe sobre el desarrollo de las acciones de la respuesta a la emergencia
- Organizar el trabajo de reparación definitiva o provisional de maneja a regresar en condiciones normales
- Informar al Coordinador de Operaciones del término del trabajo

#### **COORDINADOR DE OPERACIONES DE EMERGENCIA**

- Persona designada por el Director de Operaciones o responsabilidad asumida por el mismo Director de Respuesta a Emergencia.
- Reporta al Director de Respuesta a Emergencia,
- Participa en el programa de guardias.

**Funciones y Responsabilidades:**

- Es el responsable de coordinar al cuarto de control durante la crisis.
- Comprueba que el cuarto de control este en capacidad de enfrentarse tanto a la emergencia como a las demás tareas que tiene que desarrollar mientras tanto y pide los apoyos necesarios para adecuarlo si fuera necesario.
- Es responsable de notificar la emergencia a los usuarios.
- Solicitar al controlador en turno, las simulaciones necesarias a la gestión de la emergencia
- Coordinarse con el Coordinador de Respuesta a Emergencias y Logística.
- Mantener siempre actualizada la bitácora en cuanto a la emergencia tanto de las informaciones provenientes de campo, de los coordinadores, directores e informaciones relevantes.
- Informar al Director de Respuesta a Emergencias del término del evento de emergencia

**Después de la emergencia**

- Realizar un informe sobre el desarrollo de las acciones de la respuesta a la emergencia.

**PRIMER REPRESENTANTE DE LA EMPRESA EN EL SITIO DEL INCIDENTE**

Es la persona designada por el Director de Respuesta a Emergencia o el Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística.

- Reporta al Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística
- Participa en la guardia.

**Funciones y Responsabilidades:**

- Notifica al Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística su ubicación y su tiempo estimado de llegada al sitio después de recibir la llamada de emergencia de grupo
- Es el encargado de atender directamente en campo la situación de emergencia hasta que finalice
- Nunca debe poner en riesgo su integridad física y entonces le es prohibido ingresar al área de peligro
- Guarda la calma, al declararse la emergencia
- Utilizará distintivo (vestimenta, casco, etc.) que lo identifique como miembro del equipo de respuesta a la emergencia
- Es responsable de establecer el perímetro de seguridad con el apoyo de la fuerza pública y de alertar a las personas que se encuentren en una posible situación de riesgo
- Notifica al Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística de la situación y de las necesidades (material, personal) al llegar al sitio.
- Evaluar la situación con el Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística para determinar las acciones apropiadas que pueden ser mantenimiento no programado o la declaración de la emergencia
- Con el apoyo de la fuerza pública puede designar áreas para la descarga de materiales y

**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

- maquinaria, así como un área de estacionamiento y otra para ubicación de vehículos de emergencia, ubicadas en un área segura en función de las rutas de acceso y evacuación
- Comunicarse al Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística en modo periódico (cada 10 a 30 minutos) y cada vez que sea necesario. Eso para reportar los avances en los trabajos de respuesta, así como cualquier cambio en las condiciones en el sitio de la emergencia.
  - Verificar que cualquier contratista; con el que se apoya para llevar a cabo la reparación, trabaja de manera segura y en lugares seguros.
  - Registrar todas las acciones en su bitácora de campo y tomar fotos.

#### **Después de la emergencia**

- Realizar un informe sobre el desarrollo de las acciones de la respuesta a la emergencia.

#### **TÉCNICO DE CAMPO**

Persona designada por el Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística para llevar a cabo cualquier acción necesaria al atender la crisis, estará en el lugar del incidente o en otras instalaciones del Sistema de Transporte. Reporta al Coordinador de Respuesta a Emergencia y Logística.

#### **Funciones y Responsabilidades**

- Participa en la guardia
- Responder inmediatamente a la notificación del Coordinador de Respuesta a Emergencia

#### **Después de la emergencia**

- Realizar un informe sobre el desarrollo de las acciones de la respuesta a la emergencia.

#### **III.3.5. Métodos de limpieza y/o descontaminación en el interior y exterior de la instalación**

##### **Tipo y/o características de la afectación**

Derivado del análisis de riesgo, al suscitarse un incendio o explosión se tendrían los efectos de dichos eventos. En el caso de una explosión se tendría la posibilidad de generación de escombros dispersos de materiales sólidos ferrosos producto de la destrucción del ducto y de equipos.

En el caso del interior de las instalaciones, al acontecer la onda explosiva se tendrían daños físicos a equipos, estructuras e instalaciones comprendidas dentro del radio de amortiguamiento y que combinado con el efecto de la transmisión de calor que ocasionaría dicho evento se tendría afectación al suelo por el incendio generado y erosión del mismo.

Se propone entonces las siguientes actividades para revertir los efectos producidos al suelo.

#### **Acciones que desarrollar y método de limpieza**

**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

### **Exterior de instalaciones**

Recolectar físicamente del suelo aquellos materiales de la instalación que se hayan desprendido de su posición original por motivo de la onda de sobre explosión; usando equipo de protección personal como guantes de carnaza, casco, botas y lentes de seguridad.

### **Interior de instalaciones**

Retirar las estructuras de equipos e instalaciones que resultaron afectadas y que representan un riesgo ambiental. Recolectar los residuos superficiales de materiales sólidos metálicos, cenizas y materiales incinerados producto de la combustión de materiales afectados.

Disponer al relleno sanitario autorizado, los residuos no peligrosos generados usando el equipo de protección personal apropiado para evitar daño al cuerpo.

### **Equipo y materiales a usar**

Usar equipo de protección personal como guantes de carnaza, casco, botas y lentes de seguridad y mascarilla contra polvo. Camionetas, palas, carretillas y recipientes para la disposición de residuos.

**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**



**PRESENTADA ANTE:  
AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AL  
AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS (ASEA)**



**PROMOVENTE**  
**EnerAB, S. de R.L. de C.V.**

**CAPÍTULO IV:**

**RESUMEN**

**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO  
ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113  
FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

**ÍNDICE**

<b>IV. RESUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>IV.1. Conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental.....</b>	<b>3</b>
<b>IV.2. Radios de afectación e interacción de riesgos .....</b>	<b>8</b>
<b>IV.3. Medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas .....</b>	<b>14</b>
<b>IV.5. Informe técnico.....</b>	<b>15</b>
<b>IV.6. Antecedentes e incidentes .....</b>	<b>16</b>

## **IV. RESUMEN**

### **IV.1. Conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental**

El Proyecto: "**Sonora ssLNG**" (**el Proyecto**) es parte de la infraestructura promovida en México por la firma **EnerAB, S. de R.L. de C.V. (EnerAB)** (**en adelante también referida como la Promovente**). En este sentido, este Proyecto se orienta a suministrar combustibles más limpios para el mercado consumidor de la región minera en Sonora. Lo anterior, con un enfoque al cuidado del medio ambiente.

Bajo este contexto, **EnerAB** desarrollará toda la infraestructura requerida para la recepción y procesamiento del gas natural mediante su licuefacción (Licuefacción de Gas Natural, **GNL**) y los servicios necesarios para su almacenamiento temporal en el sitio del Proyecto. Lo anterior, permitirá que de forma continua se pueda proveer de **GNL** a unidades de transporte por rueda en equipos específicamente diseñados para tales efectos.

La capacidad de diseño de la planta incluye la instalación, mantenimiento y operación de una instalación licuefacción de gas natural capaz de alcanzar una producción de 70,000 galones diarios y todos los equipos auxiliares necesarios. El cliente principal del Proyecto será Minera Penmont (**MP**), la cual es propiedad de Fresnillo PLC. Es así que, los excedentes se pondrán a disposición del mercado usuario en el área de influencia del Proyecto. De este modo, **EnerAB** contará con los tanques de almacenamiento de **GNL** en las instalaciones equivalentes a 3 días de producción para brindar el abasto en forma segura y eficiente, según lo proyectado para su operación continua y posibles paros programados de mantenimiento e imprevistos de suministro de parte del proveedor de la materia prima (**CFEnergia**).

En este contexto, la Promovente como empresa regulada una vez autorizado por parte de esa Agencia, solicitará a Carso Gasoducto Norte, S. de R.L. de C.V. (**CARSO**), la posible interconexión desde la posición 23 del gasoducto de 36" D.N., Samalayuca-Sásabe (**GSS**), hasta el Proyecto mediante un ramal de 12" D.N. En este sentido, el abasto del gas natural se daría a través del ducto de **CARSO**, empresa regulada y autorizada, por esa Agencia.

Con base en los antecedentes descritos, la Promovente presenta la **MIA-R** y el **ERA** para las etapas de **Preparación del Sitio, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre y Abandono del Sitio**, del Proyecto.

En este sentido, las instalaciones de licuefacción, almacenamiento de gas licuado y la carga a unidades de transporte, no presentan un riesgo significativo. La probabilidad y frecuencia de ocurrencia son muy remotas debido a que se trata de una instalación nueva que cuenta con tecnología de punta.

La experiencia internacional indica que arriba del 90% de las fallas corresponden a un orificio menor a una pulgada y los criterios de la SEMARNAT en sus guías, es el análisis al 20% y 100% de los eventos en tuberías. Debido a que la mayoría de las rupturas totales de tuberías son causadas por fuerzas externas, se espera que estas ocurran en tuberías de menor diámetro.

Se mantendrá un historial de los reportes de cada inspección de fugas, vigilancia de línea, fugas descubiertas, reparaciones realizadas, consecuencias de la ruptura provocada por el tiempo y que el tramo de la tubería de alimentación a planta de licuefacción permanezca en servicio, así como documentación relativa al diseño, construcción, operación y mantenimiento de la tubería de alimentación y la planta.

Durante el desarrollo del Estudio de Riesgo se aplicó principalmente la metodología HAZOP, así como la evaluación de la conformidad con estándares internacionalmente reconocidos aplicables a la instalación y se realizó una evaluación de la consecuencia y la frecuencia para los eventos más significativos determinando un nivel de riesgo, por lo que se obtuvieron múltiples recomendaciones que minimizarán los riesgos asociados a la actividad de manejo de gas natural en la instalación.

En todo sistema de manejo de gas natural como en el caso de proyecto "Sonora ssLNG" existe una serie de tuberías, accesorios y equipos que pueden llegar a fallar bajo determinadas circunstancias y dado que están sometidas a presión interna positiva, en caso de fallas podría ocurrir la emisión del gas natural o una sustancia peligrosa a la atmósfera de forma casi inmediata.

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

Ambas formas de emisión están sometidas a un grado creciente de dilución en el aire que hace que las concentraciones en la nube o en la pluma vayan disminuyendo conforme transcurre el tiempo y se alejan del punto de emisión.

El grado de dispersión depende de varios factores siendo los más relevantes la cantidad de material emitida, la densidad de la nube de gas, la estabilidad de la atmósfera y la altura del punto de emisión.

Para determinar los radios potenciales de afectación se utilizó el programa de simulación ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) ver 5.4.6., desarrollado por U.S. Environmental Protection Agency's Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office (CEPPO) y la National Oceanic and Atmospheric Administration's Office of Response and Restoration (NOAA OR&R).

Los eventos modelados en cada escenario fueron nube explosiva, incendio y explosión. De acuerdo con la "Guía para la Presentación del Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgo" de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), los criterios son los indicados en la Tabla IV.1.

**Tabla IV. 1. Criterios utilizados para determinar las zonas de riesgo**

<b>DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.</b>
--

CRITERIOS	NUBE EXPLOSIVA (CONCENTRACIÓN)	INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)	EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESIÓN)
Zona de Alto Riesgo	60% L.E.L	5 KW / m <sup>2</sup>	1.0 lb / plg <sup>2</sup>
Zona de Amortiguamiento	10% L.E.L	1.4 KW / m <sup>2</sup>	0.5 lb / plg <sup>2</sup>

La jerarquización de los Riesgos identificados se realizó de acuerdo con las características de peligrosidad de los materiales, los volúmenes de manejo y las condiciones de operación. Por lo anterior, los radios de afectación se obtuvieron para los siguientes escenarios (Tabla IV.2).

**Tabla IV. 2. Escenarios potenciales de afectación en riesgos**

N°	ESCENARIOS POTENCIALES CON RIESGOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	ESTADO	TEMP (°C)	PRESIO N Kg/cm2	ALTURA (m)	TIEMPO min	ESCENARIOS A MODELAR			UBICACIÓN UTM
							INFLAMABILIDAD	SOBREPRESIONES	RADIACION TERMICA	
1	Se presenta una fuga al 100% en ramal de 12" de D.N. en una zona al aire libre en el tramo de la conexión con el proveedor de transporte de gas natural, ubicado a 550 metros del proyecto Sonora ssLNG. La fuga se presenta debido a un daño mecánico a la tubería a consecuencia de una mala operación de equipo de excavación durante una actividad de mantenimiento en las cercanías del ramal debido a la pericia del operador del equipo pesado. La emergencia genera los siguientes eventos potenciales: nube explosiva y explosión	GAS	32	58.92	1.5	1	✓	✓	✓	403094.49 E
										3395735.62 N
1	Se presenta una fuga al 20% en ramal de 12" de D.N. en una zona al aire libre en el tramo de la interconexión con el proveedor de transporte de gas natural, ubicado a 550 metros del proyecto Sonora ssLNG. La fuga se presenta debido a un daño mecánico a la tubería a consecuencia de una mala operación de equipo de excavación durante una actividad de mantenimiento en las cercanías del ramal debido a la pericia del operador del equipo pesado. El material liberado puede generar tres tipos de eventos al entrar en contacto con una fuente de ignición: nube explosiva, explosión y/o JetFire.	GAS	32	58.92	1.5	1	✓	✓	✓	403094.49 E
										3395735.62 N
2	Se presenta fuga de gas natural en conexión de 4" de D.N. a la entrada del equipo de licuefacción, liberando gas al ambiente durante un lapso de 5 minutos a una presión de 105.83 m <sup>3</sup> /min (1.524e+005 Nm <sup>3</sup> /día) hasta que es controlada la fuga mediante el cierre manual de la válvula VLV-100 como mecanismo de bloqueo más próximo al sistema.	GAS	32	58.92	0.5	5	✓	✓	✓	403063.68 E
										3395747.05 N

N°	ESCENARIOS POTENCIALES CON RIESGOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	ESTADO	TEMP (°C)	PRESIO N Kg/cm <sup>2</sup>	ALTURA (m)	TIEMPO min	ESCENARIOS A MODELAR			UBICACIÓN UTM
							INFLAMABILIDAD	SOBREPRESIONES	RADIACION TERMICA	
3	Se presenta fuga de gas natural en estado líquido debido a un orificio de 2" de diámetro en el cuerpo del tanque ubicado en el área de almacenamiento de producto terminado. En este sitio se ubican 4 tanques de 50,000 galones cada uno. El producto se encuentra almacenado a una presión de 15 psig (1.05 kg/cm <sup>2</sup> ) y a una temperatura de -156.8 °C. La emergencia genera los siguientes eventos potenciales: nube explosiva, explosión y bleve (se modela también la generación de una Blevé)	LIQ	32	1.05	1.5	1	✓	✓	✓	403033.30 E
										3395681.82 N
4	Se presenta fuga de gas natural en estado líquido debido a una rotura de manguera de 2" de diámetro durante la operación de trasvase de producto terminado a la unidad de transporte para su entrega al cliente. El producto almacenado que se trasvase se encuentra a una presión de 15 psig (1.05 kg/cm <sup>2</sup> ) y a una temperatura de -156.8 °C. El trasvase se efectúa mediante una bomba sumergible de 300 galones/min, y la longitud de la manguera de carga es de 15 metros de longitud. El evento ocurre fuera del área de dique de tanques en una superficie de 400 m <sup>2</sup> . La emergencia genera los siguientes eventos potenciales: nube explosiva y explosión.	LIQ	32	1.05	1.5	1	✓	✓	✓	403037.00 E
										3395656.19 N

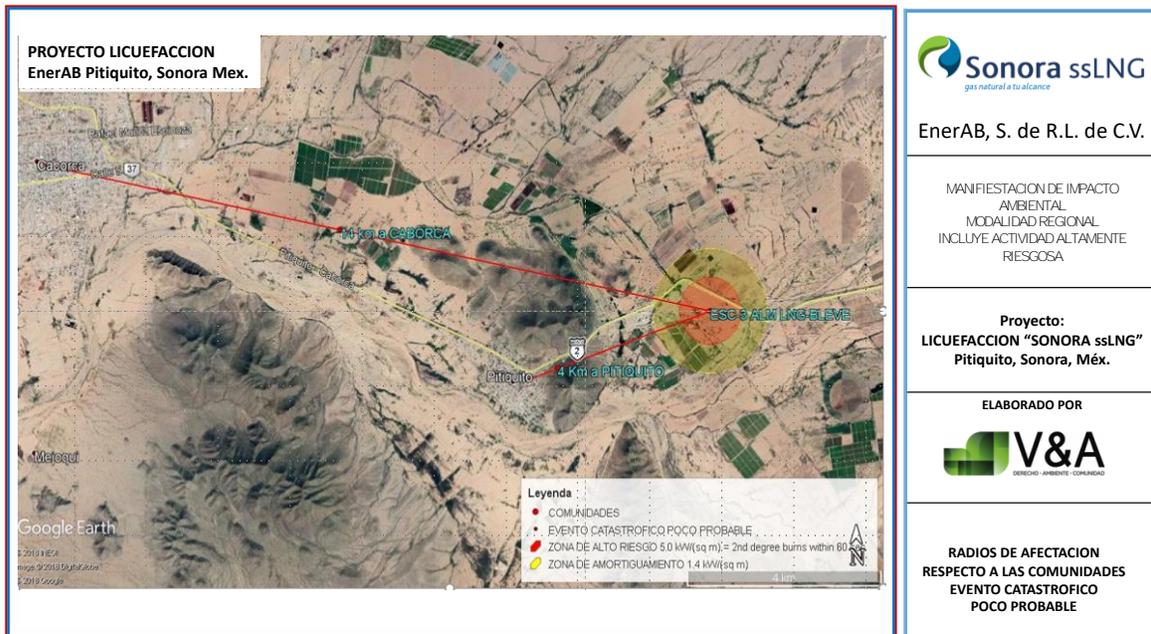
DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

#### IV.2. Radios de afectación e interacción de riesgos

De la evaluación matemática realizada en el Estudio de Riesgo, y de los cuatro escenarios de liberación de gas natural manejados por la infraestructura del proyecto "Sonora ssLNG" se identifica como las zonas de mayor riesgo de impacto, las áreas e instalaciones localizados sobre los cuadrantes SE en dirección a la Autopista Caborca-Pitiquito ubicada a una distancia de 380 m de los escenarios.

Los municipios de Caborca y de Sonora, como lugares de mayor densidad poblacional en la zona, quedan fuera de los radios de la Zona Alto Riesgo y la Zona de Amortiguamiento, inclusive del evento Catastrófico Poco Probable.

**Fig. IV. 1. Escenarios de afectación a la comunidad e interacción con riesgos**



**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO  
ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113  
FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

**Tabla IV. 3. Interacciones de riesgo con evento**

N°	ESCENARIOS POTENCIALES CON RIESGOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	TIPO DE EVENTO	TIEMP O min	RADIOS DE AFECTACION								
				INFLAMABILIDAD		INTERACCION	SOBREPRESIONES		INTERACCION	RADIACION TERMICA		INTERACCION
				ZAR (m)	ZA (m)		ZAR (m)	ZA (m)		ZAR (m)	ZA (m)	
1	Se presenta una fuga al 100% en ramal de 12" de D.N. en una zona al aire libre en el tramo de la conexión con el proveedor de transporte de gas natural, ubicado a 550 metros del proyecto Sonora ssLNG. La fuga se presenta debido a un daño mecánico a la tubería a consecuencia de una mala operación de equipo de excavación durante una actividad de mantenimiento en las cercanías del ducto debido a la pericia del operador del equipo pesado. La emergencia genera los siguientes eventos potenciales: nube explosiva y explosión	<b>DAÑO MECÁNICO AL RAMAL</b>	1	583	1,200	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR, en la planta, por posible intoxicación por metano al encontrarse dentro de la NUBE EXPLOSIVA.	471	497	La infraestructura presente en la ZAR es la que se vería afectada en su totalidad en instrumentación y dispositivos de control expuestos.	72	133	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR, en la planta, por quemaduras de 2do grado, dentro de los primeros 60 segundos al encontrarse dentro de la bola de fuego.

**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

N°	ESCENARIOS POTENCIALES CON RIESGOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	TIPO DE EVENTO	TIEMP O min	RADIOS DE AFECTACION								
				INFLAMABILIDAD		INTERACCION	SOBREPRESIONES		INTERACCION	RADIACION TERMICA		INTERACCION
				ZAR (m)	ZA (m)		ZAR (m)	ZA (m)		ZAR (m)	ZA (m)	
	Se presenta una fuga al 20% en ramal de 12" de D.N. en una zona al aire libre en el tramo de la interconexión con el proveedor de transporte de gas natural, ubicado a 550 metros del proyecto Sonora ssLNG. La fuga se presenta debido a un daño mecánico a la tubería a consecuencia de una mala operación de equipo de excavación durante una actividad de mantenimiento en las cercanías del ducto debido a la pericia del operador del equipo pesado. El material liberado puede generar tres tipos de eventos al entrar en contacto con una fuente de ignición: nube explosiva, explosión y/o JetFire.	<b>DAÑO MECÁNICO AL RAMAL</b>	<b>1</b>	<b>582</b>	<b>1,200</b>	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR, en la planta, por posible intoxicación por metano al encontrarse dentro de la NUBE EXPLOSIVA.	<b>471</b>	<b>496</b>	La infraestructura presente en la ZAR es la que se vería afectada en su totalidad en instrumentación y dispositivos de control expuestos	<b>65</b>	<b>119</b>	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR, en la planta, por quemaduras de 2do grado, dentro de los primeros 60 segundos al encontrarse dentro de la bola de fuego.

**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

N°	ESCENARIOS POTENCIALES CON RIESGOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	TIPO DE EVENTO	TIEMP O min	RADIOS DE AFECTACION								
				INFLAMABILIDAD		INTERACCION	SOBREPRESIONES		INTERACCION	RADIACION TERMICA		INTERACCION
				ZAR (m)	ZA (m)		ZAR (m)	ZA (m)		ZAR (m)	ZA (m)	
2	Se presenta fuga de gas natural en conexión de 4" de D.N. a la entrada del equipo de licuefacción, liberando gas al ambiente durante un lapso de 5 minutos a una presión de 105.83 m <sup>3</sup> /min (1.524e+005 Nm <sup>3</sup> /día) hasta que es controlada la fuga mediante el cierre manual de la válvula VLV-100 como mecanismo de bloqueo más próximo al sistema.	<b>DAÑO MECÁNICO A CONEXIÓN POR GOLPE</b>	5	127	321	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR, en la zona de los trabajos, por posible intoxicación por metano al encontrarse dentro de la NUBE EXPLOSIVA, y posiblemente afectación a ganado próximo.	92	101	La Infraestructura presente en la ZAR es la que se vería afectada en su totalidad a instrumentos portátiles de medición y tableros de los equipos de maquinaria (excavadora, grúas menores, etc.) en instrumentación y dispositivos de control expuestos. Lesiones menores reversibles en oído a personas de la empresa y contratistas.	17	31	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR, en la zona de los trabajos, por quemaduras de 2do grado dentro de los primeros 60 segundos al encontrarse dentro de la bola de fuego.
3	Se presenta fuga de gas natural en estado líquido debido a un orificio de 2" de diámetro en el cuerpo del tanque ubicado en el área de almacenamiento de producto terminado. En este sitio se ubican 4 tanques de 50,000 galones cada uno. El producto se encuentra almacenado a una presión de 15 psig (1.05 kg/cm <sup>2</sup> ) y a una temperatura de -156.8 °C.	<b>FALLA DEL TRANQUE EN SOLDADURAS, ORIFICIO DE 2"</b>	1	65	183	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR en la zona de TANQUES DE ALMACENAMIENTO por posible intoxicación por metano al encontrarse dentro de la NUBE EXPLOSIVA.	58	78	La infraestructura presente en la ZAR es la que se vería afectada en su totalidad, a instrumentos portátiles de medición y tableros de los equipos de medición y control, dentro del área de la TANQUES DE ALMACENAMIENTO. Lesiones menores reversibles en oído a personas de la empresa y contratistas.	633	1,200	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR en la zona de los trabajos por quemaduras de 2do grado dentro de los primeros 60 segundos al encontrarse dentro de la bola de fuego.

N°	ESCENARIOS POTENCIALES CON RIESGOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	TIPO DE EVENTO	TIEMP O min	RADIOS DE AFECTACION								
				INFLAMABILIDAD		INTERACCION	SOBREPRESIONES		INTERACCION	RADIACION TERMICA		INTERACCION
				ZAR (m)	ZA (m)		ZAR (m)	ZA (m)		ZAR (m)	ZA (m)	
	La emergencia genera los siguientes eventos potenciales: nube explosiva, explosión y bleve (se modela también la generación de una Bleve)											
4	Se presenta fuga de gas natural en estado líquido debido a una rotura de manguera de 2" de diámetro durante la operación de trasvase de producto terminado a la unidad de transporte para su entrega al cliente. El producto almacenado que se trasvase se encuentra a una presión de 15 psig (1.05 kg/cm <sup>2</sup> ) y a una temperatura de -156.8 °C. El transvase se efectúa mediante una bomba sumergible de 300 galones/min, y la longitud de la manguera de carga es de 15 metros de longitud. El evento ocurre fuera del área de dique de tanques	<b>ROTURA DE MANGUERA, FALLA DE MATERIAL</b>	1	354	949	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR en la zona de CARGA DE UNIDADES de transporte por posible intoxicación por metano al encontrarse dentro de la NUBE EXPLOSIVA.	266	281	Infraestructura presente en la ZAR es la que se vería afectada en su totalidad, a instrumentos portátiles de medición y tableros de los equipos de medición y control, dentro del área de la CARGA DE UNIDADES de transporte. Lesiones menores reversibles en oído a personas de la empresa y contratistas.	92	162	Lesiones a las personas (Personal y/o Contratistas) que trabajan dentro del ZAR en la zona de los trabajos por quemaduras de 2do grado dentro de los primeros 60 segundos al encontrarse dentro de la bola de fuego.

N°	ESCENARIOS POTENCIALES CON RIESGOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	TIPO DE EVENTO	TIEMPO min	RADIOS DE AFECTACION								
				INFLAMABILIDAD		INTERACCION	SOBREPRESIONES		INTERACCION	RADIACION TERMICA		INTERACCION
				ZAR (m)	ZA (m)		ZAR (m)	ZA (m)		ZAR (m)	ZA (m)	
	en una superficie de 400 m <sup>2</sup> . La emergencia genera los siguientes eventos potenciales: nube explosiva y explosión.											

DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

### **IV.3. Medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas**

Como parte de sus actividades e instalaciones, se cuenta con las siguientes medidas para reducir los riesgos relacionados con el manejo del gas natural en el Proyecto que promueve **EnerAB**.

- ✓ Señalamientos de seguridad de acuerdo con la NOM-026-STPS vigente;
- ✓ Sistemas de identificación de riesgos general y en tuberías que conducen gas natural, de acuerdo con las normas 018 y 026 de la STPS;
- ✓ Sistema indicador de dirección de viento;
- ✓ Plan de Respuesta a Emergencias y participación de Protección Civil;
- ✓ Sistema contra incendio (hidrantes, monitores, detectores, extintores);
- ✓ Medios para contención de derrames y recuperación de los mismos;
- ✓ Brigadas internas de Respuesta a Emergencia;
- ✓ Programas de mantenimiento e integridad mecánica de las instalaciones estáticas y dinámicas;
- ✓ Programas de capacitación a personal de la empresa, contratistas, visitantes y proveedores;
- ✓ Inspecciones de seguridad;
- ✓ Detectores de explosividad, y
- ✓ Pruebas de hermeticidad, calibración de válvulas, instrumentos, efectividad de tierras físicas y apartarrayos.

En el desarrollo del presente estudio de riesgo se identificaron múltiples recomendaciones, las cuales se presentan en el Capítulo III. A estas recomendaciones se les da seguimiento para su cierre e implementación efectiva logrando una reducción y control de los riesgos identificados.

Derivado de este Estudio de Riesgo se recomienda de forma general lo siguiente:

1. Continuar con la implementación del sistema de conducción de operaciones (Sistemas de operación, capacitación y aplicación en las operaciones diarias)
2. Involucrar a la supervisión como un factor clave para la prevención de incidentes.
3. Continuar con el sistema de cultura de seguridad logrando la participación de los trabajadores en forma activa con un comportamiento seguro e identificando los peligros en sus actividades diarias.

Dada la ubicación de las interacciones del Proyecto y los potenciales de riesgo existentes, no se identifica interacción alguna. Ninguna zona de alto riesgo por explosión o fuego de los eventos identificados afecta instalaciones vecinas.

Las medidas y equipos de seguridad y protección con los que se cuentan para reducir los riesgos identificados son:

- 1.- Diseño de equipo
- 2.- Análisis de riesgo en los procesos
- 3.- Procedimientos de operación

**DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO  
ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113  
FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.**

- 4.- Capacitación y certificación del personal
- 5.- Sistema de reconocimiento de peligros
- 6.- Sistema de permisos de seguridad para trabajos críticos para la vida
- 7.- Comportamiento seguro del personal
- 8.- Equipo de protección personal

En el caso de una emergencia se cuenta con sistemas de mitigación como:

- 1.- Plan de emergencia del sitio
- 2.- Brigada contra incendio interna

#### IV.4. Conclusiones

Se concluye que las instalaciones contarán con los sistemas de prevención y mitigación para los eventos de riesgo identificados, los cuales serán mantenidos, operados y auditados periódicamente por la organización y son apropiados para los efectos de las situaciones de emergencia que pudieran presentarse.

Con base en los criterios aceptados de riesgo se considera la instalación del proyecto "Sonora ssLNG" como de Riesgo Aceptable.

Los riesgos asociados con la operación y mantenimiento del ramal de alimentación de gas natural para el proceso de licuefacción y sus posteriores operaciones, almacenamiento y carga de gas licuado a medios de transporte y sus componentes, son semejantes a instalaciones de su tipo en otras partes del mundo.

El diseño la línea de gas en su interconexión con la ERM de CARSO y sus componentes resulta ser, dentro de los niveles de riesgo al público, como Aceptable.

#### IV.5. Informe técnico

Tabla IV. 4. Sustancias involucradas.

Nombre químico de la sustancia (IUPC)*	No. CAS**	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Flujo m3/día	Longitud de la Tubería (m)	Diámetro de la Tubería (in)	Presión de operación (Kg/cm <sup>2</sup> )	Espesor (mm)
Metano			152,700	440	12	59.76	9mm

\*De acuerdo con los lineamientos descritos por la Unión Internacional de Química Aplicada (IUPAC)

\*\* De acuerdo con el Chemical Abstracts Service (CAS)

DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE TÉCNICO  
 ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113  
 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

**IV.6. Antecedentes e incidentes**

**Tabla IV. 5. Antecedentes de accidentes e incidentes.**

<b>AÑO</b>	<b>CIUDAD Y/O PAÍS</b>	<b>INSTALACIÓN</b>	<b>SUSTANCIA(S) INVOLUCRADAS</b>	<b>EVENTO</b>	<b>CAUSA</b>	<b>NIVEL DE AFECTACIÓN (COMPONENTES AMBIENTALES AFECTADOS)</b>
1966	Alemania	Red de Distribución de Gas Natural	Gas Natural	Fuga de 600 lb. de metano que explotaron con un equivalente a 3 toneladas de TNT	Falla en la tubería de conducción de gas natural dio como resultado la fuga	
1984	Luisiana, U.S.A.	Red de Distribución de Gas Natural	Gas Natural	Fuga de metano que explotó	Ruptura de una tubería por un trascabo provocó el incendio del gas produciendo flamas de 15 metros de altura.	Murieron 5 bomberos y 20 empleados de la empresa reparadora
1985	Nuevo México, U.S.A.	Estación de Medición	Gas Natural	Incendio de una fuga de gas natural en una estación de medición	Llamas de más de 50 metros de altura	Destrucción de la estación de medición
1986	Alabama, U.S.A.	Red de Distribución de Gas Natural	Gas Natural	Ruptura de tubería producida por maquinaria	Flamas de 153 metros de altura	Se incendiaron dos casas aunque ninguna persona resultó lesionada
2005	Escribano-La Libertad-Cunduacán, Tabasco, México	En el área de trampas de gasoducto de 48"	Red de Distribución de Gas Natural			