
ESTUDIO DE RIESGO (ER).

PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA



SEPTIEMBRE DE 2024
GNL COSALA, S. A. DE C. V.

CONTENIDO

1.	ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS.....	2
1.1.	OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO.	2
1.2.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	3
1.2.1.	PROYECTO.....	3
1.3.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	15
1.4.	DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.....	31
1.5.	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS	47
1.5.1.	IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS	47
1.5.1.1.	ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES.	47
1.5.1.2.	IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y ESCENARIOS DE RIESGO	52
1.5.1.3.	JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO.	71
1.5.2.	ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGO.....	89
1.5.2.1.	ANÁLISIS DE FRECUENCIAS.....	89
1.5.2.2.	ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS.	89
1.6.	REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES.	108
1.7.	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIÓN DE RIESGO.	109
1.8.	INTERACCIONES DE RIESGO.....	117
1.9.	SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO...	125
1.9.1.	SISTEMAS DE SEGURIDAD.....	125
1.9.2.	MEDIDAS PREVENTIVAS.....	131
1.9.3.	RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS	133
1.10.	CONCLUSIONES.....	137
1.11.	RESUMEN EJECUTIVO.	139

1. ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS

1.1. OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO.

Los objetivos establecidos para el presente Estudio de Riesgo son:

1. Llevar a cabo la identificación de peligros y riesgos mediante la aplicación de las técnicas: HazOp/What If (cualitativas), y Análisis de Consecuencias por simulación mediante el software PHAST (cuantitativas), al proyecto **“Planta de licuefacción de GNL, de la empresa GNL Cosala, S.A. de C.V., ubicada en fracción 2 del predio rustico Casas Viejas, El Habal, C.P.82277, municipio de Mazatlán, Sinaloa”**, con la finalidad de identificar y evaluar escenarios potenciales de riesgo, hacia las Personal, Población, al Ambiente, a la Instalación/Imagen de la Empresa; y diseñar estrategias para disminuirlo y/o minimizar sus consecuencias, cumpliendo con las políticas de seguridad y protección ambiental requeridas por la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA).
2. Determinar las acciones necesarias que permitan reducir la probabilidad de ocurrencia de incidentes durante el desarrollo del proyecto “Planta de licuefacción de GNL, de la empresa GNL Cosala, S.A. de C.V., ubicada en fracción 2 del predio rustico Casas Viejas, El Habal, C.P.82277, municipio de Mazatlán, Sinaloa”.
3. Desarrollar el Estudio de Riesgo (ER), mediante la metodología HazOp/What If, para el proyecto, “Planta de licuefacción de GNL, de la empresa GNL Cosala, S.A. de C.V., ubicada en fracción 2 del predio rustico Casas Viejas, El Habal, C.P.82277, municipio de Mazatlán, Sinaloa” bajo los lineamientos de los documentos siguientes:
 - a) Guía para realizar Análisis de Riesgos GO-SS-TC-0002-2020 Guía operativa para realizar análisis de riesgos de procesos en los proyectos e instalaciones de Pemex Exploración y Producción.
 - b) Guía para la elaboración del Análisis de Riesgos para el Sector Hidrocarburos, elaborado por la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA), publicada en julio de 2020.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

1.2.1. Proyecto.

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

El proyecto se localiza en [REDACTED]

[REDACTED] dentro de un predio con superficie de 180, 296.77 m².

Como se muestra en la Figura 1.1.

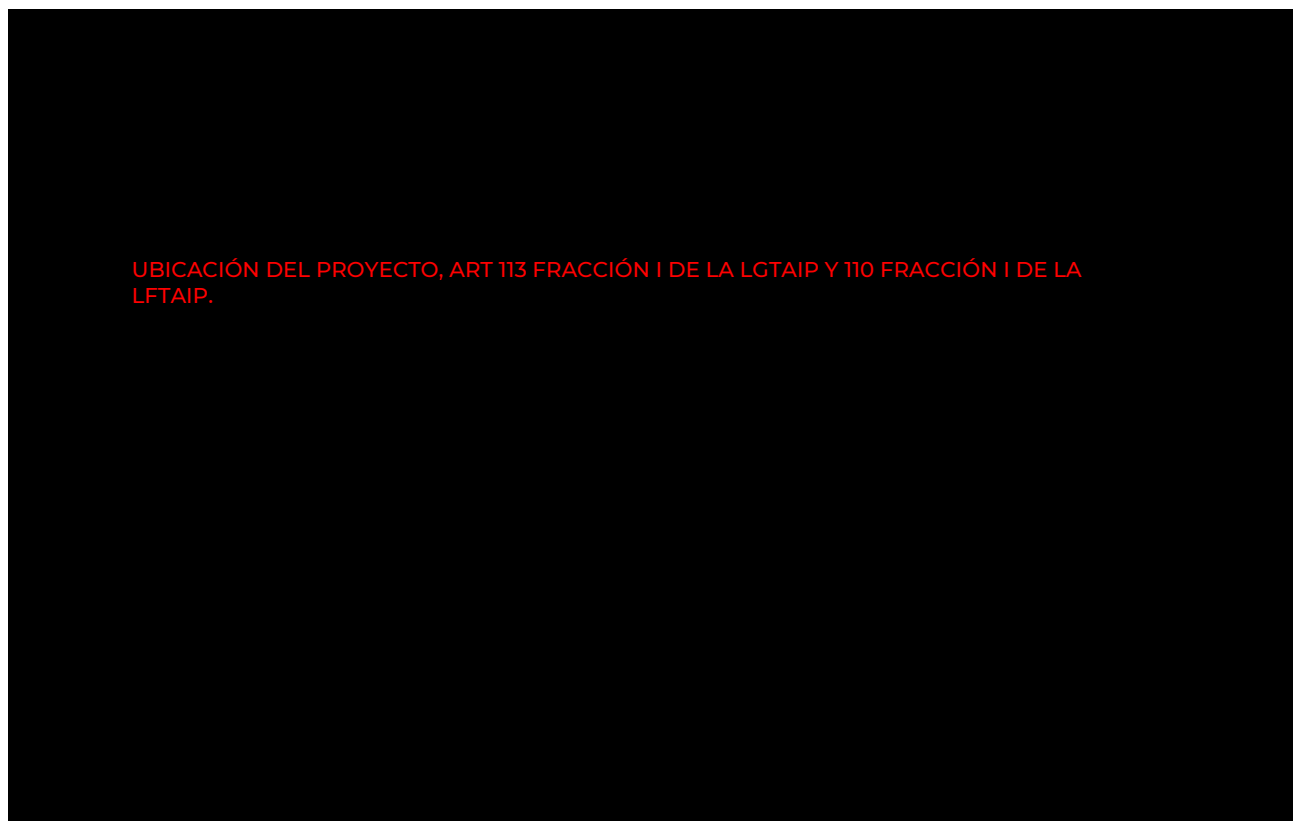


Figura 1.1.- Ubicación del proyecto.

La superficie del proyecto está comprendida en las siguientes coordenadas (Tabla 1.1):

Tabla 1.1.- Coordenadas del área del proyecto.

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

Fuente: Plano Levantamiento Topográfico Planimetría (PL-TOPO-01).

El Proyecto consiste en la construcción de un sistema de licuefacción de gas natural en un predio con una superficie de 180, 296.77 m². Con una capacidad de producción de

Primera fase:

- Pretratamiento de 400,000 Nm³/d (16,666 Nm³/h).
- Licuefacción de 400,000 Nm³/d (16,666 Nm³/h).

Para que el sistema funcione de forma eficiente, se requiere una presión mínima de 40 bares. Si el gas natural llega con una presión inferior, se debe utilizar un compresor para elevarla, garantizando un flujo constante hacia las etapas de pretratamiento y licuefacción.

La temperatura inicial del gas natural al ingresar a la planta será aproximadamente la temperatura ambiental, y deberá ser monitoreada para ajustar adecuadamente el proceso de enfriamiento.

Composición del gas.

Estos son los valores esperados para la composición del gas natural a tratar, basado en cromatografías del ducto seleccionado para extraer el gas, aunque se puede procesar gas con diferentes porcentajes de componentes:

Metano (CH₄): 90.0700% vol.

Dióxido de Carbono (CO₂): 0.1200% vol.

Nitrógeno (N₂): 1.2500% vol.

Total Inertes: 1.39% vol. (Suma de CO₂, N₂ y O₂, aunque el oxígeno no está especificado)

Etano (C₂H₆): 8.3000% vol.

Humedad (H₂O): 0.1 lb/MMSCF

Azufre Total: < 2 mg/kg

La temperatura de licuefacción para este proyecto, de acuerdo con la capacidad El gas natural entra al intercambiador de calor inicial (pre-enfriador con propano) a una temperatura de aproximadamente 30 °C y se enfría hasta alrededor de -25 °C.

Luego, en la caja fría, el gas se enfría a -60 °C antes de pasar por el separador de hidrocarburos pesados. Posteriormente, en una etapa posterior de la caja fría, el gas alcanza -163 °C para su licuefacción final.

La temperatura del GNL almacenado debe mantenerse entre -162 °C y -50 °C para evitar la evaporación excesiva y garantizar la estabilidad del producto.

Capacidad:

La granja de tanques cuenta con un dique de contención para prevenir derrames de GNL. Los 4 tanques de almacenamiento tienen una capacidad efectiva de 200 m³ cada uno, para un total de 800 m³, y están equipados con sistemas de seguridad para el manejo del gas de evaporación (BOG) y otras condiciones operativas.

Los tanques están diseñados para una presión máxima de trabajo de 0.7 MPaG.

Parámetros de Carga

Rangos de Presión de Carga:

El sistema de carga consta de bombas de baja temperatura que presurizan el GNL para su transferencia hacia los camiones cisterna a través de brazos de carga, garantizando un rango de presión adecuado para la transferencia.

	ESTUDIO DE RIESGO INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA	
---	---	---

La presión máxima de entrega es de 10 bares (1 MPa) y está diseñada para operar a temperaturas de hasta -162 °C, adecuadas para entregar gas natural licuado, con una densidad aproximada de 430 kg/m³.

Monitoreo y Control

Sistemas de Monitoreo:

Para el proyecto de la planta de GNL con una capacidad de 400,000 Nm³/día, se utilizarán sistemas de monitoreo avanzados para controlar en tiempo real los parámetros críticos como presión, temperatura y flujo. La integración de la automatización y gestión de la información permitirá mantener un alto nivel de control, gestión y operación, alcanzando un estándar líder a nivel nacional y maximizando la eficiencia de la inversión.

Puntos de Control Críticos:

Los instrumentos y sistemas de monitoreo utilizados serán seleccionados cuidadosamente para asegurar la precisión, confiabilidad y cumplimiento con los objetivos de control. Se priorizarán instrumentos inteligentes de calidad superior, ya sean importados o de fabricación nacional, con capacidades avanzadas de transmisión (HART) y pantallas LCD para visualización clara. Las válvulas de control y otros instrumentos de campo se seleccionarán de acuerdo con los estándares nacionales e internacionales más altos.

Estos instrumentos avanzados ayudarán a mantener los procesos dentro de los límites controlables, considerando el entorno local y las características del material. Además, se priorizará marcas con un historial probado de buen desempeño en proyectos similares, para garantizar un sistema de control avanzado y confiable.

Fecha de programa de inicio de operaciones.

La fecha programa de inicio de operaciones es en febrero del año 2027.

Criterios y normas considerados para la elaboración de bases de diseño.

El Proyecto está diseñado de acuerdo con las mejores prácticas de ingeniería expresadas en las normas y códigos aplicables de organismos reconocidos a nivel nacional e internacional de cada rama de la ingeniería involucrada en el proyecto. Entre los organismos considerados destacan las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y Normas Mexicanas (NMX) aplicables, además de los lineamientos de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH). Por otra parte, a nivel internacional se han tomado en cuenta las normas y prácticas recomendadas del American Petroleum Institute (API), la American Society of Mechanical Engineers (ASME), International Standards Organization (ISO), entre otros, como se detalla posteriormente. A continuación, se enlistan de manera enunciativa más no limitativa las normas, códigos y estándares nacionales e internacionales aplicables al Proyecto. A pesar de que cada institución es independiente una de la otra, trabajan en algunos casos de manera conjunta y, por ende, existen varias similitudes por lo que se elegirá la particularidad normativa a criterio del desarrollador. A continuación, se menciona algunos estándares técnicos nacionales e internacionales que son considerados de aplicación general.

Número	Descripción
Generales	
Leyes y Reglamentos	
Reglamento federal de seguridad, higiene y medio ambiente de trabajo.	
Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.	
Reglamento para la protección al ambiente contra la contaminación originada por la emisión del ruido.	
Reglamento de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en materia de impacto ambiental.	
Ley de Infraestructura de Calidad.	
Ley de Petróleos Mexicanos y su reglamento.	
Plan Rector de Automatización de la Región de Producción Marina Suroeste.	
Normas Oficiales Mexicanas y Disposiciones Administrativas de Carácter General.	
Norma Oficial Mexicana NOM-013-ASEA-2021, Instalaciones de Almacenamiento y Gasificación de Gas Natural	Requisitos de seguridad para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de terminales de almacenamiento de gas natural licuado que incluyen sistemas, equipos e instalaciones de recepción, conducción, vaporización y entrega de gas natural).

Número	Descripción
Liculado (cancela y sustituye a la NOM-013-SECRE-2012)	
DACG	Disposiciones administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos en materia de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente para el Diseño, Construcción, Pre-arranque, Operación, Mantenimiento, Cierre, Desmantelamiento y Abandono de las Instalaciones de Licuefacción de Gas Natural
DACG	Disposiciones administrativas de carácter general que establecen los lineamientos para la gestión integral de los Residuos de Manejo Especial del Sector Hidrocarburos
NOM-001-SECRE-2010	Especificaciones del Gas Natural
NOM-001-SEDE-2012	Instalaciones eléctricas (utilización).
NOM-001-STPS-2008	Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-condiciones de seguridad.
NOM-002-STPS-2010	Condiciones de seguridad-prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
NOM-003-SEGOB-2011	Señales y avisos para protección civil-Colores, formas y símbolos a utilizar
NOM-005-STPS-1998	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
NOM-008-SCFI-2002	Sistema general de unidades de medida.
NOM-009-ENER-2014	Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales
NOM-010-STPS-2014	Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral-reconocimiento, evaluación y control.
NOM-011-STPS-2001	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.
NOM-013-SCFI-2004	Instrumentos de medición-manómetros con elemento elástico-Especificaciones y métodos de prueba.
NOM-014-ENER-2004	Eficiencia energética de motores de corriente alterna, monofásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, enfriados con aire, en potencia nominal de 0,180 kW a 1,500 kW. Límites, método de prueba y marcado.
NOM-016-ENER-2016	Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 kW a 373 kW. Límites, métodos de prueba y marcado.
NOM-018-STPS-2015	Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.
NOM-020-STPS-2011	Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - funcionamiento - condiciones de seguridad.
NOM-022-STPS-2015	Electricidad estática en los centros de trabajo – condiciones de seguridad.

Número	Descripción
NOM-025-STPS-2008	Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos - conducidos en tuberías.
NOM-027-STPS-2008	Actividades de soldadura y corte-Condiciones de seguridad e higiene.
NOM-031-STPS-2011	Construcción - Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo.
NOM-063-SCFI-2001	Productos eléctricos- conductores - requisitos de seguridad.
NOM-081-ECOL-1994	"Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición".
NOM-081-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.
NOM-085-SEMARNAT-2011	Contaminación Atmosférica-Niveles Máximos Permisibles de Emisión de los Equipos de Combustión de Calentamiento Indirecto y Su Medición.
NOM-085-ECOL-2011	Contaminación atmosférica de fuentes fijas.
NOM-EM-003-ASEA-2016	Especificaciones y criterios técnicos de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente para el diseño, construcción, pre-arraque, operación y mantenimiento de las instalaciones terrestres de almacenamiento de petrolíferos, excepto para gas licuado de petróleo
NOM-093-SCFI-2020	Válvulas de relevo de presión (seguridad, seguridad-alivio y alivio) operadas por resorte y piloto; fabricadas en acero y bronce.
NOM-144-SEMARNAT:2017	Que establece las medidas fitosanitarias y los requisitos de la marca reconocidas internacionalmente para el embalaje de madera que se utiliza en el comercio internacional de bienes y mercancías

Plano General

1	NFPA 59A	Norma para la Producción, Almacenamiento y Manejo de Gas Natural Licuado (GNL)
---	----------	--

Eléctrico / Telecomunicaciones (General)

1	IEC 60364	Instalaciones eléctricas para edificios
2	IEC 60034	Norma internacional de la Comisión Electrotécnica Internacional para máquinas eléctricas rotativas.
3	IEC 60947	Aparamenta y equipo de control de baja tensión
4	IEC 60439	Construcción de conjuntos de aparamenta de baja tensión y su inspección.
5	IEC 62271	Aparamenta y equipo de control de media tensión.
6	IEC 60298	Aparamenta bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
7	IEC 60694	Especificaciones comunes para estándares de aparamenta y control de alta tensión.
8	IEC 60529	Grados de protección proporcionados por los contenedores que resguardan los materiales eléctricos (Código IP)
9	ISO 3046	Motores de combustión interna alternativos
10	IEC 61020	Interruptores electromecánicos para uso en equipos eléctricos y electrónicos

11	IEC 60092	Cables de alimentación de uno y tres conductores
12	IEC 60287	Cálculo del cable de corriente nominal.
13	IEC 61312	Protección contra el impulso electromagnético del rayo.
14	IEC 62040	Sistemas de energía ininterrumpida (UPS)
15	IEEE Std. 80	Guía EEE para la seguridad en la puesta a tierra de subestaciones de CA
16	IEC 60079	Selección e instalación de equipos eléctricos en áreas peligrosas
17	IEC 60751	Elementos de temperatura RTD
18	IEC 60584	Termopares.
19	IEC 60770	Transmisores utilizados en los sistemas de control de procesos industriales.
20	IEC 61672	Electroacústica y sonómetros
21	IEC 61131	Controladores programables
22	IEC 61285	Seguridad de la automatización de procesos de cabinas de analizadores.
23	IEC 61508	Seguridad funcional del sistema eléctrico/electrónico/programable relacionado con la seguridad.

Instrumentación (general)

1	ISA S5.1	Símbolos e identificación de instrumentación.
2	ISA 5.2	Símbolos gráficos para elementos de lógica binaria.
3	ISA S5.3	Símbolos gráficos para control distribuido/visualización compartida, instrumentación, lógica y sistema informático
4	ISA S5.4	Diagramas de bucle de instrumentación
5	ISA S5.5	Símbolos gráficos para visualizaciones de procesos
6	ISA S18.1	Secuencias y especificaciones del anunciador.
7	ISA S75.01	Ecuaciones de flujo para dimensionar válvulas de control
8	ISO 5167-1	Medición del caudal de fluido mediante placas de orificio, boquillas y tubos de riesgo insertados en un conducto de sección circular lleno
9	IEC 61508	Seguridad funcional de sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relacionados con la seguridad
10	IEC 61511	Sistema Instrumentado de Seguridad Funcional para la Industria de Procesos
11	IEC 61584	Instrumentación de protección radiológica

Equipo (General)

1	ASME Codes Section VIII, Div. I	Reglas para la construcción de recipientes a presión.
2	ASME Code Section II	Materiales
3	ASME Code Section V	Pruebas no destructivas
4	ASME Code Section IX	Calificaciones de soldadura y soldadura fuerte
5	ANSI B73.1	Especificación para bombas centrífugas de succión final horizontal para procesos químicos

Proceso (General)

1	ISO 261	Plano general de roscas métricas de uso general.
2	NFPA 59A	Norma para la Producción, Almacenamiento y Manejo de Gas Natural Licuado (GNL)
3	NFPA 780	Sistemas de protección de iluminación.
4	API 520(I)- 2000	Dimensionamiento, selección e instalación de dispositivos de alivio de presión en refinerías, Parte I - Dimensionamiento y selección
5	API 520(II)- 2003	Dimensionamiento, selección e instalación de dispositivos de alivio de presión en refinerías, Parte II – Instalación

6	API STD 521-2014	Sistemas de alivio de presión y despresurización
---	------------------	--

Tuberías (generales)

1	ASME B1.1	Roscas de tornillo unificadas en pulgadas (forma de rosca UN y UNR)
2	ASME B1.20.1	Roscas de tubería, uso general (pulgadas)
3	ASME B18.2.1	Pernos y tornillos cuadrados y hexagonales (serie en pulgadas)
4	ASME B18.2.2	Tuercas cuadradas y hexagonales (serie en pulgadas)
5	ASME B31.3	Tuberías de proceso
6	ASME B36.10M	Tubería de acero forjado soldada y sin costura
7	ASME B36.19M	Tubería de acero inoxidable
8	ASME B16.5	Bridas de tubería y accesorios bridados
9	ASME B16.10	Dimensiones de válvulas cara a cara y de extremo a extremo
10	ASME B16.11	Racor Forjado, Socket-Soldable y Roscado
11	ASME B16.9	Accesorios forjados para soldar a tope fabricados en fábrica
12	ASME B16.20	Juntas metálicas para bridas de tuberías: junta anular, enrollada en espiral y encamisada
13	ASME B16.21	Juntas planas no metálicas para bridas de tuberías
14	ASME B16.34	Válvulas con extremo bridado, roscado y soldado
15	ASME B16.48	Bridas ciegas

Arquitectónico (general)

1	NFPA 59A	Norma para la Producción, Almacenamiento y Manipulación de Gas Natural Licuado (GNL).
2	ISO 261	Plano general de roscas métricas de uso general.
3	NFPA 5000-2018	Estructura del edificio y código de seguridad.

Estructurales (generales)

1	GB 50068-2001	Código para el diseño de cimientos de edificios.
2	GB 50007-2011	Código para el diseño de cimientos de edificios.
3	GB 50223-2008	Norma para la clasificación de la protección sísmica de las construcciones de edificación.
4	JGJ 94-2008	Código técnico para la construcción de cimentaciones sobre pilotes.
5	GB 50009-2012	Código de carga para el diseño de estructuras de edificación.
6	JGJ 79-2012	Especificaciones técnicas para el tratamiento de cimientos del edificio.
7	GB 50010-2010	Código para el diseño de estructura de hormigón.
8	GB 50011-2010	Código para el diseño sísmico de edificaciones.
9	GB 50016-2014	Código para el diseño de protección contra incendios de edificios.
10	GB 50046-2008	Código para el diseño anticorrosión de construcciones industriales.

11	GB 50191-2012	Código de diseño para antisísmico de estructuras especiales.
12	GB 50453-2008	Norma para la clasificación de la protección sísmica de edificaciones y estructuras especiales en ingeniería petroquímica.
13	SH 3076-2013	Especificación de diseño de la empresa petroquímica para la estructura del edificio.
14	GB 50160-2008	Código de prevención de incendios del diseño de empresas petroquímicas.
15	SH 3147-2014	Código para el diseño sísmico de estructuras especiales para petroquímicas.
16	HG/T 20674-2005	Especificación de carga para el diseño de construcciones en la industria química y petroquímica.
17	GB 1499.1-2008	Acero para refuerzo de hormigón-Parte 1: Barra nervada laminada en caliente
18	GB 1499.2-2007	Acero para refuerzo de hormigón. Parte 2: Barra nervada laminada en caliente.
19	GB/T 5117-2012	Electrodos de acero al carbono para soldadura manual por arco
20	GB/T 5118-2012	Estructura de acero al carbono forjado de calidad

Extinción de Incendios y Plomería

1	NFPA 1-2018	Código de incendio
2	NFPA 10-2018	Norma para extintores portátiles
3	NFPA 11-2005	Estándar para espuma de baja, media y alta expansión
4	NFPA 13-2019	Norma para la instalación de sistemas de rociadores
5	NFPA 14-2019	Norma para la instalación de sistemas de tubos verticales y mangueras
6	NFPA 24-2019	Norma para la instalación de redes privadas de servicios contra incendios y sus accesorios

Accesos (marítimos y terrestres) del Proyecto.

En la figura 1.2 se muestra el croquis de localización de la vía de acceso al predio, siendo esta terrestre, tipo carretera, de administración estatal Mazatlán - Culiacán.

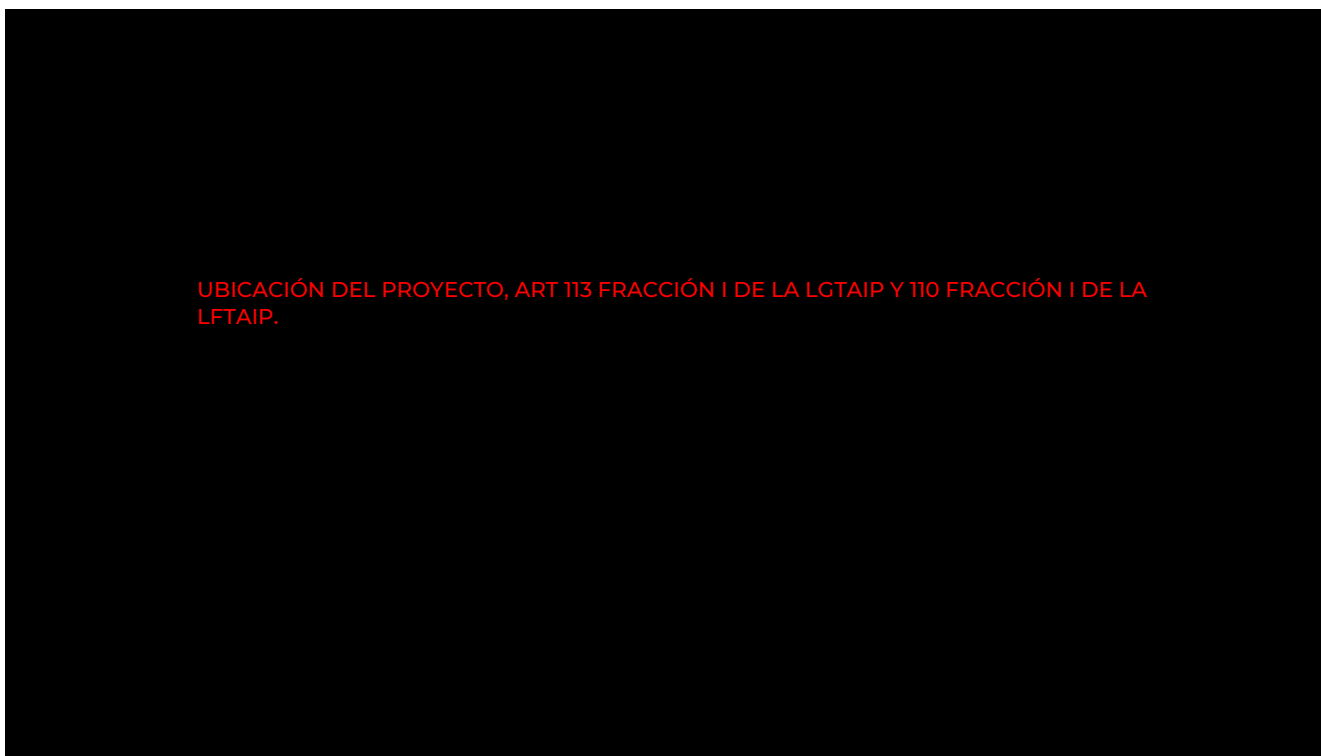


Figura 1.2.- Vías de acceso al proyecto.

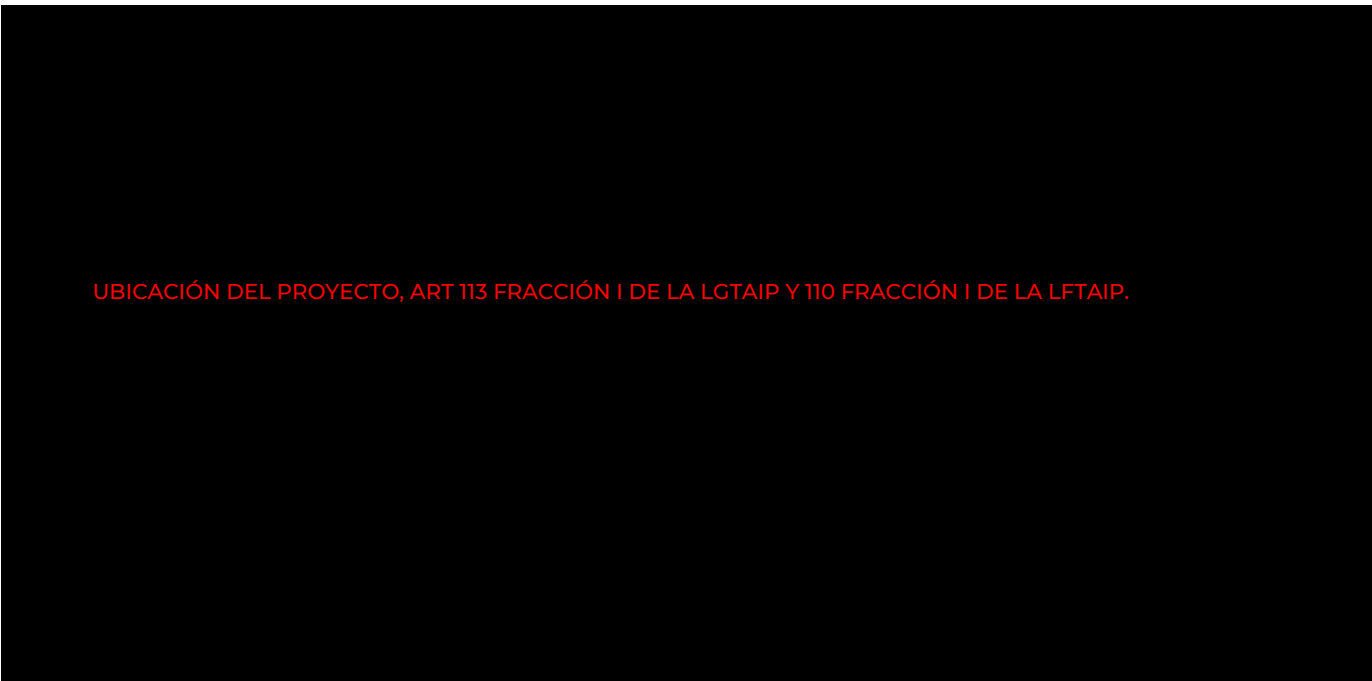
Autorizaciones oficiales en materia de Impacto y Riesgo Ambiental.

Actualmente el predio no con autorizaciones oficiales.

Compatibilidad con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano.

La obra se encuentra proyectada desarrollarse en la localidad El Habal del municipio de Mazatlán, donde se puede apreciar un área rural el cual cuenta con algunos de los servicios municipales “básicos”, al igual que cuenta con 1,146 habitantes (INEGI 2020).

Debido que el Dictamen de Uso de Suelo del predio donde se pretende desarrollar el proyecto, aún se encuentra en trámite, nos basamos en los mapas de zonificación del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Mazatlán, en el que se visualiza que la localidad de El Habal se ubica en ZONA PIE DE MONTE. De acuerdo con la descripción en el PMDU, esta zona se dedica a la agricultura, ganadería y fruticultura.



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

Zonificación del predio de acuerdo con el PMDU.

El proyecto NO se ubica en alguna Área Natural Protegida, así como tampoco se encuentra en un Área de Atención Prioritaria.

1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

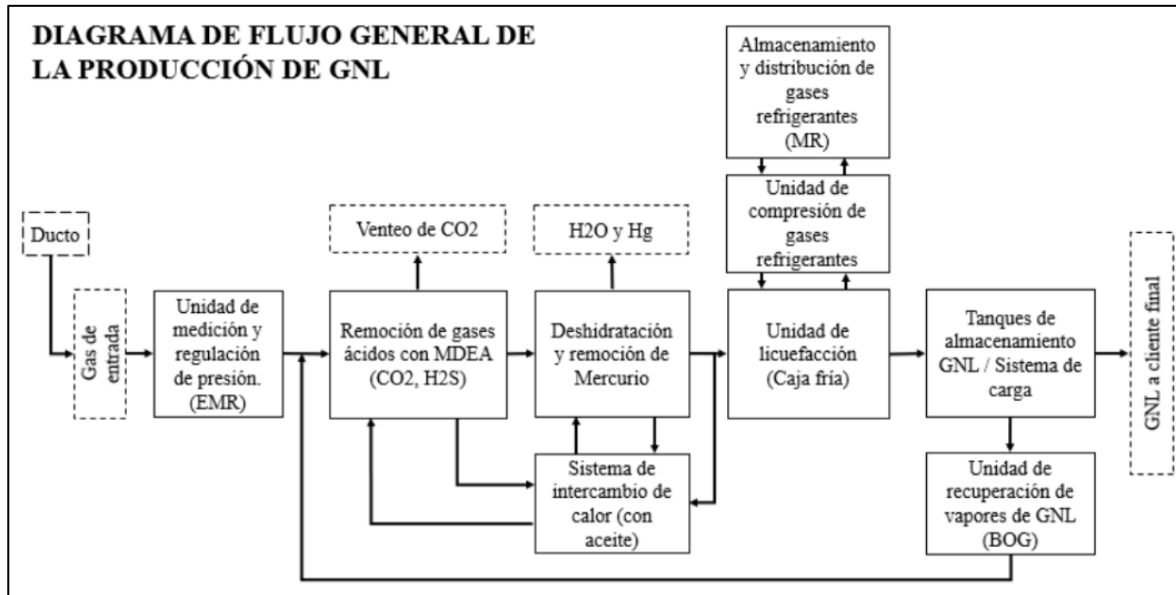


Tabla 1.2.- Diagrama de bloques de proceso.

El proceso comienza con la recepción del gas ya regulado a una presión mínima de entre 40-50 bares, e ingresa a una unidad de Filtración y Medición, que consta de una válvula de corte ON/OFF, un filtro de entrada, y un medidor de flujo.

El gas de alimentación ingresa al filtro de entrada (F-101) a través de la válvula de corte ON/OFF para eliminar las gotas y las impurezas mecánicas del gas.

En caso de emergencia, la válvula cortará el flujo de gas de manera automática, garantizando la seguridad de la planta, el personal y las instalaciones cercanas.

Posteriormente, es medido y una pequeña línea de gas de entrada es redirigida al sistema de gas combustible, para alimentar sistemas térmicos involucrados en otros procesos de la planta: Calderas y calentadores.

Sobre este mismo cabezal de entrada se incorporarán una línea de gas deshidratado

	ESTUDIO DE RIESGO		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

proveniente del separador V-302 (descrito más adelante), así como una línea de recuperación de vapores de GNL proveniente del compresor CP-710.

Algunos de los motivos técnicos y operativos por los que se incorporan estas líneas de gas purificado con el gas de entrada son: estabilizar las condiciones del proceso para evitar fluctuaciones bruscas en la composición del gas, presión o temperatura; controlar la concentración de contaminantes para evitar saturación de los materiales de adsorción; optimiza el rendimiento de los refrigerantes, y disminuye el consumo energético de los procesos de enfriamiento. Este tipo de estrategia se usa para garantizar la eficiencia, seguridad y longevidad de los equipos y procesos involucrados en la purificación del gas natural.

Pretratamiento del Gas

El gas pasa por varias etapas de purificación para eliminar impurezas que podrían afectar la eficiencia de la licuefacción y dañar el equipo:

Remoción de Gases Ácidos con MDEA:

La desacidificación del gas de proceso se realizará mediante el lavado del gas con una solución de MDEA (di etanolamina metílica) y este sistema se compone de: Torre de absorción, enfriadores, tanques de separación, filtros, torre de regeneración, condensador de gas ácido, tanque de reflujo superior de la torre de regeneración, bomba de circulación de alcohol amina MDEA, intercambiador de calor de líquido pobre, etc.

El gas de alimentación que viene del filtro F-101 ingresa por la parte inferior de la torre de absorción de CO₂ (C-201), que es una torre de absorción empacitada regular en la que el flujo ascendente del gas reacciona directamente con una concentración del 40 % (porcentaje en masa) de solución de amina MDEA que fluye hacia abajo en la columna. El gas sale por la parte superior de la torre de absorción de CO₂, y la concentración de CO₂ en el gas se reducirá a menos de 50 ppm (porcentaje en volumen).

Debido a la liberación de calor del proceso de absorción dentro de la torre de absorción de CO₂, la temperatura del gas aumentará varios grados. Luego, este gas se enfría en el enfriador superior de la torre de absorción (E-201) y aproximadamente el 25 % del agua saturada se condensa y se separa en el separador de agua de entrada (V-301) (siguiente proceso).

Un analizador de CO₂ en línea en la tubería de entrada de la caja fría estará monitoreando la concentración de CO₂. Por otro lado, la amina rica (Cargada en CO₂) sale por la parte inferior de la torre de absorción de CO₂ (C-201) a través de una válvula reguladora de nivel, donde se reduce la presión, y entra en el tanque de expansión de amina (V-201) para evaporar el gas arrastrado. El gas que se evapora en dicho tanque ingresa al sistema de gas combustible para utilizarse en otros sistemas térmicos de la planta, como calderas.

A su vez, el líquido rico en aminas que se recolecta en el Tanque de aminas V-201 pasará por el intercambiador de calor E-203 para aumentar su temperatura y posteriormente entrará en una secuencia de filtros mecánicos y de carbón activado: (F-201, F-202 y F-203) para eliminar hidrocarburos pesados, otros contaminantes líquidos y sólidos disueltos.

Después de la filtración, el líquido rico en amina ingresa a la torre de regeneración de aminas C-202 donde se calentará a aproximadamente 120 °C. Esta torre es una torre de destilación empacada regular con una presión operativa normal de 80 kPa.

La solución rica en amina al pasar a través de la torre de regeneración de aminas C-202, eliminará el CO₂. Un pequeño volumen de vapor de solución de aminas quedará atrapado en la parte superior de la torre, por lo que se recuperará al dirigirlo al Enfriador superior de la torre E-204, el cual, reducirá su temperatura hasta aproximadamente 40°C, logrando su condensación y enviándolo hacia el tanque de recolección de reflujo de amina V-202. El líquido recogido en el tanque V-202 se devuelve a la parte superior de la torre de

	ESTUDIO DE RIESGO INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA	
---	---	---

regeneración de aminas C-202 mediante la bomba de recirculación o refuerzo de aminas P-201 A/B para volver al proceso de limpieza en caso de que haya trazas aún de CO₂. El gas no condensado, principalmente CO₂, se liberará de forma segura en la parte superior del tanque V-202.

La solución de aminas, que se ha convertido de una solución rica a una solución pobre en la torre de regeneración C-202, se acumula en el fondo de la torre y luego fluye hacia el intercambiador de calor de aminas E-203 para intercambiar ceder su calor al líquido rico en aminas y así reducir su temperatura a alrededor de 50 °C, y estará listo para ser presurizado de 2 a 50 bares aproximadamente por la bomba de refuerzo de aminas P-203A / B, ser brevemente enfriado hasta

40°C a través del enfriador E-206, y finalmente ser inyectado a la torre de absorción de CO₂ C-201 a iniciar su proceso de limpieza de gas de proceso.

El sistema de regeneración de aminas cuenta con una inyección de agente antiespumante previo al intercambiador de calor de aminas E-203 para reducir la espuma producida durante el proceso de regeneración de la solución de aminas.

Deshidratación

Este proceso es esencial para prevenir la formación de hidratos de gas y evitar la corrosión en los equipos de licuefacción. Las torres funcionan en un ciclo de adsorción-regeneración, donde el tamiz molecular adsorbe el agua y el mercurio, y luego es regenerado mediante calentamiento para liberar las impurezas capturadas.

El gas natural de proceso libre de CO₂ procedente del intercambiador de calor E-201, ingresa al separador de agua V-301 para realizar una separación mecánica inicial, y posteriormente redirigirse a la parte superior de las torres de adsorción de agua C-301A/B, con tecnología de separación a través de tamices moleculares. Posteriormente el gas se

dirige a un segundo separador V-302, a reforzar su deshidratación, hasta lograr un contenido de agua inferior a 1 ppm.

El gas deshidratado que sale del separador V-302 hace un último paso por los tamices moleculares antes de redirigirse al proceso de separación de mercurio (Siguiendo paso).

El ciclo de operación de las dos torres de adsorción de tamiz molecular es de 8 horas. Cuando el dispositivo funciona a la capacidad de diseño normal, una de las torres de adsorción de tamiz molecular adsorbe 8 horas y la otra se encuentra en la etapa de calentamiento, regeneración, enfriamiento y espera. El sistema está completamente automatizado y el tiempo del ciclo se puede ajustar para maximizar la eficiencia del dispositivo comparando la capacidad de procesamiento del dispositivo.

La regeneración de los tamices moleculares se realiza con parte de la misma corriente de gas deshidratado, la cual, se calienta a través del intercambiador/calentador E-301 y se recircula hacia la torre a regenerar.

Eliminación de mercurio

Después de la desacidificación y la deshidratación, el gas de proceso ingresa al proceso de eliminación de mercurio. Este proceso inicia en el separador V-303 para asegurar que cualquier traza de agua que pudiera venir aún en el gas, se decante, y posteriormente entra a los filtros de carbón activado impregnado en azufre F-301 A/B para garantizar que el contenido de mercurio del gas en su salida sea inferior a 0,01 µg/Nm³, protegiendo así el intercambiador principal de la planta: la caja fría. El gas de proceso estará listo para ir a la licuefacción (siguiendo paso), y, una pequeña corriente de este gas se envía para componer la mezcla de gases refrigerantes.

Aunque el mercurio solo está presente en algunos gases naturales y su contenido es muy pequeño, es importante eliminar cualquier traza de mercurio que pueda traer, puesto que,

en caso de contar con intercambiadores de calor o componentes en general de aluminio en la licuefacción, el mercurio reacciona con el aluminio formando amalgamas con poca adherencia, desprendiendo la densa película de alúmina sobre la superficie de los equipos. Con el tiempo, la acumulación de amalgamas genera corrosión y finalmente aparecerán fugas. Y en el eventual caso de que haya trazas de agua en el gas de proceso, estas trazas acelerarán aún más la generación de corrosión.

Algunos adsorbentes sólidos pueden eliminar el mercurio del gas hasta $0,001 \sim 0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En general, el carbón activado impregnado de azufre (por ejemplo, Calgon HGR de malla 4×10 o HGR2p de 4 mm de diámetro) y el adsorbente Hg SiV se utilizan para eliminar el mercurio. El azufre impregnado reacciona con el mercurio para generar sulfuro de mercurio y se adhiere a los microporos de carbón activado para lograr el propósito de eliminar el mercurio. El método puede eliminar tanto el mercurio inorgánico como el mercurio orgánico.

Si el gas se seca primero, se puede aumentar la tasa de eliminación de mercurio. Por lo tanto, este proyecto utiliza el carbón activado especial cargado de azufre para la eliminación de mercurio.

El producto utiliza carbón activado de alta calidad como carbón base y se convierte en carbón activado que contiene azufre mediante un proceso especial. Tiene las siguientes características de rendimiento:

- (1) Buena adsorción y efecto de filtración, huella pequeña.
- (2) Fácil de usar y administrar, bajo costo operativo.
- (3) larga vida útil. Una vez lleno de carbón activado para la eliminación de mercurio, puede utilizarse de forma continua y luego regenerarse de forma intensiva.

Después de la des acidificación (CO_2 , H_2S) y la deshidratación, el contenido de CO_2 es inferior a 50 ppm, el contenido de H_2S es inferior a 4 ppm, el contenido de agua es inferior

a 1 ppm, el contenido de mercurio es inferior a 0,01 µg/Nm³.

Licuefacción

La tecnología de licuefacción seleccionada para este proyecto por la capacidad de la planta y por la eficiencia operativa es la licuefacción por medio de mezcla de gases refrigerantes, con preenfriamiento con propano. Este proceso se realiza a través de los siguientes pasos:

Pre enfriamiento con propano

El gas previamente tratado (Sin CO₂, H₂O o Mg) y proveniente del filtro de desmercurización F-301A /B inicia su proceso de licuefacción al pasar inicialmente por el proceso de preenfriamiento con propano, el cual, es llevado a cabo en el intercambiador de propano E-502. Aquí, el gas que originalmente viene a una temperatura de aproximadamente 35°C es enfriado a -25°C aproximadamente gracias a un intercambio de calor con propano líquido.

El propano gaseoso originalmente inyectado al sistema ingresa al compresor CP-603 para aumentar su presión hasta los 16 bares aproximadamente (la temperatura aumentará a 80°C aproximadamente debido a la compresión), para posteriormente entrar en el separador de propano V-601. En este separador, se separarán el aceite del compresor de propano que pudo colarse, el cual pasará primero por el enfriador E-603, luego por el filtro de aceite F-603A/B y finalmente regresará al compresor CP-603 por la bomba de aceite P-603.

El gas propano en el separador V-601 por su parte, se redirigirá a un segundo separador de propano OC-601 (para eliminar de nuevo trazas de aceite), y posteriormente será enfriado progresivamente por el intercambiador E-601 y los tanques V-602 y V-603 hasta estar listo para ceder su frío al gas de proceso, así como a la mezcla de gases refrigerantes.

	ESTUDIO DE RIESGO	
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA	

Unidad de Licuefacción (Caja Fría):

El gas de proceso que ya fue pre-enfriado en el intercambiador de propano E-502, que viene a - 25°C aproximadamente, está listo para entrar al intercambiador principal de la licuefacción, la caja fría (E-401).

La corriente de gas entra en la primera sección de la caja fría, a realizar un primer intercambio de calor con la mezcla de gases refrigerantes; aquí, la temperatura del gas se reduce hasta -60°C y comienza la condensación y separación de los hidrocarburos pesados (C3+), los cuales, se decantan en el separador de hidrocarburos pesados V-401.

Los hidrocarburos pesados recolectados en el tanque V-401 se utilizarán en el sistema como gas combustible para procesos térmicos: calderas y calentadores.

La corriente del gas de proceso, ahora libre de hidrocarburos pesados, está lista para su enfriamiento final, e ingresará nuevamente al intercambiador principal E-401, para, convertirse en Gas Natural licuado a -162°C y enviarse a su posterior almacenamiento.

Sistema de Mezcla y Compresión de Gases Refrigerantes:

La mezcla de gases refrigerantes es la encargada de transferir el frío al gas de proceso para lograr la licuefacción en el intercambiador principal E-401. Esta mezcla se realiza a partir de la unión, en proporciones específicas de varios componentes en estado gaseoso: Metano, etileno, propano y nitrógeno.

El metano, que es el mismo gas natural, se obtiene del propio proceso, justo después del filtro de desmercurización F-301A/B.

El etileno, se obtiene de proveedores externos y se almacena en estado líquido en el tanque V-820, pero, como se requiere en fase gaseosa, éste se calienta a través del intercambiado E-820.

Por su parte el propano, también se obtiene de proveedores externos y se almacena en el tanque V-830. Este componente se utilizará también para el proceso de preenfriamiento con gas propano.

El nitrógeno, generalmente se produce en la planta a través de un generador de nitrógeno. Con todos los componentes disponibles en estado gaseoso, y a través de válvulas reguladoras de flujo en cada una de las líneas de esos componentes, se suministrará a un cabezal principal, un caudal específico para formar la mezcla de gases refrigerantes, que estará en estado gaseoso para ese momento.

Una vez formada la mezcla de gases refrigerantes (de ahora en adelante llamada MR), éstos entran a un tanque de expansión y almacenamiento de MR, para, reducir su temperatura progresivamente. Posteriormente, esta mezcla es enviada al compresor CP-501, el cual, aumentará la presión desde la presión atmosférica hasta los 23 bares aproximadamente (con una temperatura aproximada de 80°C) y luego será enviado a un separador de aceite V-501, donde se eliminará cualquier traza de aceite que traiga del sistema de compresión.

La MR se redirigirá así a un nuevo separador de aceite OC-502, a un filtro de carbón F-510 y a un último separador de aceite F-502 para garantizar que esté con su máxima pureza.

Ahora estará lista para enfriarse hasta 45°C aproximadamente a través del intercambiador E-501. A esta temperatura es redirigido al evaporador de propano E-502, a reducir aún más su temperatura, gracias al propano que estará cediendo su frío, tanto a esta mezcla como al gas de proceso (en el preenfriamiento con propano).

La MR se redirige ahora al intercambiador principal E-401 para, realizar una transferencia de calor con otro circuito de MR en una segunda etapa y así alcanzar su temperatura final de -163°C. A esta temperatura, la MR está en estado líquido y puede almacenarse en el

	ESTUDIO DE RIESGO INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA	
---	---	---

tanque V-504. De este tanque, la mezcla reingresa a la caja fría para realizar la licuefacción del gas de proceso. La MR sale de la caja fría a -20°C aproximadamente, y regresar a su circuito de compresión en el compresor CP-501.

Para garantizar la eficiencia operativa y la longevidad de los compresores tanto de propano como de MR, es crucial mantener una alineación precisa de la carcasa y las cajas de cojinetes. Esto se logra mediante técnicas avanzadas de montaje y verificación, que aseguran la alineación adecuada durante el ensamblaje inicial y después de cualquier mantenimiento o ajuste. La integridad estructural y la precisión de alineación son verificadas con equipos de medición de alta precisión para cumplir con los estándares de diseño especificados y las recomendaciones del fabricante.

Almacenamiento de GNL

El GNL producido en el intercambiador E-401, dirigirá a los depósitos de resguardo de la planta V-701 a V-704. El llenado se realizará por depósito. Todos los depósitos contarán con válvulas automáticas de llenado, y descarga, así como sistemas automáticos de liberación de sobrepresión, indicadores de nivel, entre otros.

Carga y Distribución

El GNL es transferido desde los depósitos de resguardo a los camiones cisterna o isocontenedores mediante las bombas criogénicas P-701 A/B, las cuales aumentarán la presión del líquido hasta los 6 bares aproximadamente, y estará listo para ser medido y despachado por los skids de carga a través de los brazos de carga.

Unidad de Recuperación de BOG:

El gas que se evapora dentro de los depósitos de resguardo, así como durante el proceso de carga es recuperado y reincorporado al inicio del proceso a través del compresor CP-710. Este proceso integral asegura una operación eficiente y segura de la planta de licuefacción de GNL, desde la recepción del gas natural hasta la distribución del GNL,

siguiendo los más altos estándares de calidad y seguridad ambiental.

CONTROL (DCS) Y DE PARO POR EMERGENCIA (ESD)

El sistema de control distribuido DCS de la planta y el sistema de paro por emergencia ESD se compone de la siguiente manera:

El sistema DCS está configurado con redundancia de hardware, de comunicación, de fuente de alimentación, etc., y la tarjeta o terminal de E/S del sistema DCS adopta aislamiento de canal o aislamiento punto por punto. La interfaz de operación de la estación de operación y control cuenta con alarmas en tiempo real (sonido y luz), grabación, informes, programadores, pantallas grandes, estación de control, gabinete de E/S, gabinete de barrera de seguridad, gabinete auxiliar y equipo de red.

Adicionalmente, la sala de control central está equipada con una plataforma de hardware y una interfaz Ethernet para conectarse al sistema de gestión de información de toda la planta.

Cada estación de control está equipada con una interfaz de comunicación en serie redundante para conectarse a sistemas como ESD y PLC en el sitio.

La estación de control del sistema DCS adopta una estructura redundante con una función de autodiagnóstico para diagnosticar e indicar fallas y se puede reemplazar en línea.

Los sistemas de detectores de gas y fuego, así como de alarmas visuales y audibles del proyecto mantienen una comunicación constante y efectiva con el sistema de control (DCS) así como con el sistema de paro por emergencia (ESD).

Todas las instrucciones y consideraciones mencionadas anteriormente deberán estar en conformidad con las recomendaciones y sugerencias mencionadas en los estudios o análisis de riesgos del proyecto, en caso de que las hubiera.

	ESTUDIO DE RIESGO		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

Sistema de Paro por emergencia (ESD)

El sistema ESD diseñado para este proyecto adopta sistemas de seguridad de alta calidad para garantizar el funcionamiento seguro del dispositivo. Tendrá la capacidad de parar efectivamente la operación de los diversos equipos y sistemas de la planta en forma manual o remota con el fin de salvaguardar la seguridad de la operación y del personal operativo del proyecto.

El sistema ESD está diseñado de acuerdo con el nivel SIL1 especificado en el estándar GB/T50770. Y está configurado de acuerdo con los siguientes requisitos técnicos:

Contará con un sistema de control electrónico programable, el cual deberá obtener la certificación de seguridad funcional de la autoridad nacional, y operará de forma exclusiva para este fin.

Utilizará un controlador programable de seguridad dual certificado por “TUV Safety” para completar el apagado de emergencia (ESD) del dispositivo.

Estará diseñado de acuerdo con el tipo a prueba de fallas y deberá tener buena redundancia de hardware, redundancia de comunicación, redundancia de fuente de alimentación, etc.

Las tarjetas de E/S (Emergency shut down) o terminales de cableado deberán adoptar un aislamiento de tipo canal o aislamiento punto por punto. (6) El sistema ESD mantendrá comunicación de datos en tiempo real con el sistema de control distribuido (DCS), que permitirá también la visualización de alarma y la impresión de reportes.

La operación del sistema ESD estará conformada por: 1 estación de trabajo para un ingeniero, 1 estación de visualización y operación remota (SOR) exclusiva para el paro por emergencia, 1 impresora láser a color y 1 consola de operación auxiliar.

Ambos sistemas, tanto el sistema ESD y el sistema DCS realizarán el intercambio de datos a través de la comunicación en serie, donde el sistema DCS es la estación maestra y ESD es la estación esclava.

La señal del instrumento de campo que ingresa al sistema ESD se distribuye en el gabinete de la sala de control por el distribuidor de señal, una forma se envía al sistema ESD y la otra forma se envía al sistema DCS

Los sistemas de detectores de gas y fuego, así como de alarmas visuales y audibles del proyecto deberán mantener una comunicación constante y efectiva con el sistema de paro por emergencia (ESD), así como con el sistema de control distribuido (DCS).

Sistema de Control DCS

El DCS es una plataforma de control avanzada que permite la gestión centralizada y automatizada de todas las operaciones de una planta de GNL. Este sistema integra la adquisición de datos, el control de procesos y la interfaz hombre-máquina (HMI), proporcionando una visión completa y en tiempo real de todas las actividades operativas.

	ESTUDIO DE RIESGO												
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA												

Tabla 1.3.- Características de equipos principales del Proyecto.

Descripción	TAG	Año Fab.	Capacidad en m³	Dimensiones	Código de diseño	Materiales de construcción	Tiempo de vida útil	Sustancia manejada	Estado físico de la sustancia	Presión de prueba hidrostática kg/cm²	Flujo de diseño y operación.	Presión de diseño y operación n. Kg/cm²	Temperatura de diseño y operación n. °C	Sistemas de control, sistemas de seguridad y medios de contención.	Ubicación
											Min. /Normal/ Max.	Min. /Normal/ Max.	Min. /Normal/ Max.		
Torre de absorción de CO2	C-201	ND		ND	Las especificadas en las bases de diseño del proyecto.	Las especificadas en las bases de diseño del proyecto.	30 años	Gas natural	Gas	ND	400,000 Nm3/d	Max Diseño: 48.9	Temp. Min diseño: -19°C@4.8 MPaG	Sistema de paro por emergencia (ESD). Sistemas de detección de gas y fuego. Sistema Básico de Control de Proceso. Alarmas.	
Torre de regeneración de aminas	C-202	ND		ND	Las especificadas en las bases de diseño del proyecto.	Las especificadas en las bases de diseño del proyecto.	30 años	Gas natural	Gas	ND	400,000 Nm3/d	Max Diseño: 3.5	Temp. Min diseño: -19°C@0.35 MPaG	Sistema de paro por emergencia (ESD). Sistemas de detección de gas y fuego. Sistema Básico de Control de Proceso. Alarmas. PSVs	
Compresor de gas regenerado	CP-301	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Intercambiador de calor	E-401 A/B	ND		ND	Las especificadas en	Las especificadas en	30 años	Gas natural	Gas	ND	400,000 Nm3/d	Max Diseño: 48.9	Temp. Min diseño: -	Sistema de paro por emergencia (ESD).	

	ESTUDIO DE RIESGO												
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA												

Descripción	TAG	Año Fab.	Capacidad en m³	Dimensiones	Código de diseño	Materiales de construcción	Tiempo de vida útil	Sustancia manejada	Estado físico de la sustancia	Presión de prueba hidrostática kg/cm²	Flujo de diseño y operación.	Presión de diseño y operación. Kg/cm²	Temperatura de diseño y operación. °C	Sistemas de control, sistemas de seguridad y medios de contención.	Ubicación
											Min. /Normal/ Max.	Min. /Normal/ Max.	Min. /Normal/ Max.		
principal					las bases de diseño del proyecto.	las bases de diseño del proyecto.							196°C@ 4.8 MPaG	Sistemas de detección de gas y fuego. Sistema Básico de Control de Proceso. Alarmas. PSVs	
Compresor de mezclas de gases refrigerantes	CP-501 A/B			ND	Las especificadas en las bases de diseño del proyecto.	Las especificadas en las bases de diseño del proyecto.	30 años	Gas natural	Gas	ND	400,000 Nm3/d	Max Diseño: 28.5	Temp. Min diseño: - 196°C@ 2.8 MPaG	Sistema de paro por emergencia (ESD). Sistemas de detección de gas y fuego. Sistema Básico de Control de Proceso. Alarmas. PSVs	
Compresor de propano	CP-603 A/B			ND	Las especificadas en las bases de diseño del proyecto.	Las especificadas en las bases de diseño del proyecto.	30 años	Gas natural	Gas	ND	400,000 Nm3/d	Max Diseño: 28.5	Temp. Min diseño: - 35°C@2.8 MPaG	Sistema de paro por emergencia (ESD). Sistemas de detección de gas y fuego. Sistema Básico de Control de	

	ESTUDIO DE RIESGO												
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA												

Descripción	TAG	Año Fab.	Capacidad en m³	Dimensiones	Código de diseño	Materiales de construcción	Tiempo de vida útil	Sustancia manejada	Estado físico de la sustancia	Presión de prueba hidrotática kg/cm²	Flujo de diseño y operación.	Presión de diseño y operación. Kg/cm²	Temperatura de diseño y operación. °C	Sistemas de control, sistemas de seguridad y medios de contención.	Ubicación
											Min. /Normal/ Max.	Min. /Normal/ Max.	Min. /Normal/ Max.		
														Proceso. Alarmas. PSVs	
Tanque de almacenamiento de GNL	V-701/702/703/704		200	ND	Las especificadas en las bases de diseño del proyecto.	Las especificadas en las bases de diseño del proyecto.	30 años	GNL	Gas	ND	ND	Max Diseño: 8.15	Temp. Min diseño: -196°C@ 0.8 MPaG	Sistema de paro por emergencia (ESD). Sistemas de detección de gas y fuego. Sistema Básico de Control de Proceso. Alarmas. PSVs	

En la tabla (Tabla 1.4) siguiente se muestran las sustancias a manejar en el presente proyecto:

Tabla 1.4. Resumen de sustancias peligrosas.

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)	Núm. CAS (Chemical Abstracts Service)	Flujo en m ³ /h o millones de pies cúbicos estándar por día (MPCSD)	Concen- tración	Características						Capacidad total		Capacidad de la mayor unidad de almacenamien- to (unidad)
				C	R	E	T	I	B	Capacidad nominal	No. de unidades de almacena- miento	
Gas Natural	ND.	400 Nm3/d	Metano (CH₄): 90.0700% vol.			X		X		400 Nm3/d (flujo constante)	No se almacena	No se almacena
Gas Natural Licuado	ND.	400 Nm3/d	ND			X		X		400 Nm3/d (flujo constante)	4	200 m3
Propano	ND.	-	100%			X		X		-	-	-
Etileno	ND.	-	100%			X		X		-	-	-

Fuente: Hojas de Datos de Seguridad, DFP y Balance de Materia y Energía.

1.4. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.

Tipos de clima

Los tipos de clima característicos en el Sistema Ambiental Particular de acuerdo con Köppen modificado por E. García (1981), se encuentran definidos por dos subtipo, 1).- Cálido subhúmedo (Aw0), que representa el 49.7 % del SAP y es donde se encuentra el 100% del Proyecto y 75 % del Área de Influencia 2.- Semiseco cálido (BS1(h')w) el cual ocupa el 50.3 % del SAP y el 25 % del Área de Influencia del Proyecto.

Cálido subhúmedo (Aw0). Es un clima con temperatura media anual mayor de 22°C y temperaturas el mes más frío mayor a 18°C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

Semiseco cálido (BS1(h')w). Es un clima con temperatura anual mayor a 22°C, con temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual, caluroso en el día y cálido por la noche.

Temperatura media mensual y anual

La temperatura máxima promedio anual reportada es de 28.8 °C; la temperatura promedio mínima anual es de 20.8 °C, y promedio con 24.8°C.

Humedad relativa

La humedad relativa promedio anual es de 61.56%, el comportamiento del promedio mensual de humedad relativa donde el mes de marzo se presenta un porcentaje de 42.96% siendo el mes de septiembre con mayor humedad relativa promedio de 85.55%.

Trayectorias y frecuencias de huracanes

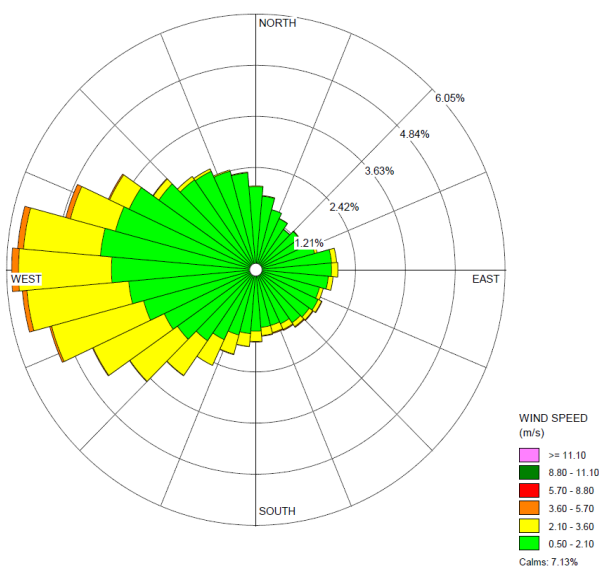
La temporada de ciclones tropicales en el Pacífico inicia el 15 de Mayo y termina el 30 de Noviembre. La zona del Pacífico Mexicano, históricamente se ve afectada por ciclones tropicales desde el inicio de la temporada; los meses de Julio, Agosto y Septiembre son los que presentan mayor número de ciclones tropicales. En los últimos cincuenta años se ha observado un incremento importante de este tipo de fenómenos.

En el Municipio de Mazatlán los huracanes con mayor impacto fueron: Lane, que produjo daños provocados por lluvias extremas, vientos e inundaciones, dicho huracán toco tierra el 16 de septiembre de 2006, también se identificaron daños provocados por los huracanes: John en 2006, Jimena y Rick en 2009, en el año 2022 "Nora", impactó el 29 de agosto en las cercanías de Mazatlán como Huracán categoría 1.

Vientos dominantes, velocidad y dirección de los vientos.

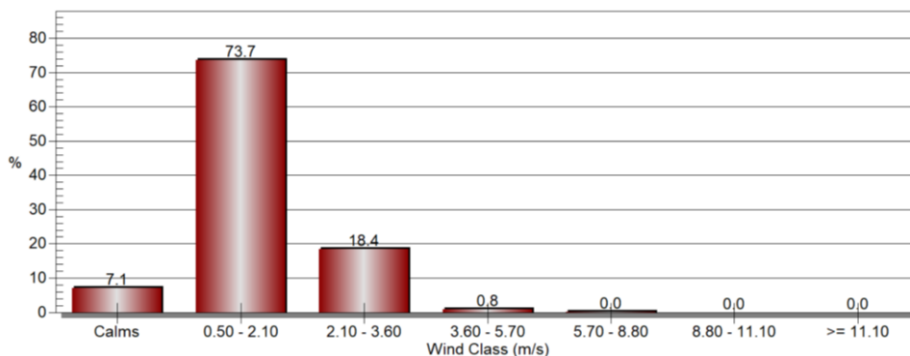
Para determinar los parámetros de velocidad y distribución del viento se analizaron datos del año 2013 al 2023 obtenidos en del sitio web de Predicción de la NASA sobre los

recursos energéticos mundiales y posteriormente analizaron en el programa WRPLOT View - Lakes Environmental Software, y se obtuvo una velocidad promedio del viento de 1.36 m/s, los vientos predominantes provienen este. Los vientos con velocidad de 0.50 m/s a 2.10 m/s son los de mayor frecuencia una frecuencia con un 73.7 %. (Ver figura 1.3 y 1.4).



Fuente: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. WRPLOT View - Lakes Environmental Software

Figura 1.3.- Mapa de vientos en la zona de estudio.



Fuente: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> WRPLOT View - Lakes Environmental Software

Figura 1.4.- Distribución de frecuencia de velocidad del viento

	ESTUDIO DE RIESGO		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

Fisiografía.

El SAP queda comprendida en la Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Pacífico (100%) Subprovincia Llanura costera de Mazatlán (100%).

El Estado de Sinaloa se divide en dos zonas fisiográficas o provincias. La primera se denomina Sierra Madre Occidental y se ubica en la parte oriental del estado y la segunda constituye la Llanura Costera del Pacífico, localizada en la porción oeste.

La Sierra Madre Occidental está constituida por una cadena montañosa que se extiende al noroeste-suroeste, con una anchura de 30 a 50 km y se subdivide en las siguientes subprovincias, Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses, Gran Meseta y Cañones de Duranguenses; Mesetas y Cañadas del Sur y Pie de la Sierra, que colindan al este con la Llanura costera del Pacífico (Atlas Nacional de Riesgo, 2018).

La Llanura Costera del Pacífico corre orientada al noroeste-sureste, paralela al mar y colinda al oeste con el océano pacífico; contando con elevaciones que llegan hasta los 900 metros y se divide en las siguientes subprovincias, Llanura costera y Deltas de Sonora-Sinaloa; Llanura Costera de Mazatlán y Delta del Río Grande Santiago.

Geología

El Estado de Sinaloa es una región eminentemente ígnea carácter que deriva de la Sierra Madre Occidental formada principalmente por intrusiones graníticas y dioríticas y por efusiones de magmas riolíticos y andesíticos, materiales que se siguen encontrando no sólo en las estribaciones de la mencionada sierra, sino en la misma llanura costera, sucediéndose hasta la ceta, como ocurre en Mazatlán y Topolobampo (Mina, F., 1950). Las rocas sedimentarias, que sólo forman pequeños lunares dentro de la enorme masa ígnea, son de dos clases: las antiguas, de origen continental o costero, formadas por areniscas, lutitas y calizas y las consideradas como del Terciario, posiblemente del Mioceno-Plioceno, de origen piroclástico, de las que forman parte aglomerados, tobas y

arenas volcánicas (Mina, F., 1950).

Con base a la carta geológica escala 1:250,000 (INEGI, 2011), al interior del SA se desarrollan 4 tipos de rocas, siendo éstas las siguientes: Esquisito P(E), Granodiorita K(Gd) y Riolita-Toba ácida Tom(R-Ta).

Fallas y fracturas geológicas

Una falla geológica es la ruptura de la roca a lo largo de la cual se produce un desplazamiento relativo entre los bloques que separa y una fractura geológica se refiere a las superficies discretas que segmentan o dividen en bloques a rocas y minerales en la naturaleza; estas definen superficies de baja cohesión. Son el resultado del comportamiento quebradizo de los materiales. De acuerdo con la carta de entorno del sistema ambiental y del área del proyecto no se ubican fallas y/o fracturas geológicas, la fractura más próxima al Sistema Ambiental Particular se ubica a una distancia aproximada de 3.5 km al noroeste

Susceptibilidad de la zona: Sismicidad, deslizamiento, derrumbes, inundaciones, otros.

Sismicidad

La regionalización sísmica de la República mexicana se realizó con fines de diseño antisísmico. Para realizar esta división se utilizaron los catálogos de sismos de la República Mexicana desde inicios de siglo, grandes sismos que aparecen en los registros históricos y los registros de aceleración del suelo de algunos de los grandes temblores ocurridos en este siglo. Estas zonas son un reflejo de la frecuencia y la máxima aceleración del suelo a esperar durante un evento sísmico. La regionalización sísmica se compone de cuatro partes:

Zona A, no presenta registros históricos de sismos, ni se han reportado sismos en los

últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.

Zona B, de media intensidad. Esta zona es de moderada intensidad, pero las aceleraciones no alcanzan a rebasar el 70% de la aceleración de la gravedad.

Zona C, de alta intensidad. En esta zona hay más actividad sísmica que en la **zona B**, aunque las aceleraciones del suelo tampoco sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad.

Zona D, de muy alta intensidad. Aquí es donde se han originado los grandes sismos históricos, y la ocurrencia de sismos es muy frecuente, además que las aceleraciones del suelo sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad.

El Área del Sistema Ambiental Regional se considera dentro de la zona sísmica “B” de acuerdo con el Plano de Regionalización Sísmica de la República Mexicana de la CFE (1993), donde se pueden esperar media intensidad. ante la ocurrencia de un evento sísmico.

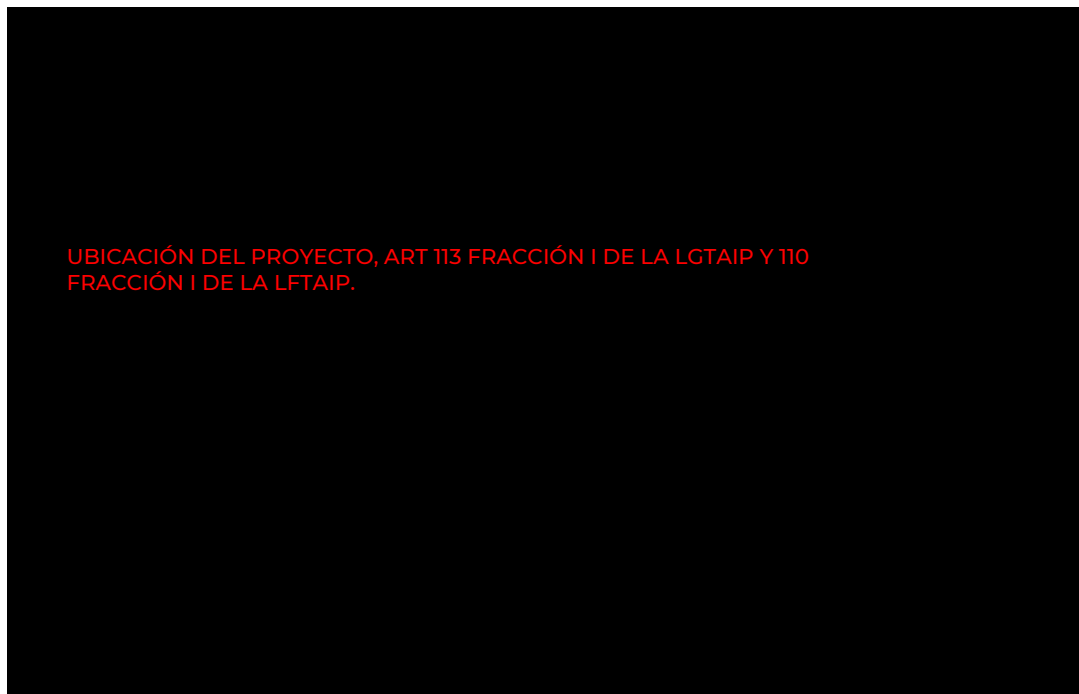


Figura 1.5.- Regionalización Sísmica del Sistema Ambiental Particular

Inestabilidad de Laderas

El municipio de San José Iturbide presenta zonas de susceptibilidad Alta a Muy Alta a la inestabilidad de laderas principalmente en la porción sureste y suroeste del territorio municipal donde se ubican las elevaciones topográficas de los Cerros Altos, entre otras de menor altura, en general estas elevaciones presentan una alta susceptibilidad en donde pueden presentarse episodios de deslizamientos y derrumbes principalmente durante las temporadas de lluvias y ciclones tropicales, sin embargo, no se han registrado zonas de riesgo dentro del municipio.

En consulta realizar en el Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED), muestra los Indicadores Municipales de Susceptibilidad a Inestabilidad de Laderas en donde se observa que el predio del Proyecto incide en zonas de muy bajo riesgo y en menor superficie de riesgo medio por Inestabilidad de Laderas.

(http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/AtlasEstatales/?&NOM_ENT=Sinaloa&CVE_ENT=25)

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

Hundimientos y Deslizamientos

La zona del proyecto se encuentra en lugar plano no se presenta hundimientos y deslizamientos a corrimientos de tierra conforme a la consulta realizara en el Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED), muestra los Indicadores Municipales de hundimiento.

Suelo

Las unidades edafológicas presentes en el Sistema Ambiental Regional según la clasificación de suelos de la FAO/UNESCO son las siguientes:

Tabla 1.5.- Unidades edafológicas en el Sistema Ambiental Particular y Área de Influencia

Clave	Descripción	Porcentaje SAR	Porcentaje Área de Influencia
Bc+Hh+Re	Cambisol crómico + Feozem háplico + Regosol eútrico / Textura Media	52.6%	0%

Re+I+Bc/2/ L	Regosol eútrico + Litosol + Cambisol crómico/ Textura media	47.4%	100%
-----------------	---	-------	------

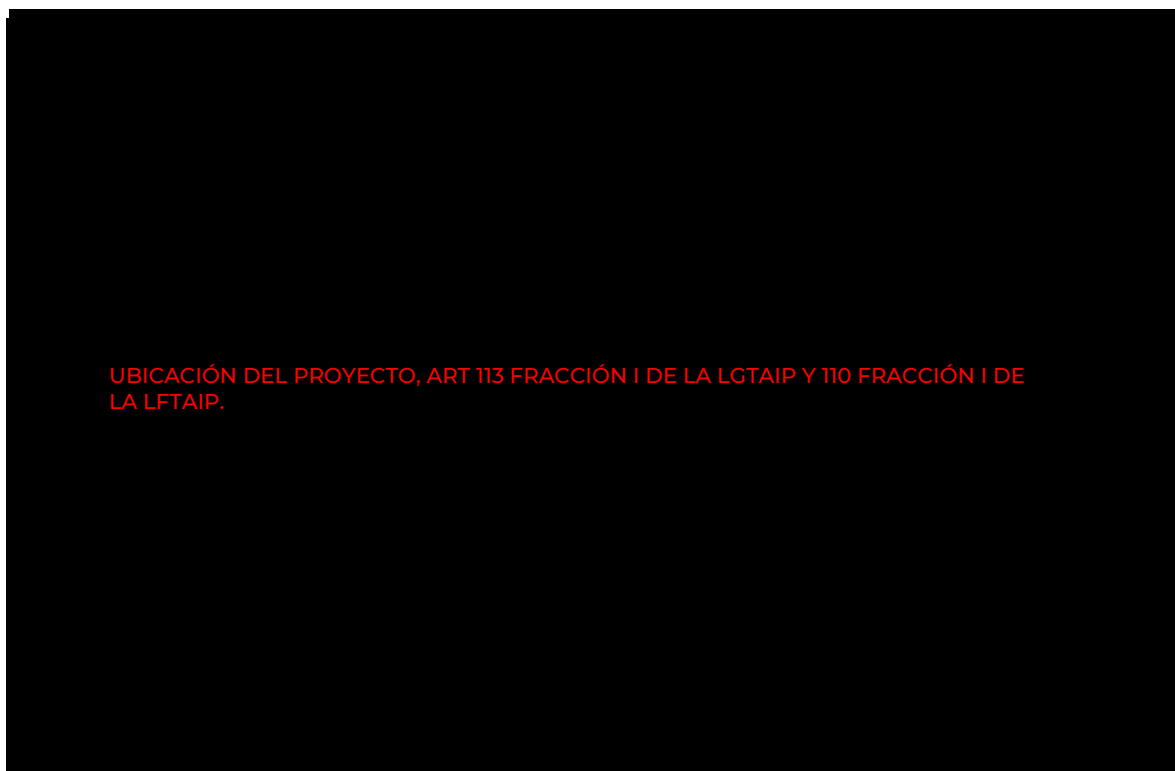


Figura 1.7.- Tipos de suelo en el Sistema Ambiental Particular.

Cambisol crómico: Suelo que tiene un horizonte A ócrico, muy claro, con muy poco carbono orgánico, muy delgado, y duro y macizo cuando se seca; este horizonte posee un grado de saturación de 50% o más en al menos los 20 a 50 cm superficiales, sin ser calcáreo a esta profundidad; tiene un horizonte B cámbico (de alteración con color claro y muy bajo contenido de materia orgánica, textura fina, estructura moderadamente desarrollada, con significativo contenido de arcilla y evidencia de eliminación de carbonatos; este horizonte tiene un color pardo fuerte a rojo. Este suelo carece de propiedades gléicas (alta saturación con agua) en los 100 cm superficiales, con un grado de saturación menor del 50%; carece, asimismo, de propiedades sálicas.

Regosol eútrico: Suelo procedente de materiales no consolidados, con una susceptibilidad a la erosión de moderada alta; posee un único horizonte A claro, con muy poco carbono orgánico, demasiado delgado y duro y macizo a la vez cuando se seca y no tiene propiedades sálicas. El subtipo éutrico tiene un grado de saturación de 50% o más en los 20-50 cm superficiales y sin presencia significativa de carbonato de calcio.

Feozem háplico: Suelos con un horizonte A mólico, no muy duro cuando se seca, con grado de saturación de más de 50% y con relativamente alto nivel de contenido de carbono orgánico; tiene una proporción muy baja de bases, por lo que carece de horizontes cálcico (acumulación de carbonato de calcio) y gípsico (acumulación de yeso) y no es calcáreos; posee un grado de saturación del 50% como mínimo en los 125 cm superiores del perfil; asimismo, carece de propiedades sálicas y gleicas (alta saturación con agua) al menos en los 100 cm superficiales.

Litosol: Son suelos poco desarrollados que presentan contacto lítico a 30 cm o menos de profundidad. Existen situaciones en las que es posible observar un material gravilloso grueso entre el horizonte A y la roca consolidada, producto de la meteorización de esta última, lo que puede considerarse como un incipiente horizonte C. Carecen de horizonte diagnóstico subsuperficial presentando en la gran mayoría de los casos un perfil de secuencia A-R con horizonte diagnóstico superficial ócrico, úmbrico o melánico.

Hidrología Superficial y Subterránea

Hidrología Superficial

La hidrología superficial que incide el Sistema Ambiental Particular se encuentra ubicada en la Región Hidrológica número 10 denominada Sinaloa, en la Cuenca “A” Río Piaxtla - Río Elota - Río Quelite, Subcuenca “f” Río Quelite. (RH10Af) ver Figura 1.8.

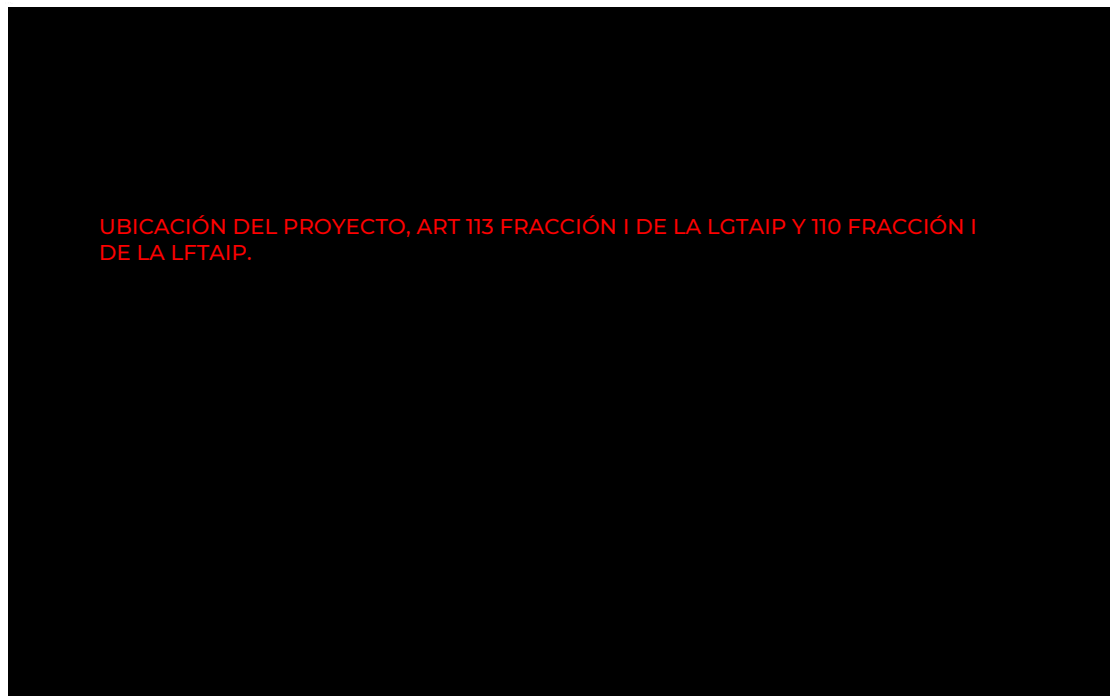


Figura 1.8.- Hidrología Superficial del Sistema Ambiental Particular

La Subcuenca “f” Río Quelite pertenece a la Región Hidrológica No. 10, Sinaloa. Dicho río drena una pequeña cuenca de 835 km², hasta la estación hidrométrica El Quelite, localizada a unos 12 km de su desembocadura, y la longitud de su cuenca principal es de unos 67 km. La cuenca del río Quelite es la más pequeña de la Región Hidrológica No. 10, Sinaloa, se localiza colindante con la Región Hidrológica No. 11. Se trata de una corriente efímera de poca importancia, que nace en el extremo SW de la sierra Espinazo del Diablo y con ese mismo rumbo desemboca en el Océano Pacífico, sin que reciba aportaciones significativas de otros afluentes. De acuerdo con los Lineamientos Regionales, el escurrimiento virgen de esta cuenca es del orden de 113 Mm³ anuales, y el escurrimiento medio anual de 106.4 Mm³ /año.

Hidrología Subterránea

La unidad geohidrológica del Sistema Ambiental Regional está representada por Material consolidado con posibilidades bajas (100%).

Material consolidado con posibilidades bajas: Se constituye por rocas ígneas, sedimentarias, vulcano sedimentarias y metamórficas, que conforman la zona montañosa. Presentan características no favorables para conformar acuíferos, debido a que la gran mayoría de los cuerpos rocosos son impermeables o de muy baja permeabilidad.

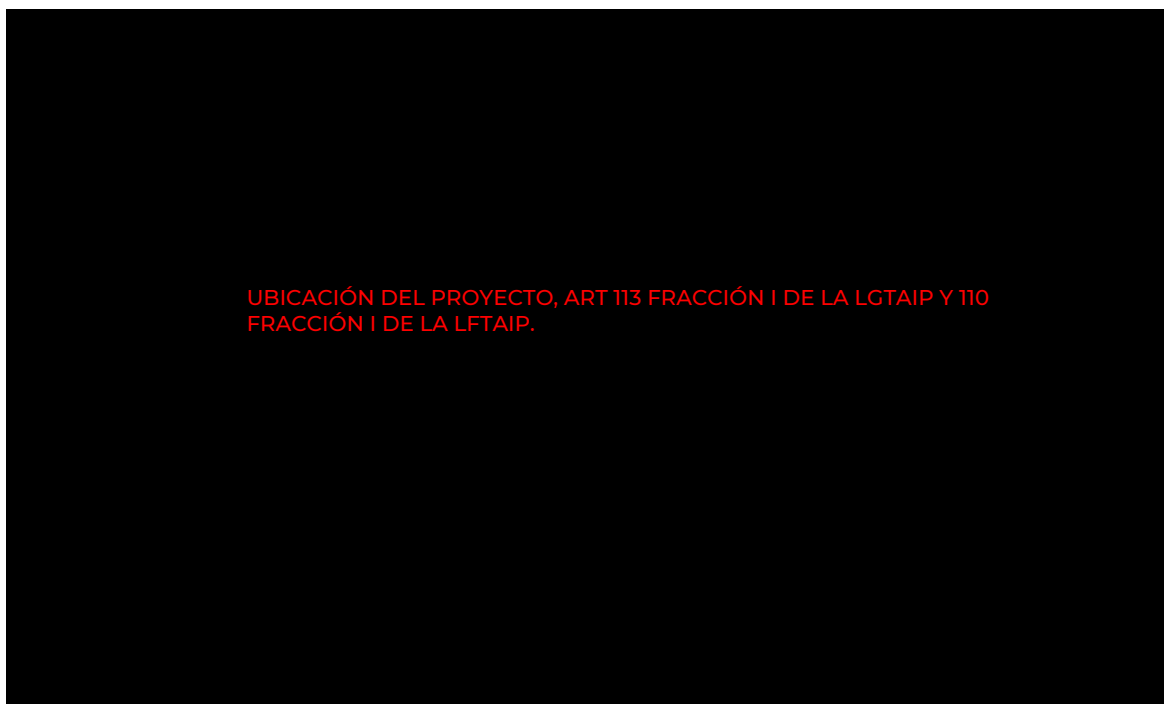


Figura 1.9.- Hidrología Subterránea dentro del Sistema Ambiental Particular.

Acuífero Río Quelite

El acuífero Río Quelite, definido con la clave 2508 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción suroriental del estado de Sinaloa, entre los paralelos 23°19'01" y 23°48'06" de latitud norte y 106°09'44" y 106°38'58" de longitud oeste, cubriendo una superficie aproximada de 1,370km².

Limita al norte y oeste con el acuífero Río Piaxtla; al este y sur con Río Presidio; ambos del estado de Sinaloa. En su extremo suroccidental, su límite natural es el Océano Pacífico

Geopolíticamente, la mayor parte de la superficie que cubre el acuífero se localiza en el municipio de Mazatlán y en menor proporción en el municipio de San Ignacio.

El acuífero pertenece al Organismo de Cuenca Pacífico Norte y al Consejo de Cuenca Ríos Mocorito al Quelite, instalado el 10 de diciembre de 1999. En el territorio completo que cubre el acuífero no rige ningún decreto de veda para la extracción de agua subterránea.

La profundidad al nivel del agua subterránea en el año 2019 presentó valores que variaron de 2 a 8 m, los cuales se incrementan por efecto de la topografía de la zona costera y del cauce de ríos y arroyos hacia las estribaciones de las sierras que limitan el valle. Los niveles estáticos más someros, menores de 3 m, se registran en la zona cosera y a lo largo del cauce del Río Quelite, desde el sur del poblado El Quemado hasta el estero; desde donde se incrementan gradualmente, conforme se asciende topográficamente. Los más profundos, de 5 a 8 m, se presentan hacia las estribaciones de las elevaciones topográficas que delimitan el valle, entre los poblados Cesteadero y Los Lomillos.

De acuerdo con la información del censo de aprovechamientos, llevado a cabo como parte del estudio realizado en el 2001, se registraron un total de 124 aprovechamientos, de los cuales 43 corresponden a pozos y 81 a norias. Del total de obras, 51 son para uso agrícola, 55 para uso pecuario-doméstico, 12 para abastecimiento de agua potables a las comunidades de la región, 1 para uso industrial y 5 para usos múltiples.

El volumen de extracción calculado es de 8.0 hm³ anuales, de los cuales 0.8 hm³ (10.0%) son para dotación de agua potable, 6.4 hm³ (80.0%) para uso agrícola, 0.6 hm³ (7.5%) para uso pecuario-doméstico y 0.2 hm³ (2.5%) para uso múltiple.

Medio Biótico Terrestre

Flora

El tipo de vegetación predominante que existe en la zona de monitoreo es pastizal cultivado, se pueden observar también dos zonas de acahual la cuales son zonas de vegetación secundaria nativa que surgió de manera espontánea en terrenos que estuvieron bajo uso agrícola o pecuario, dos zonas de vegetación secundaria de encino, zona de pastizales con vegetación secundaria arbórea y finalmente, una zona de Tular la cual presenta comunidades de plantas acuáticas por donde pasara el gasoducto de 16" con interconexión al cabezal de playa, pegado al derecho de vía.

Como resultado de la clasificación del uso de suelo y/o vegetación a nivel SAP tenemos que al interior se desarrollan 3 usos de suelo y/o vegetación, los cuales corresponden a: Pastizal cultivado (PC), Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (VSa/SBC) y Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSa/SBK); la superficie de ocupación de cada uno de ellos, así como el porcentaje respecto a la superficie total del mismo se presenta en la Tabla 1.6, su ubicación geográfica se presenta en la Figura 1.10, mientras que su descripción se presenta posteriormente en orden de mayor a menor superficie de ocupación.

Tabla 1.6.- Superficie de Uso de Suelo y Vegetación del Sistema Ambiental del Proyecto.

Clave	Tipo de Vegetación	Ocupación en Hectáreas	Ocupación (%)
PC	Pastizal cultivado	2,948.60	82.6%
VSa/SBC	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	578.30	16.2%
VSa/SBK	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	42.84	1.2%
Total		3,569.73	100.00%

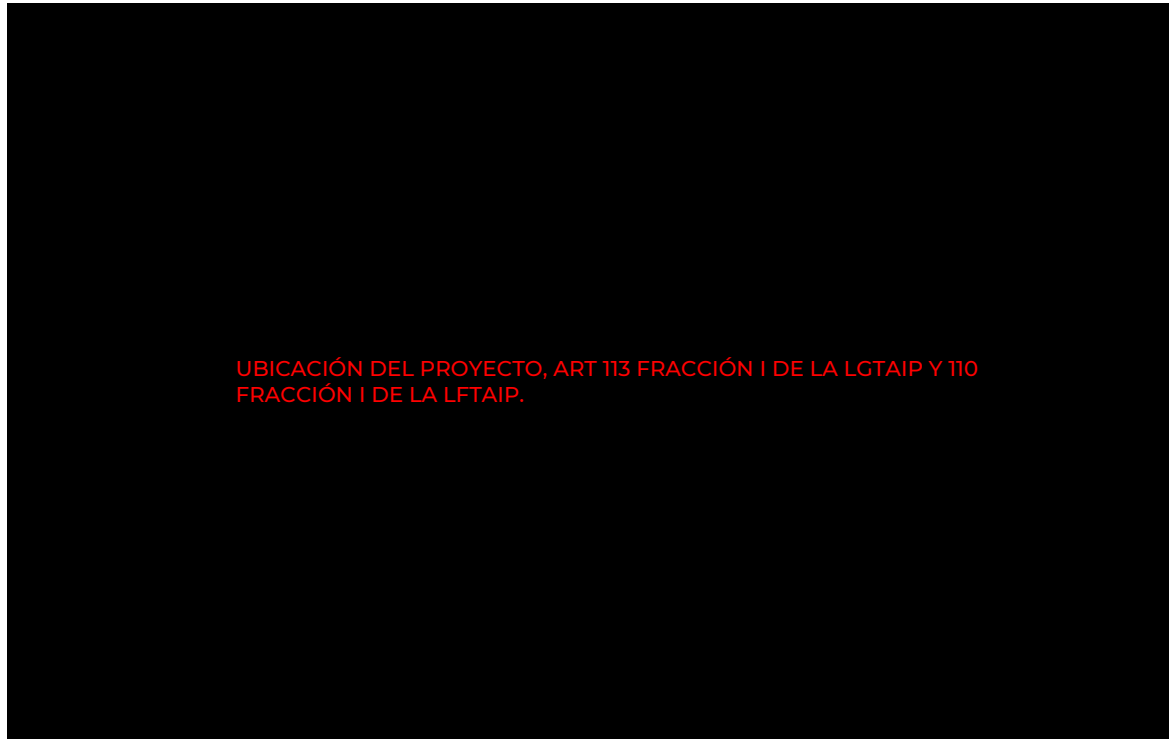


Figura 1.10.- Tipos de uso de suelo y vegetación en el Sistema Ambiental Particular.

Pastizal cultivado (PC)

Es el que se ha introducido intencionalmente en una región y para su establecimiento y conservación se realizan algunas labores de cultivo y manejo. Son pastos nativos de diferentes partes del mundo como: Digitaria decumbens (Zacate pangola), Pennisetum ciliaris (Zacate buffel), Panicum maximum (Zacate guinea o privilegio), Panicum purpurascens (Zacate pará), entre otras muchas especies. Estos pastizales son los que generalmente forman los llamados potreros en zonas tropicales, por lo general con buenos coeficientes de agostadero (INEGI, 2005).

Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia (VSa/SBC)

Se desarrolla en condiciones climáticas donde predominan los tipos cálidos subhúmedos semisecos o subsecos. El más común es Aw, aunque también se presenta BS y Cw. La temperatura media anual oscila entre los 18° a 28°C. Las precipitaciones anuales se encuentran entre 300 a 1 500mm. Con una estación seca bien marcada que va de 6 a 8 meses la cual es muy severa (INEGI, 2017).

Se le encuentra desde el nivel del mar hasta unos 1 900m, rara vez hasta 2 000m de altitud, principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje, en la vertiente del golfo no se le ha observado arriba de 800m la cual se relaciona con las bajas temperaturas que ahí se tienen si se le compara con lugares de igual altitud de la vertiente del pacífico (INEGI, 2017).

Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSa/SBK)

Se distribuye en las partes bajas de la llanura costera del Pacífico (Sonora y Sinaloa), en climas similares a los de la selva baja caducifolia o ligeramente más secos. Es una comunidad arbórea de escasa estatura, cuyos árboles mayores apenas alcanzan de 8 a 9 m de altura y el dosel general de la selva tiene en promedio 5 o 6 m de altura. Este dosel se caracteriza por ser muy abierto y discontinuo, con grandes espacios donde sobresalen los afloramientos de roca caliza y en los que sólo pueden establecerse algunas hierbas y pequeños arbustos. Durante la época de secas, prácticamente la totalidad de los elementos arbóreos y arbustivos que la componen tiran sus hojas, dejando un paisaje sumamente seco que se contrasta con el verde brillante de la época lluviosa (INEGI, 2009).

Esta comunidad vegetal se localizada en climas secos y que están constituidas principalmente por plantas espinosas y leguminosas que se ubican principalmente en las zonas áridas.

	ESTUDIO DE RIESGO INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA	
---	--	---

1.5. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

1.5.1. Identificación de Peligros y Jerarquización de Escenarios

1.5.1.1. Antecedentes de accidentes e incidentes.

En la siguiente tabla se muestran los accidentes en instalaciones similares ocurridos en diferentes lugares. (Ver tabla 1.7).

Tabla 1.7.- Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares.

Fecha		País y situación	Origen del accidente	Productos involucrados	Número de		
					Muertos	Lesionados	Evacuados
1970	8.04	Japón, Osaka	Explosión en un subterráneo	Gas	79	425	-
	05.12	EUA, Linden, NJ	Explosión de nube de vapor	C10HC	-	40	-
	17.12	Irán, Agha jari	Explosión	Gas natural	34	>1	-
1972	22.01	EUA, San. Luis	Explosión (transporte ferroviario)	Propileno	-	230	>100
	30.03	Brasil, duque de Caxias	Falla en el proceso	Gas LP	39	51	-
	1.07	México, Chihuahua	Explosión (transporte ferroviario)	Butano	>8	800	-
1973	10.02	EUA, State Island	Explosión	Gas	40	2	-
	-	Checoslovaquia	Explosión	Gas	47	-	-
1994	29.04	EUA, Eagle Pass	Transporte ferroviario	Gas LP	17	34	-
	19.07	EUA, Decatur	Transporte ferroviario	Isobutano	7	349	-
	21.09	EUA, Houston	Explosión (transporte ferroviario)	Butadieno	1	235	1700
1977	03.04	Umm Said, Qatar	Incendio	Gas LP	7	13	
1978	2.03	Canadá, Ontario	Tubería	Gas LP	-	-	20000
	11.07	España, san carlos	Transporte Carretero	Propileno	216	200	-
	15.07	México, Xilatopec	Explosión (Transporte carretero)	Gas	100	200	-
	2.11	México, Sanch. Magal	Explosión en tubería	Gas	41	32	-
1979	8.01	Iraianda, Bhaia Bantry	Explosión (transporte marino)	Aceite, Gas	50	-	..
	02	Polonia, Warsaw	Fuga, Explosión	Gas	49	77	..
	1.10	Grecia, Bahía, Suda	Explosión (transbordador)	Propano	7	140	-
	11.11	Canadá, Mississauga	Explosión (transporte ferroviario)	Cloro, Gas LP	-	-	226000

1980	16.08	Japon, Shizuoka	Explosión	Metano	15	222	-
	24.11	Turquia, Danaciobasi	Uso/ aplicaciones	Butano	107	..	..
	29.11	España, Outuella	Explosión	Propano	51	90	-
1982	5.03	Australia, Melbourne	Transporte	Butadieno	-	>100	-
	25.04	Italia, Todi	Explosión (uso/aplicación)	Gas	34	140	..
1983	05	Egipto, Rio Nilo	Explosión transporte	Gas LP	317	44	-
	16.08	Brasil, Rio de janeiro	Fuga y fuego en plataforma	Gas	36	19	-
1984	19.11	México, San Juan Ixhuatpec	Explosión (esferas de almacenamiento)	Gas LP	>500	2500	>200000
	12	Paquistán, Gahri, Dhoda	Explosión en tubería	Gas	60	-	-
1986	25.12	México, Cárdenas	Fuga (tubería)	Gas	-	2	>20000
	6.07	RU, Mar del Norte	Explosión, fuego (plataforma)	Aceite, gas	167	-	-
1988	22.10	China, Shanghai	Explosión en refinería	Petroquímicos	25	17	-
	31.11	Bangladesh, Chittagong	Explosión	Vapores inflamables	33	-	-
	1.12	china	Explosión	Gas	45	23	-
1989	4.06	URSS, Acha Ufa	Explosión en tubería	Gas	575	623	-
	23.10	EUA, Pasadena	Explosión	Etileno	23	125	1300
1990	9.04	EUA, Warren	Explosión y fuego	Butano	-	-	-
	16.04	India, cerca de patna	Fuga, accidente en transporte	Gas	100	100	-
1990	9.04	EUA Warren	Explosión y fuego	Butano		-	-
	16.04	India, cerca de patna	Fuga, accidente en transporte	Gas	100	100	-
	22.07	Corea, Ulsan	Explosión	Butano			<10000
	25.09	Tailandia,	Accidente en el transporte	Gas LP	>51	>54	-

		Bangkok					
	3.11	EUA, Chalmette	Explosión en refinería	Nube de gas inflamable		-	-
	5.11	India, Nagothane	Fuga	Etano y Propano	32	22	
	25.11	EUA ,Denver	Fuego (almacén de combustible en el aeropuerto)	Keroseno		-	-
	30.11	Arabia Saudita,Ras Tan	Fuga en refinería	Keroseno y benceno	1	2	-
1991	30.05	Francia, Berre L, Etang	Fuga (planta química)	Etileno		4	-
	24.09	Tailandia, Bangkok	Explosión	Gas	<63	-	-
	3.11	EUA, Beaumont	Fuego en una refinería	Hidrocarburos		-	-
	.11	India, Medran	Accidente en el transporte (fuga)	Líquido inflamable	93	25	-
	29.12	México, San Luis potosi	fuga	Butano		40	-
1992	23.02	Corea, Kwangju	Explosión en un almacén de gas	Gas LP	-	-	20000
	22.04	México, Guadalajara	Explosión en drenaje de la ciudad	Hidrocarburos, gas	>206	-	6500
	8.08	Turquia, Corlu	Explosión	Metano	32	-	-
	8.10	EUA, Wilmington	Fuga (refinaría)	Hidrocarburos, hidrogeno		-	-
	9.11	Francia, Chateaufeuf.l	Fuga (refinaría)	Propano, butano, nafta	6	-	-
1993	7.01	Corea del sur,Chongju	Fuego	Gas LP	27	50	-
	6.08	China, Shenzhen	Explosión en una bodega	Sustancias químicas, gas	<12	168	-
	28.09	Venezuela, Tejerias	Explosión del alcantarillado	Gas	53	35	-
	11.10	China,Bache	Explosion	Gas natural	70	-	-
1994	30.03	Francia, Courbevoie	Fuga	Gas	1	59	-

	ESTUDIO DE RIESGO		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

	7.12	Corea, Seoul	Explosión en el centro de la ciudad	Gas natural	7	50	>10000
	14.12	Menzambique, Palmeira	Accidente en el transporte	Gas	36	-	-
	28.12	Venezuela	Explosión en una tubería	Gas	50	10	-
1995	28.04	Corea, Taegu	construcción en transporte subterráneo	Gas LP	101	140	>10000
	24.10	Indonesia, Cilapcap	Fuego, explosión en una refinería	Gas		-	-
1997	26.01	EUA, Martinez	Fuego y explosión	Hidrocarburos	1	60	-
	22.06	EUA, Deer Park	Explosión de una nube de vapor	Hidrocarburos		1	-
1998	14.02	Camerun, Yaoundi	Accidente en el transporte	Productos del petróleo	220	130	-
	00.00	Nigeria, Jesse	Explosión en oleo ducto (por ordeña)	Productos del petróleo	700	-	-
2000	07.07	Rusia, Omsk, Siberia	Incendio (estación de gas) y explosión	Gas Petróleo	3	85	-
	07.11	Nigeria, Abuja	Explosión en oleo ducto (por ordeña)	Productos del petroleo	250	-	-

	ESTUDIO DE RIESGO INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA	
---	---	---

1.5.1.2. Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgo

Metodologías de identificación y jerarquización.

Con base en los objetivos y alcances del ER así como a la información obtenida, se definió que, la metodología a aplicar, para la identificación y la evaluación de los riesgos del proyecto “Planta de licuefacción de GNL, de la empresa GNL Cosala, S.A. de C.V., ubicada en fracción 2 del predio rustico Casas Viejas, El Habal, C.P.82277, municipio de Mazatlán, Sinaloa”, sea:

Factores externos:

- What If?

Procesos:

- HazOp.

Metodología What If?

Esta metodología debe involucrar el análisis de las desviaciones posibles del diseño, construcción, modificación u operación, así como cualquier preocupación acerca de la seguridad del proceso. Debe promover la lluvia de ideas acerca de escenarios hipotéticos con el potencial de causar consecuencias de interés (eventos no deseados con impactos negativos).

Debe ser aplicada con el apoyo de un grupo multidisciplinario de la instalación. El resultado debe ser una lista en forma de tabla de las situaciones peligrosas, sus consecuencias, salvaguardas y opciones posibles para la prevención y/o mitigación de consecuencias.

Descripción

La metodología de Análisis ¿Qué pasa sí? tiene el enfoque de una lluvia de ideas en la cual el grupo multidisciplinario familiarizado con el proceso formula preguntas o manifiesta preocupaciones acerca de posibles eventos indeseados. Este análisis no es un proceso

estructurado como algunas otras metodologías. En su lugar, este requiere que el analista adapte el concepto básico a la aplicación específica. Muy poca información se ha publicado acerca del método de Análisis ¿Qué pasa sí? o de su aplicación. De cualquier forma, es frecuentemente utilizado por la industria en sus etapas tempranas o durante la vida de un proceso y tiene buena reputación entre aquellos especialistas que lo aplican. El concepto del Análisis ¿Qué pasa sí? anima al grupo de evaluación de riesgos a pensar en preguntas que empiecen con “¿Qué pasa si ...?”. Cualquier proceso puede ser manifestado, aun si no es parafraseado como pregunta. Por ejemplo:

- ¿Qué pasa si la bomba A detiene su funcionamiento durante el arranque?
- ¿Qué pasa si el operador abre la válvula B en lugar de la válvula A?

Generalmente, se registran todas las preguntas y luego éstas se dividen dentro de áreas específicas de investigación (generalmente relacionadas con las consecuencias de interés), como la seguridad eléctrica, protección contra incendios o seguridad del personal. Cada área es subsecuentemente direccionada a un equipo de una o más personas expertas. Las preguntas se formulan con base en la experiencia y aplicando los diagramas y descripciones de procesos existentes. Para una planta en operación, la investigación incluye entrevistas con el personal de la planta no representado en el grupo multidisciplinario de evaluación de riesgos. Puede no haber un patrón específico u orden para las preguntas, a menos que el líder suministre un patrón lógico como una división del proceso dentro de sistemas funcionales. Las preguntas pueden direccionarse a cualquier condición no normal relacionada con la planta, no solo componentes de falla o variaciones de proceso.

Propósito

El propósito del Análisis ¿Qué pasa sí? es identificar peligros, situaciones peligrosas o eventos de accidentes específicos que pueden producir una consecuencia indeseable. Un grupo multidisciplinario y experimentado identifica las posibles situaciones de

accidente, sus consecuencias y las medidas de seguridad existentes, entonces se sugieren alternativas de reducción de riesgos. El método puede involucrar la revisión de posibles desviaciones del diseño, construcción, modificación o de operaciones.

Esto requiere un entendimiento básico de la intención del proceso, junto con la habilidad de combinar mentalmente las posibles desviaciones del diseño que podrían resultar en un accidente. Este es un procedimiento poderoso si el personal es experimentado; de otra manera, los resultados serán probablemente incompletos.

Tipo de Resultados

En su forma más simple, la metodología del Análisis ¿Qué pasa sí? genera una lista de preguntas y respuestas acerca del proceso. Esto puede resultar además en una lista tabular de situaciones peligrosas (no categorizadas o con implicaciones cuantitativas para los escenarios de accidentes potenciales), sus consecuencias, medidas de seguridad y opciones posibles para la reducción de riesgo.

Requerimientos de Recursos

Puesto que el Análisis ¿Qué pasa sí? es muy flexible, se puede ejecutar en cualquier etapa de la vida del proceso, usando cualquier información del proceso y conocimiento disponible. Para cada área del proceso, dos o tres personas deben ser asignadas para ejecutar el análisis, aunque se prefiere un equipo más grande. Es mejor usar un equipo grande para procesos complejos, dividiendo los procesos en piezas más pequeñas, que usar un grupo pequeño por largo tiempo en todo el proceso.

El tiempo y el costo de un Análisis ¿Qué pasa sí? son proporcionales a la complejidad de la planta y el número de áreas a ser analizadas. Una vez que la organización ha ganado experiencia con él, el método del Análisis ¿Qué pasa sí? puede volverse un medio rentable de evaluación de riesgos durante cualquier fase del proyecto.

Aplicación de la Técnica

La metodología de Análisis ¿Qué pasa sí? comúnmente se utiliza en las siguientes etapas de la vida de un proyecto: diseño conceptual, operación de la planta piloto, ingeniería de detalle, construcción y arranque, operación de rutina, expansión o modificación, investigación de incidentes, desmantelamiento.

Enfoque Técnico.

La metodología del Análisis ¿Qué pasa sí? es una revisión creativa a una lluvia de ideas de un proceso u operación. El analista de riesgos revisa el proceso o actividad en las reuniones que giran alrededor de los temas de seguridad identificados por el analista. Cada miembro del grupo multidisciplinario de análisis de riesgos es animado a formular preguntas ¿Qué pasa sí? o traer a la mesa de discusión temas específicos que les preocupan. La metodología de Análisis ¿Qué pasa sí? puede ser usada para revisar virtualmente cualquier aspecto del diseño de la instalación y operación. Es una metodología de análisis de riesgos muy poderosa si el personal que analiza tiene experiencia, de otra manera los resultados serán probablemente incompletos. El Análisis ¿Qué pasa sí? de sistemas simples puede fácilmente ser dirigido por una o dos personas; un proceso más complejo demanda de un equipo más grande y más reuniones o bien más largas.

Un Análisis ¿Qué pasa sí? generalmente revisa el proceso, empezando con la introducción del material alimentado y siguiendo el flujo hasta el final del proceso (o el límite definido por el alcance del analista).

Los Análisis ¿Qué pasa sí? pueden también centrarse en un tipo particular de consecuencia (seguridad personal, seguridad pública o seguridad ambiental). El resultado de un Análisis ¿Qué pasa sí? generalmente direcciona a situaciones potenciales de accidente implicadas por las preguntas y temas propuestos por el equipo. Estas preguntas y temas generalmente sugieren las causas específicas para la identificación

de situaciones de accidente. Un ejemplo de pregunta ¿Qué pasa sí? es:

“¿Qué pasa si el material está en la concentración incorrecta?

Las preguntas y las respuestas, incluyendo los peligros, consecuencias, medidas de seguridad y posibles soluciones para los temas importantes, son todos documentados.

Procedimiento de Análisis.

Después de que se ha definido el alcance de estudio el análisis ¿Qué pasa sí? consiste en los siguientes pasos:

- Preparación para la revisión,
- Ejecución de la revisión, y
- Documentación de los resultados.

Preparación de la Revisión.

La información necesaria para el Análisis ¿Qué pasa sí? incluye la descripción del proceso, diagramas de tubería e instrumentación, dibujos y procedimientos de operación. Es importante que toda la información esté disponible para el grupo multidisciplinario de análisis de riesgos, preferiblemente antes de las reuniones del grupo.

Si una planta existente es revisada, el equipo revisor puede entrevistar adicionalmente a personal responsable de las operaciones, mantenimiento, instalaciones u otros servicios. Además, si el grupo está llevando a cabo la reunión ¿Qué pasa sí? del análisis en sitio, ellos pueden visitar la planta para obtener una mejor idea de las instalaciones, construcción y operación. Así, antes de que la revisión comience, las visitas y entrevistas deben ser concertadas.

La última parte es la preparación de algunas preguntas preliminares para el Análisis ¿Qué pasa sí? para las juntas de análisis. Si este análisis es una actualización de una revisión anterior o una revisión de una modificación de la planta, cualquier pregunta listada en el reporte del estudio previo puede ser usada. Para plantas nuevas o aplicaciones de

primera vez, las preguntas preliminares deben ser desarrolladas por los miembros del equipo antes de las reuniones, a pesar de que preguntas adicionales formuladas durante las reuniones son esenciales. El pensamiento de causa y efecto usado en otros tipos de estudios pueden ayudar a formular las preguntas.

Ejecución de la Revisión

Las reuniones de revisión deben empezar con una explicación básica del proceso dado por el personal de la planta quienes tienen todo el conocimiento de la misma y de sus procesos. La presentación debe también describir las medidas de seguridad de la planta, equipo de seguridad, y procedimientos de control de salud.

El proceso es revisado por los miembros del grupo quienes comentan las principales preocupaciones de seguridad. Sin embargo, el equipo puede no limitarse para preparar preguntas ¿Qué pasa sí? En lugar de eso, ellos deben usar su experiencia combinada con la interacción de equipo para articular cualquier tema que ellos crean necesario para asegurar que la investigación es rigurosa. El equipo no debe presionarse y no debe trabajar muchas horas consecutivamente. Idealmente, un equipo debe reunirse por no más de seis horas por día. Las reuniones del equipo ¿Qué pasa sí? que duren más de una semana consecutiva no son deseables.

Hay dos maneras de que las reuniones pueden ser llevadas a cabo. Una de ellas a veces preferida es primero listar los temas de seguridad y preguntas, entonces empezar a considerarlas. Otra manera es considerar cada pregunta y tema al mismo tiempo, con el equipo determinando lo significativo de cada situación. Ambas maneras pueden funcionar, pero es preferible listar las preguntas antes de responderlas para prevenir interrupciones al momento creativo del grupo. Si el proceso es complejo o largo, puede ser dividido en pequeños segmentos así el equipo no gasta varios días consecutivos solo en listar las preguntas. A veces, el equipo pensará en preguntas adicionales como resultado de sus consideraciones iniciales.

Inicialmente, el líder del equipo debe delinear el alcance propuesto del estudio y el equipo debe de estar de acuerdo con él. El equipo generalmente procede desde el principio del proceso hasta el final del mismo, aunque el líder en evaluación de riesgos puede ordenar el análisis en cualquier orden lógico que se ajuste a las necesidades. Entonces las respuestas del equipo se direccionan a un tema o se indica que se requiere más información e identifica el peligro, consecuencias potenciales, medidas de seguridad, y posibles soluciones. En el proceso, se añaden nuevas preguntas ¿Qué pasa sí? Se vuelven aparentes durante el análisis. Algunas veces las respuestas propuestas son desarrolladas por individuos fuera de la reunión inicial y se realizan modificaciones.

Documentación de Resultados

Como en cualquier estudio, la documentación es la clave para transformar los hallazgos del equipo en medidas de prevención, mitigación o reducción del peligro. El equipo de evaluación de riesgos generalmente desarrolla una lista de sugerencias para mejorar la seguridad del proceso de análisis basado en resultados tabulares de Análisis ¿Qué pasa sí? Algunas compañías documentan sus Análisis ¿Qué pasa sí? con un estilo narrativo en lugar de una tabla.

Producto Esperado.

Las tablas ¿Qué pasa sí? o las preguntas en estilo narrativo y las respuestas generadas por el análisis son los productos normales del Análisis ¿Qué pasa sí? Estos resultados deben ser revisados con los directivos para asegurar que los hallazgos se transmiten a aquellos que son los responsables finales de cualquier acción llevada a cabo. A veces el equipo puede proveer a los directivos explicaciones más detalladas de las recomendaciones del análisis.

METODOLOGÍA HAZOP.

Es una metodología cualitativa, que de manera sistemática identifica los riesgos de posibles desviaciones durante la operación, así como sus consecuencias y causas en

función de las protecciones existentes, con la finalidad de emitir las recomendaciones necesarias que permitan disminuir la probabilidad de un evento no deseado o mitigar los efectos de las afectaciones.

En el caso particular del Análisis de Riesgo, se aplicará el método de HazOp en su modalidad Desviación por Desviación (DBD), el cual consiste en analizar solo aquellas desviaciones que presentan consecuencias de interés, omitiendo en el registro las demás desviaciones cuyas afectaciones no son relevantes en función del peligro que representan.

¿Por qué se hace un Estudio de Riesgo (ER)?

- Nos permite adoptar medidas preventivas y de mitigación/reducción de accidentes.
- Se establece una política de prevención de accidentes, a partir de la identificación de peligros y del análisis de la vulnerabilidad de las instalaciones.
- Va a contribuir a cuantificar los riesgos, frente a un potencial de alto peligro.
- Nos proporciona una base para la planificación de las medidas preventivas y para reducir la vulnerabilidad.
- Se constituye en un elemento importante en el diseño, para la adopción de medidas de prevención específicas.
- Constituye una garantía para la inversión.

El análisis HazOp se aplica en reuniones multidisciplinarias a cada sección de la instalación denominada NODO, por medio de palabras guía con las que se indica la desviación respecto a las variables de proceso, aplicando una lluvia de ideas, en cada evaluación, lo que genera una revisión detallada de las instalaciones.

Para cada nodo, se plantean de forma sistemática todas las desviaciones que implican la aplicación de cada palabra guía a una determinada variable o actividad. Para realizar un análisis exhaustivo, se deben aplicar todas las combinaciones posibles entre palabra guía

	ESTUDIO DE RIESGO		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

y variable de proceso, descartándose durante la sesión las desviaciones que no tengan sentido para un nodo determinado.

Paralelamente a las desviaciones se deben indicar conforme a la modalidad Desviación – Desviación, las consecuencias posibles de estas desviaciones y posteriormente las causas de estas desviaciones.

Recopilación y Análisis de la Información.

Para llevar a cabo la metodología se revisaron y analizaron los DTI, DFP, bases de diseño, especificaciones técnicas del proyecto.

Desarrollo de la metodología HazOp.

El análisis HazOp es un método estructurado, sistemático y a la vez creativo, para identificar peligros y problemas operativos, que resultan de desviaciones de la intención de diseño y que pueden acarrear consecuencias indeseables. Un líder experimentado guía al equipo de análisis a través del diseño de la instalación, utilizando un conjunto de “palabras guías”.

Estas palabras guía se aplican a las secciones o nodos del proceso y se combinan con parámetros específicos del proceso para identificar desviaciones potenciales de la operación concebida de la instalación.

El análisis HazOp es un estudio profundo, sistemático y fácil de usar, que a la vez permite a los miembros del equipo utilizar su experiencia con creatividad y aumenta la probabilidad de descubrir la existencia de peligros únicos o imprevisibles en los procesos. El producto del análisis HazOp es un estudio de las variables del proceso, detallado, eficiente y que se puede auditar.

Terminología del análisis HazOp.

La tabla 1.8 introduce la terminología y las definiciones que se utilizan durante las sesiones del HazOp.

Tabla 1.8.- Terminología HazOp.

Término	Definición
Intenciones	Expectativas de cómo debe operar el proceso y/o como se debe llevar a cabo una actividad.
Desviaciones	Estados de operación que se apartan de las intenciones del diseño.
Causas	Razones que explican porque ocurren las desviaciones.
Consecuencias	Efectos potenciales de las desviaciones.
Salvaguardas	Medidas diseñadas para prevenir las causas o bien mitigar las consecuencias de las desviaciones.
Recomendaciones	Sugerencias para efectuar cambios en el diseño, cambios en los procedimientos o para realizar estudios complementarios.

Procedimiento del análisis HazOp.

Una vez que se ha formado el equipo de análisis (con expertos en el diseño de la instalación, experiencia en las operaciones del sistema y de los equipos, experiencia en la inspección y mantenimiento de los equipos, conocimiento de la química del proceso, conocimiento de los objetivos de la seguridad y de los procedimientos y experiencia y conocimiento en la técnica HazOp) y se ha recopilado la información que se utilizará durante el análisis (diagramas de tuberías e instrumentación, diagrama mecánico de la instalación, hojas de seguridad, procedimientos operativos, procedimientos de emergencia, historial de accidentes, plano de localización general, entre otros), entonces se está preparado para aplicar la técnica HazOp.

Para aplicar la técnica HazOp, el equipo de análisis de riesgo divide los procesos en secciones lógicas (nodos) para el análisis. Secciones típicas de un proceso es, por ejemplo, un recipiente, una tubería con una bomba, etc. El equipo entonces revisa cada una de las secciones del proceso de acuerdo los siguientes pasos de análisis:

1. El líder elige una sección o nodo del proceso.
2. El experto en el proceso explica el equipo de análisis de riesgo, las intenciones del diseño de la sección elegida.
3. El líder aplica las palabras guía (Tabla 1.9) a los parámetros del proceso (por ejemplo, presión, flujo, temperatura, nivel, composición) y la combina para formar desviaciones razonables (Tabla 1.10).
4. El equipo considera las posibles consecuencias de cada una de las desviaciones.
5. Si hay consecuencias de interés, el equipo debe identificar las causas posibles de esa desviación.
6. Si el equipo descubre causas posibles, entonces debe identificar todas las salvaguardas existentes y debe decidir si el riesgo es aceptable o no aceptable.
7. Si el riesgo no se considera aceptable, el equipo de análisis emite recomendaciones para reducirlo (reducir la frecuencia o la severidad de las consecuencias).
8. Se repiten los pasos del 3 al 7 para cada palabra guía.
9. Se repiten los pasos del 3 al 8 para todos los parámetros de proceso.
10. Se repiten los pasos del 3 al 9 para todas las secciones del proceso hasta completar cada una de las secciones.
11. Se registran los resultados del análisis.

Tabla 1.9.- Palabras guía HazOp.

Palabras Guía	Significado	Comentarios
No	Negación de la intención del diseño.	No adición. No flujo.

		No transferencia. No agitación. No secado. No neutralización.
Más /alto / largo	Incremento cuantitativo.	Alta o mayor presión. Alta temperatura. Alto flujo. Alta agitación. Alta concentración. Alto nivel. Adición de demasiado material X. Tiempo de alimentación demasiado largo.
Menos / bajo / corto	Decremento cuantitativo.	Baja presión. Baja temperatura. Bajo flujo. Baja agitación. Baja concentración. Bajo nivel. Adición de muy poco material X. Tiempo de alimentación demasiado corto.
Así como / además	Incremento cualitativo.	Adición de material X además del material Y. Se añaden contaminantes.
Parte de	Decremento cualitativo.	Se cierran dos de las tres válvulas. Se para sólo una parte del proceso.
Inverso, revertido	Opuesto lógico.	Flujo inverso o revertido.
Otro, en vez de	Sustitución completa.	Adición de material X en vez de material Y. Se cierra la válvula 1 en vez de la 2.

Tabla 1.10.- Desviaciones más comunes de algunos tipos de sección.

Desviación	Tipo de sección				
	Reactor	Columna	Tanque	Tubería	Cambiador de calor
Flujo alto/bajo/no				X	X (aire, proceso, combustible)
Flujo inverso/mal dirigido				X	
Alto/bajo nivel	X	X	X		
Alto/bajo interfase	X		X		
Alta/baja/inversa presión	X	X	X	X	X (horno, proceso)
Alta/baja Temperatura	X	X	X	X	X (horno, aire)
Alta/baja reacción	X				
Mezcla baja/no/tardía	X				
Pérdida de ignición					X
Contaminación	X	X	X	X	X (combustible, aire)
Fuga o escape de tubos X X	X	X	X	X	X (proceso)
Fuga o escape	X	X	X	X	X (combustible)
Arranque / paro	X	X	X	X	X
Mantenimiento y muestreo					

Documentación del HazOp.

Es importante documentar el análisis para apoyar las buenas decisiones de riesgo, para preservar los resultados del análisis para su uso futuro (en revalidaciones) como evidencia de que el estudio se realizó de acuerdo con buenas prácticas y para apoyar otras actividades relacionadas con la administración de riesgos (como la elaboración de procedimientos operativos, la administración del cambio, la investigación de incidentes, etc.).

Análisis HazOp de los procedimientos.

Es conveniente incluir en el análisis de riesgo los procedimientos previamente

seleccionados para la ejecución de maniobras en todas las etapas del proceso.

Los procedimientos deben seleccionarse de acuerdo con los siguientes criterios:

1. Historial de accidentes e incidentes.
2. Complejidad del procedimiento.
3. Los riesgos inherentes en llevar a cabo dicha actividad (es decir, si hay que realizar la actividad en caso de emergencia).

Para analizar los procedimientos operativos de los procesos seleccionados por el equipo de análisis de riesgo, se utiliza una extensión lógica de la técnica de análisis HazOp. Los procedimientos individuales se analizan también usando palabras guía. Las palabras guía de la tabla No. 1.11 se aplican a cada uno de los pasos del procedimiento para identificar los posibles errores humanos que un operador puede cometer durante la ejecución de ese paso del procedimiento. El equipo de análisis de riesgo debe determinar las características del equipo, del entorno laboral, de los instrumentos y de los procedimientos mismos que pueden contribuir a la comisión de errores humanos.

Tabla 1.11.- Palabras guías para los pasos de los procedimientos.

Palabras guía	Definición
Falta de paso en el procedimiento.	El paso no está presente en el procedimiento actual, a pesar de su importancia para poder alcanzar la intención del procedimiento en condiciones seguras.
No se realiza el paso.	El paso no se ejecuta, se completa parcialmente, o bien se ejecuta demasiado tarde.
El paso se realiza incorrectamente.	El paso se ejecuta sobre otro dispositivo o de manera diferente a la especificada. También puede significar que otra acción se realiza simultáneamente con este paso, o que el paso se ejecuta fuera de secuencia.

Asuntos específicos del análisis.

Considerando el amplio rango de factores que pueden contribuir a incidentes potenciales en los procesos el equipo de análisis de riesgo también realizó un análisis comprensivo

de los procesos que se lleva a cabo en la instalación y sus operaciones en los que se trataron temas mencionados como los que a continuación se muestran:

Peligros en los procesos.

Utilizando la técnica de identificación de riesgos HazOp, el equipo identificó y evaluó los riesgos asociados debidos a la naturaleza misma de los materiales procesados a las condiciones de los procesos y a la magnitud de los inventarios. La experiencia de los miembros del equipo de análisis de riesgo en la operación de los procesos contribuyó a garantizar una cobertura global de los riesgos de los procesos.

El equipo de análisis de riesgo analizó los riesgos en los procesos para varios modos operativos, incluyendo la operación normal, arranque, paro normal y la pérdida de servicios auxiliares críticos. Los peligros de interés incluyen todos aquellos que pueden generar una liberación de material peligroso que resulte en cuatro tipos de consecuencias hacia un receptor que se ha establecido, estas consecuencias son:

- Daños o heridas graves a las personas (Seguridad y salud de los vecinos).
- Impacto al Medio Ambiente (Efectos en el Centro de Trabajo, Efectos fuera del Centro de Trabajo, Descargas y Fugas).
- Afectación al Negocio (Pérdida de producción, Daños a las instalaciones, Efecto Legal y Daños en propiedad a terceros).
- Afectación a la imagen (Atención de los medios al evento).

Incidentes previos.

En el transcurso de las sesiones de trabajo el equipo de análisis de riesgo discutió incidentes relevantes de acuerdo con su experiencia, lo que permitió que se consideraran como podrían ocurrir problemas adicionales a los expuestos o en su caso, probablemente volver a repetirse por presentar las mismas condiciones en la instalación de acuerdo a lo descrito del evento.

Controles de ingeniería y administrativos.

La aplicación de las técnicas de análisis utilizadas en este estudio estableció como primer paso que se tiene un control estricto de los controles administrativos y de ingeniería en las diferentes partes de los procesos en cuanto a su efectividad de mitigar, prevenir, detectar la liberación de sustancias peligrosas. En el HazOp se postularon las desviaciones en el proceso y se somete a análisis las posibles consecuencias de interés ya establecidas que de esta se derivan.

Uno de los ejemplos de control o referidas como salvaguardas que fueron consideradas para el análisis, incluyeron controles de ingeniería y de tipo administrativo (Válvulas de seguridad, sistema contra incendio, válvula automática doble no retroceso, válvula interna con actuador neumático, medidor de flujo másico y Plan de respuesta a Emergencias).

En la columna del HazOp “salvaguardas” se muestran estos tipos de controles, siendo oportuno señalar que en las sesiones y el reporte HazOp se consideraron e hicieron mención y referencia, de salvaguardas genéricas en donde sean respectivamente aplicables para eventos de liberación de sustancias químicas peligrosas cuando por tener características y condiciones similares se pueden expresar y contemplar en referencias accesibles y factibles.

Cuando el equipo de análisis no encontró un control de tipo administrativo o de ingeniería o en su caso se evaluó con carencia para mitigar las consecuencias, emitió recomendaciones para mejorar, complementar o en su caso implantar física o ejecutivamente las acciones necesarias para mitigar las consecuencias.

Consecuencias de falla en los controles.

La técnica HazOp implica la documentación de los escenarios de las consecuencias de interés más verosímiles, para lo cual no se considera la actuación o activación de las salvaguardas existentes; este enfoque es para evaluar el máximo nivel de riesgo y las

peores consecuencias de acuerdo con las fallas totales de los controles administrativos y de ingeniería, una vez documentadas las consecuencias se identifican todos los controles administrativos y de ingeniería para proteger a la instalación contra dicho escenario, siendo reiterativo que cuanto más sean identificadas y calificadas las consecuencias mayor deberá ser la existencia de los controles administrativos, los de ingeniería y su confiabilidad. La identificación de escenarios que conllevan a consecuencias de menor impacto respecto a las establecidas y que se identificaron, fueron evaluadas, pero solamente las que llegaron a ser consideradas como las de mayores consecuencias de interés, fueron asentadas en el análisis.

Aplicación del análisis HazOp y What If.

En la Tabla 1.12 se describe la relación de nodos y desviaciones analizados para la metodología HazOp y en la tabla 1.11 los sistemas y subsistemas de la metodología What If.

Tabla 1.12.- Lista de nodos y desviaciones para el análisis HazOp.

No.	Descripción del nodo	Intención de diseño	Condiciones operativas y de diseño	Dibujos de referencia	Desviaciones
1	Línea de 6" de Gas Natural hasta entrada de torre de absorción de CO2 C-201	Medir, regular y transportar gas natural a condiciones operativas a la torre C-201	Presión: 580.1 psi Flujo: 530.6 m3/h Temperatura: 50.3°C	GNL-COS-DFP. GNL-COS-DTI MATERIAL BALANCING CALCULATION- S40A2102-PFD-01	Más presión Menos Presión / No presión Más Flujo Menos Flujo / No Flujo Más Temperatura Mas Nivel en filtro de entrada de gas F-101 Mas Nivel en Separador de entrada de tamiz molecular V-301 Menos Nivel Ruptura Más presión
2					

	ESTUDIO DE RIESGO		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

	Torre de absorción de CO2 C-201	Absorber gases ácidos de la corriente de gas.	Presión: 580.1 psi Flujo: 530.6 m3/h Temperatura: 50.3°C	GNL-COS-DFP. GNL-COS-DTI MATERIAL BALANCING CALCULATION-S40A2102-PFD-02	Menos Presión / No presión Más Flujo Menos Flujo / No Flujo Más Temperatura Mas Nivel Menos Nivel Ruptura
3	Tanque de evaporación de aminas V-201, hasta la entrada de la torre de regeneración de aminas C-202	Filtrar los componentes ácidos de la amina para reincorporarla a la torre C-202.	Presión: 72.5 psi Flujo: 3.7 m3/h Temperatura: 70.2°C	GNL-COS-DFP. GNL-COS-DTI MATERIAL BALANCING CALCULATION-S40A2102-PFD-03	Más presión Menos Presión / No presión Más Temperatura Mas Nivel Menos Nivel Ruptura
4	Desde la torre de regeneración de aminas hasta la succión de las bombas P-203 A/B.	Transpotar aminas regeneradas a succión de bombas P-203 A/B.	Presión: 13.0 psi Flujo: 22882.9 kg/h Temperatura: 120.6°C	GNL-COS-DFP. GNL-COS-DTI MATERIAL BALANCING CALCULATION-S40A2102-PFD-04	Más presión Menos Presión / No presión Más Flujo Menos Flujo / No Flujo Más Temperatura Mas Nivel Menos Nivel Ruptura
5	Bombas P-203 A/B, línea de descarga de la bomba hasta entrada de la torre C-201.	Bombear y transportar amina regenerada a Torre -201	Presión: 609.1 psi Flujo: 22928.4 kg/h Temperatura: 99.7°C	GNL-COS-DFP. GNL-COS-DTI MATERIAL BALANCING CALCULATION-S40A2102-PFD-05	Más presión Menos Presión / No presión Menos Flujo / No Flujo Más Temperatura Ruptura
6	Tanque colector de reflujo de amina, bombas P-201 A/B, enfriador E-204, líneas hasta la entrada de la torre C-202.	Eliminar gases ácidos y bombear el reflujo de amina a la torre C-202.	Presión: 36.0 psi Flujo: 451.1 kg/h Temperatura: 45°C	GNL-COS-DFP. GNL-COS-DTI MATERIAL BALANCING CALCULATION-S40A2102-PFD-06	Más presión Menos Presión / No presión Más Temperatura Mas Nivel Menos Nivel Ruptura
7	Líneas de 6", torres de absorción de tamiz molecular C-301A/C-	Deshidratar la corriente de gas	Presión: 567 psi Flujo: 14847.4	GNL-COS-DFP. GNL-COS-DTIMATERIAL	Más presión Menos Presión / No presión

	ESTUDIO DE RIESGO					
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA					

	301B, hasta la entrada del sistema de enfriamiento E-401A	y eliminar el mercurio.	kg/h Temperatura: 40 a -60 °C	BALANCING CALCULATION-S40A2102-PFD-07	Alta presión diferencial
					Más Temperatura
					Mas Nivel
					Ruptura
8	Desde la válvula VT-4014 A/B hasta la válvula PCV-4101A y válvula de compuerta VG-4151A.	Separar hidrocarburos pesados de la corriente de gas y licuarlo a bajas temperaturas.	Presión: 521.4 psi Flujo: 6464.4 kg/h Temperatura: -158 °C	GNL-COS-DFF. GNL-COS-DTI MATERIAL BALANCING CALCULATION-S40A2102-PFD-08	Más presión
					Menos Presión / No presión
					Menos Flujo / No Flujo
					Más Temperatura
					Menos Temperatura
					Mas Nivel
					Menos Nivel
					Ruptura
9	Desde la válvula PCV-4101A, Línea 3"-D1E-LNG-4102A hasta la válvula de entrada a los tanques de almacenamiento de GNL.	Transportar GNL a tanques de almacenamiento	Presión: 72.5 psi Flujo: 6464.4 kg/h Temperatura: -156 °C	GNL-COS-DFF. GNL-COS-DTI MATERIAL BALANCING CALCULATION-S40A2102-PFD-09	Más presión
					Menos Presión / No presión
					Menos Flujo / No Flujo
					Más Temperatura
					Ruptura
10	Tanques de almacenamiento de GNL de 200 m3 (V-701 - V-716)	Almacenar GNL	Presión: 72.5 psi Capacidad: 200 m3 Temperatura: -156 °C	GNL-COS-DFF. GNL-COS-DTI MATERIAL BALANCING CALCULATION-S40A2102-PFD-10	Más presión
					Menos Presión / No presión
					Mas Nivel
					Menos Nivel
					Ruptura
11	Líneas de salida de GNL de tanques de almacenamiento a succión de bombas P-701A/P-701B	Transportar GNL a succión de bombas P-701A/P-701B	Presión: 72.5 psi Flujo: 6464.4 kg/h Temperatura: -156 °C	GNL-COS-DFF. GNL-COS-DTI MATERIAL BALANCING CALCULATION-S40A2102-PFD-11	Más presión
					Menos Presión / No presión
					Menos Flujo / No Flujo
					Ruptura
12	Líneas de descarga de bombas P-701A/P-701B a sistema de carga de GNL.	Bombear y transportar GNL al sistema de carga	Presión: 72.5 psi Flujo: 6464.4 kg/h Temperatura: -156 °C	GNL-COS-DFF. GNL-COS-DTI MATERIAL BALANCING CALCULATION-S40A2102-PFD-12	Más presión
					Menos Presión / No presión
					Menos Flujo / No Flujo
					Ruptura
13	Sistema de carga de GNL.				Más presión

	ESTUDIO DE RIESGO		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

		Suministrar GNL a autotankers	Presión: 72.5 psi Flujo: 6464.4 kg/h Temperatura: -156 °C	GNL-COS-DFP. GNL-COS-DTI MATERIAL BALANCING CALCULATION- S40A2102-PFD-13	Menos Presión / No presión Menos Flujo / No Flujo Ruptura
--	--	-------------------------------	---	---	---

Tabla 1.13.- Lista de Sistemas y subsistemas para el análisis What If.

ID	¿Qué pasa si?	Riesgo Inherente												Riesgo Actual											
		Personas			Población			Med. Amb			Prod./Inst			Personas			Población			Med. Amb			Prod./Inst		
		F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR
1.1	Se presenta desplazamiento o movimiento de terreno (sismos).	2	3	C	2	3	C	2	3	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
1.2	Se presenta huracán	2	3	C	2	3	C	2	3	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D

Resultados del análisis HazOp/What If.

Las Hojas de trabajo resultado de la aplicación de la metodología HazOp para el proyecto de “Planta de licuefacción de GNL, de la empresa GNL Cosala, S.A. de C.V., ubicada en fracción 2 del predio rustico Casas Viejas, El Habal, C.P.82277, municipio de Mazatlán, Sinaloa”, se muestran en el **Anexo “1.6”**.

Recomendaciones HazOp.

Durante el desarrollo del análisis de los escenarios, el grupo multidisciplinario realizó las recomendaciones que consideró necesarias para Prevenir, Reducir o Mitigar las consecuencias de cada desviación. En el **Anexo “1.6”**, se presentan dichas recomendaciones.

1.5.1.3. Jerarquización de Escenarios de Riesgo.

Método Matriz de Riesgo.

La jerarquización por Matriz de Riesgos es una técnica que permite clasificar por su grado de riesgo, los escenarios de peligro identificados.

Este estudio fue realizado con base a la matriz de riesgos de la Guía Operativa para realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los proyectos e instalaciones de PEMEX Exploración y Producción (GO-SS-TC-0002-2020, versión segunda).

La aplicación de los factores de Frecuencia y Consecuencia estimados para cada escenario permite obtener su Nivel de Riesgo y su ubicación dentro de las cuatro zonas en las que se ha dividido la matriz:

Tipo A.- Zona de Riesgo No Tolerable: El riesgo requiere acción inmediata; el costo no debe ser una limitación y el no hacer nada no es una opción aceptable. Un riesgo Tipo “A” representa una situación de emergencia y deben establecerse Controles Temporales Inmediatos. La mitigación debe hacerse por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a tipo C o de preferencia a tipo D, en un lapso menor a 90 días.

Tipo B.- Zona de Riesgo Indeseable: El riesgo debe ser reducido y hay margen para investigar y analizar a más detalle. No obstante, la acción correctiva debe darse en los próximos 90 días. Si la solución se demora más tiempo, deben establecerse Controles Temporales Inmediatos en sitio, para reducir el riesgo.

Tipo C.- Zona de Riesgo Aceptable con Controles: El riesgo es significativo, pero se pueden acompañar las acciones correctivas con el paro de instalaciones programado, para no presionar programas de trabajo y costos. Las medidas de solución para atender los hallazgos deben darse en los próximos 18 meses. La mitigación debe enfocarse en la disciplina operativa y en la confiabilidad de los sistemas de protección.

Tipo D.- Zona de Riesgo Tolerable: El riesgo requiere control, pero es de bajo impacto y puede programarse su atención y reducción conjuntamente con otras mejoras operativas.

Durante este análisis, se toman en consideración los receptores de afectaciones del riesgo identificado: Personal, Población, Ambiente e Instalación/Producción (ver tabla 1.15).

A continuación, se muestran las tablas de los índices de frecuencia y consecuencia

empleados para identificar el índice de riesgo de cada evento o escenario planteado (Tabla 1.14, Tablas 1.15).

Tabla 1.14.- Niveles de frecuencia.

Clasificación	Tipo	Descripción de la frecuencia de ocurrencia
F6	Muy frecuente	Ocorre una o más veces en un año
F5	Frecuente	Ocorre una o más veces en un periodo mayor a 1 año y hasta 5 años
F4	Poco frecuente	Ocorre una o más veces en un periodo mayor a 5 años y hasta 10 años
F3	Raro	Ocorre una o más veces en un periodo mayor a 10 años
F2	Muy raro	Puede ocurrir solamente una vez en la vida útil de la Instalación.
F1	Extremadamente raro	Es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro

Fuente: Guía Operativa para realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los proyectos e instalaciones de PEMEX Exploración y Producción. GO-SS-TC-0002-2020, versión segunda.

Tabla 1.15.- Niveles de consecuencia.

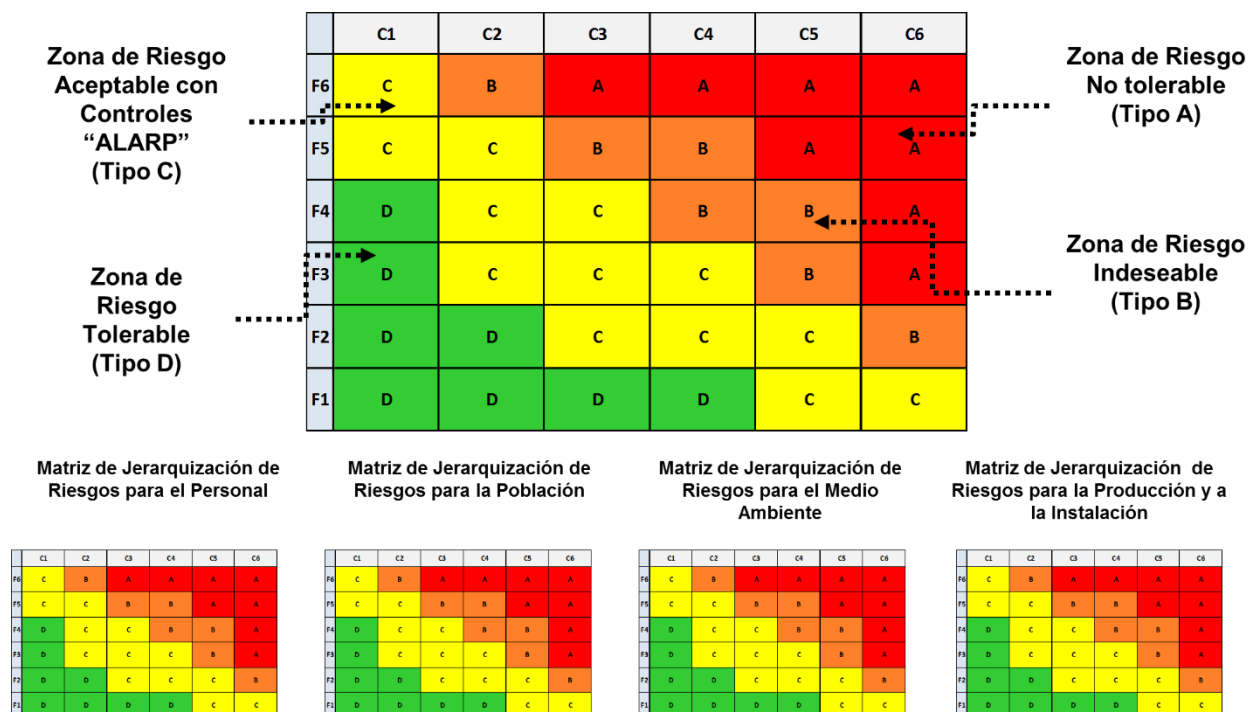
Categoría de la consecuencia (Impacto)	Daños al personal	Efectos en la población	Impacto ambiental	Perdida o diferimiento de producción (USD)	Daños a la instalación (USD)
6 (Catastrófico)	Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 10 fatalidades	Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a 1 semana.	>500,000,000	>500,000,000
5 (Mayor)	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 2 a 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 6 a 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de 1 día hasta 1 semana.	>50,000,000 a 500,000,000	>50,000,000 a 500,000,000

4 (Grave)	Lesiones o daños físicos con atención médica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad.	Lesiones o daños físicos mayores que generan de 1 a 5 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones en hasta 24 horas	>5,000,000 a 50,000,000	>5,000,000 a 50,000,000
3 (Moderado)	Lesiones o daños físicos que requieren atención médica que pueda generar una incapacidad	Ruidos, olores e impacto visual que se pueden detectar fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía se requiere acciones de evacuación y existe la posibilidad de lesiones o daños físicos.	Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que llevan hasta 1 hora.	>500,000 a 5,000,000	>500,000 a 5,000,000
2 (Menor)	Lesiones o daños físicos que requieren primeros auxilios y/o atención médica.	Ruidos, olores e impacto visual que se pueden detectar fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía con posibilidades de evacuación.	Fugas y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación, el control es inmediato.	>50,000 a 500,000	>50,000 a 500,000
1 (Despreciable)	No se esperan lesiones o daños físicos.	No se esperan impactos, lesiones o daños físicos	No se esperan fugas, derrames y/o emisiones por arriba de los límites establecidos.	<50,000	<50,000

Fuente: Guía Operativa para realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los proyectos e instalaciones de PEMEX Exploración y Producción. GO-SS-TC-0002-2020, versión segunda.

A continuación, se muestran la matriz de riesgos (Tabla 1.16) y la clasificación de riesgos (Tabla 1.17) aplicadas durante las reuniones multidisciplinarias.

Tabla 1.16.- Matriz para la estimación del índice de riesgo.



Fuente: Guía Operativa para realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los proyectos e instalaciones de PEMEX Exploración y Producción. GO-SS-TC-0002-2020, versión segunda.

Tabla 1.17.- Clasificación de riesgos.

ÍNDICE DE RIESGO	CLASIFICACIÓN
A	NO TOLERABLE
B	INDESEABLE
C	ACEPTABLE CON CONTROLES
D	TOLERABLE

Fuente: Guía Operativa para realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los proyectos e instalaciones de PEMEX Exploración y Producción. GO-SS-TC-0002-2020, versión segunda.

La aplicación de las Frecuencias del escenario y la Consecuencia esperada para cada uno de los receptores, Personal, Ambiente, Negocio e Imagen, se representan en su respectiva matriz, la cual contiene los criterios del documento normativo para cada una de las cuatro clasificaciones de riesgo representadas por medio de colores Rojo, Naranja,

Amarillo y Verde, correspondientes al Riesgo Intolerable, Riesgo Indeseable, Riesgo Aceptable con Controles y Riesgo Razonablemente Aceptable, respectivamente como se muestra en las tablas 1.18, 1.19, 1.20 y 1.21.

Conforme a los resultados de clasificación de riesgos, se deberán considerar los siguientes criterios en las conclusiones del análisis:

- En caso de que la ponderación de escenarios por frecuencia y consecuencia exceda la región Riesgo Aceptable con controles (Amarilla), es decir, que los escenarios se encuentren en la región de Riesgos Indeseables (Naranja) y Riesgos Intolerables (Roja); se debe considerar, realizar una identificación de los escenarios, a los cuáles se les debe considerar invariablemente en el análisis de consecuencias y recomendar el desarrollo de un análisis detallado de frecuencia.
- Para los escenarios que se ubican la región de Riesgos Aceptables (verde) y Riesgo Aceptable con controles (amarilla), se debe considerar la atención a las recomendaciones generadas en la identificación de riesgos, con la finalidad de evitar la degradación de la seguridad y su condición de riesgo se desplace a la definida como Indeseable o Intolerable.

Evaluación de la frecuencia y consecuencia de los escenarios.

Se evaluaron los escenarios de riesgo identificados para el proyecto “Planta de licuefacción de GNL, de la empresa GNL Cosala, S.A. de C.V., ubicada en fracción 2 del predio rustico Casas Viejas, El Habal, C.P.82277, municipio de Mazatlán, Sinaloa”. A continuación, se presentan dichos resultados, los cuales fueron clasificados en la Matriz de Riesgo que se indica en la tabla 1.18.

En la siguiente tabla, se presenta la matriz de consecuencias por daños al personal, entre paréntesis se indica el número total de escenarios que se localizan en cada categoría.

MATRICES DE RIESGO INHERENTE

Tabla 1.18.- Matriz de riesgo por daños al Personal.

		CONSECUENCIA					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
FRECUENCIA/AÑO	F6						
	F5						
	F4		2.1, 2.6, 3.1, 3.4, (4)		1.1, 2.7, 3.5, 4.1, 5.1, 6.1, 7.1, 8.1, 9.1, 11.1, 12.1, 13.1, (12)	10.1, (1)	
	F3		1.3, 1.7, 1.8, 2.3, 4.3, 4.7, 6.5, 8.7, (8)	1.2, 1.4, 2.4, 4.2, 4.4, 5.2, 5.3, 6.2, 7.2, 7.3, 8.2, 8.3, 9.2, 9.3, 10.2, 10.3, 10.4, 11.2, 11.3, 12.2, 12.3, 13.2, 13.3, (23)		2.2, 3.2, 9.5, 10.5, 11.4, 12.4, 13.4, (7)	
	F2	1.5, 1.6, 2.5, 4.5, 4.6, 5.4, 6.3, 6.4, 7.4, 7.5, 8.4, 8.5, 8.6, 9.4, (14)				1.9, 2.8, 3.6, 4.8, 5.5, 6.6, 7.6, 8.8, (8)	
	F1						

En la matriz por daños al Personal (Tabla 1.18) se ponderaron 77 escenarios de riesgo, observando que la distribución de estos es la siguiente:

- Ninguno se encuentra en la zona de riesgo A (intolerable).
- 20 escenarios se ubican en la zona de riesgo B (indeseable).
- 43 escenarios se ubican en la zona de riesgo C (aceptable con controles).
- 14 escenarios se ubican en la zona de riesgo D (razonablemente aceptable).

En la siguiente tabla, se presenta la matriz de consecuencias por daños a la población, entre paréntesis se indica el número total de escenarios que se localizan en cada categoría.

Tabla 1.19.- Matriz de riesgo por daños a la Población.

		CONSECUENCIA					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
FRECUENCIA/AÑO	F6						
	F5						
	F4	2.6, 3.4, (2)	2.1, 3.1, (2)	2.7, 3.5, (2)	1.1, 4.1, 5.1, 6.1, 7.1, 8.1, 9.1, 10.1, 11.1, 12.1, 13.1, (11)		
	F3		1.3, 1.4, 1.7, 1.8, 2.2, 2.3, 2.4, 3.2, 4.3, 4.4, 4.7, 5.3, 6.5, 8.3, 8.7, 9.3, 10.3, 10.4, 11.3, 12.3, 13.3, (21)	1.2, 4.2, 5.2, 6.2, 7.2, 7.3, 8.2, 9.2, 9.5, 10.2, 10.5, 11.2, 11.4, 12.2, 12.4, 13.2, 13.4, (17)			
	F2	1.5, 1.6, 2.5, 4.5, 4.6, 5.4, 6.3, 6.4, 7.4, 7.5, 8.4, 8.5, 8.6, 9.4, (14)		1.9, 2.8, 3.6, 4.8, 5.5, 6.6, 7.6, 8.8, (8)			
	F1						

En la matriz por daños a la población (Tabla 1.19) se ponderaron 77 escenarios de riesgo, observando que la distribución de estos es la siguiente:

- Ninguno se encuentra en la zona de riesgo A (intolerable).
- 11 escenarios se ubican en la zona de riesgo B (indeseable).
- 50 escenarios se ubican en la zona de riesgo C (aceptable con controles).
- 16 escenarios se ubican en la zona de riesgo D (razonablemente aceptable).

En la siguiente tabla, se presenta la matriz de consecuencias por daños al ambiente, entre paréntesis se indica el número total de escenarios que se localizan en cada categoría.

Tabla 1.20.- Matriz de riesgo por daños al Ambiente.

		CONSECUENCIA					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
FRECUENCIA/AÑO	F6						
	F5						
	F4		1.1, 2.1, 3.1, 4.1, 5.1, 6.1, 7.1, 8.1, 9.1, 10.1, 11.1, 12.1, 13.1, (13)	2.6, 2.7, 3.4, 3.5, (4)			
	F3		1.3, 2.3, 4.3, (3)	1.2, 1.4, 1.7, 1.8, 2.2, 2.4, 3.2, 4.2, 4.4, 4.7, 5.2, 5.3, 6.2, 6.5, 7.2, 7.3, 8.2, 8.3, 8.7, 9.2, 9.3, 9.5, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 11.2, 11.3, 11.4, 12.2, 12.3, 12.4, 13.2, 13.3, 13.4, (35)			
	F2	1.5, 2.5, (2)		1.6, 1.9, 2.8, 3.6, 4.5, 4.6, 4.8, 5.4, 5.5, 6.3, 6.4, 6.6, 7.4, 7.5, 7.6, 8.4, 8.5, 8.6, 8.8, 9.4, (20)			
	F1						

En la matriz por daños al ambiente (Tabla 1.20) se ponderaron 77 escenarios de riesgo, observando que la distribución de estos es la siguiente:

- Ninguno se encuentra en la zona de riesgo A (intolerable).
- Ninguno se encuentra en la zona de riesgo B (indeseable).
- 75 escenarios se ubican en la zona de riesgo C (aceptable con controles).
- 2 escenarios se ubican en la zona de riesgo D (razonablemente aceptable).

En la siguiente tabla, se presenta la matriz de consecuencias por daños a la Instalación /Producción de la empresa, entre paréntesis se indica el número total de escenarios que se localizan en cada categoría.

Tabla 1.21.- Matriz de riesgo por daños a la Instalación/Producción de la Empresa.

		CONSECUENCIA					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
FRECUENCIA/AÑO	F6						
	F5						
	F4			1.1, 2.1, 2.6, 2.7, 3.1, 3.4, 3.5, 4.1, 5.1, 6.1, 7.1, 8.1, 9.1, 10.1, 11.1, 12.1, 13.1, (17)			
	F3		1.3, 2.3, 4.3, (3)	1.2, 1.4, 1.7, 1.8, 2.2, 2.4, 3.2, 4.2, 4.4, 4.7, 5.2, 5.3, 6.2, 6.5, 7.2, 7.3, 8.2, 8.3, 8.7, 9.2, 9.3, 9.5, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 11.2, 11.3, 11.4, 12.2, 12.3, 12.4, 13.2, 13.3, 13.4, (35)			
	F2		1.5, 2.5, 4.5, 5.4, 6.3, 7.4, 8.4, 8.5, 9.4, (9)	1.6, 1.9, 2.8, 3.6, 4.6, 4.8, 5.5, 6.4, 6.6, 7.5, 7.6, 8.6, 8.8, (13)			
	F1						

En la matriz por daños a la Instalación/Producción de la Empresa (Tabla 1.21) se ponderaron 77 escenarios de riesgo, observando que la distribución de estos es la siguiente:

- Ninguno se encuentra en la zona de riesgo A (intolerable).
- Ninguno se encuentra en la zona de riesgo B (indeseable).
- 68 escenarios se ubican en la zona de riesgo C (aceptable con controles).
- 9 escenarios se ubican en la zona de riesgo D (razonablemente aceptable).

MATRICES DE RIESGO ACTUAL/DE DISEÑO

Tabla 1.22.- Matriz de riesgo por daños al Personal.

		CONSECUENCIA					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
FRECUENCIA/AÑO	F6						
	F5						
	F4						
	F3		2.1, 3.1, (2)				
	F2	1.3, 1.7, 1.8, 2.3, 2.6, 3.4, 4.3, 4.7, 6.5, 8.7, (10)	1.2, 1.4, 2.2, 2.4, 2.7, 3.2, 3.5, 4.2, 4.4, 5.2, 5.3, 6.2, 7.2, 7.3, 8.2, 8.3, 9.2, 9.3, 10.2, 10.3, 10.4, 11.2, 11.3, 12.2, 12.3, 13.2, 13.3, (27)	1.1, 4.1, 5.1, 6.1, 7.1, 8.1, 9.1, 11.1, 12.1, 13.1, (10)	9.5, 10.1, 10.5, 11.4, 12.4, 13.4, (6)		
	F1	1.5, 1.6, 2.5, 4.5, 4.6, 5.4, 6.3, 6.4, 7.4, 7.5, 8.4, 8.5, 8.6, 9.4, (14)		1.9, 2.8, 3.6, 4.8, 5.5, 6.6, 7.6, 8.8, (8)			

En la matriz por daños al Personal (Tabla 1.22) se ponderaron 77 escenarios de riesgo, observando que la distribución de estos es la siguiente:

- Ninguno se encuentra en la zona de riesgo A (intolerable).
- Ninguno se encuentra en la zona de riesgo B (indeseable).
- 18 escenarios se ubican en la zona de riesgo C (aceptable con controles).
- 59 escenarios se ubican en la zona de riesgo D (razonablemente aceptable).

En la siguiente tabla, se presenta la matriz de consecuencias por daños a la población, entre paréntesis se indica el número total de escenarios que se localizan en cada categoría.

Tabla 1.23.- Matriz de riesgo por daños a la Población.

		CONSECUENCIA					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
FRECUENCIA/AÑO	F6						
	F5						
	F4						
	F3		2.1, 3.1, (2)				
	F2	1.3, 1.7, 1.8, 2.3, 2.6, 3.4, 4.3, 4.7, 6.5, 8.7, (10)	1.2, 1.4, 2.2, 2.4, 2.7, 3.2, 3.5, 4.2, 4.4, 5.2, 5.3, 6.2, 7.2, 7.3, 8.2, 8.3, 9.2, 9.3, 10.2, 10.3, 10.4, 11.2, 11.3, 12.2, 12.3, 13.2, 13.3, (27)	1.1, 4.1, 5.1, 6.1, 7.1, 8.1, 9.1, 9.5, 10.1, 10.5, 11.1, 11.4, 12.1, 12.4, 13.1, 13.4, (16)			
	F1	1.5, 1.6, 2.5, 4.5, 4.6, 5.4, 6.3, 6.4, 7.4, 7.5, 8.4, 8.5, 8.6, 9.4, (14)	1.9, 2.8, 3.6, 4.8, 5.5, 6.6, 7.6, 8.8, (8)				

En la matriz por daños a la Población (Tabla 1.23) se ponderaron 77 escenarios de riesgo, observando que la distribución de estos es la siguiente:

- Ninguno se encuentra en la zona de riesgo A (intolerable).
- Ninguno se encuentra en la zona de riesgo B (indeseable).
- 18 escenarios se ubican en la zona de riesgo C (aceptable con controles).
- 59 escenarios se ubican en la zona de riesgo D (razonablemente aceptable).

En la siguiente tabla, se presenta la matriz de consecuencias por daños al Ambiente, entre paréntesis se indica el número total de escenarios que se localizan en cada categoría.

Tabla 1.24.- Matriz de riesgo por daños al Ambiente.

		CONSECUENCIA					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
FRECUENCIA/AÑO	F6						
	F5						
	F4						
	F3		2.1, 3.1, (2)				
	F2	1.3, 1.8, 2.3, 4.3, 4.7, 6.5, 8.7, (7)	1.1, 1.2, 1.4, 1.7, 2.2, 2.4, 2.6, 2.7, 3.2, 3.4, 3.5, 4.1, 4.2, 4.4, 5.1, 5.2, 5.3, 6.1, 6.2, 7.1, 7.2, 7.3, 8.1, 8.2, 8.3, 9.1, 9.2, 9.3, 9.5, 10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 12.1, 12.2, 12.3, 12.4, 13.1, 13.2, 13.3, 13.4, (46)				
	F1	1.5, 2.5, (2)	1.9, 2.8, 3.6, 4.5, 4.8, 5.4, 5.5, 6.3, 6.6, 7.4, 7.6, 8.4, 8.5, 8.8, 9.4, (15)	1.6, 4.6, 6.4, 7.5, 8.6 (5)			

En la matriz por daños al Ambiente (Tabla 1.24) se ponderaron 77 escenarios de riesgo, observando que la distribución de estos es la siguiente:

- Ninguno se encuentra en la zona de riesgo A (intolerable).
- Ninguno se encuentra en la zona de riesgo B (indeseable).
- 2 escenarios se ubican en la zona de riesgo C (aceptable con controles).
- 75 escenarios se ubican en la zona de riesgo D (razonablemente aceptable).

En la siguiente tabla, se presenta la matriz de consecuencias por daños a la Instalación / Producción, entre paréntesis se indica el número total de escenarios que se localizan en cada categoría.

Tabla 1.25.- Matriz de riesgo por daños a la Instalación / Producción.

		CONSECUENCIA					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
FRECUENCIA/AÑO	F6						
	F5						
	F4						
	F3		2.1, 3.1, (2)				
	F2	1.3, 1.8, 2.3, 4.3, 4.7, 6.5, 8.7, (7)	1.1, 1.2, 1.4, 1.7, 2.2, 2.4, 2.6, 2.7, 3.2, 3.4, 3.5, 4.1, 4.2, 4.4, 5.1, 5.2, 5.3, 6.1, 6.2, 7.1, 7.2, 7.3, 8.1, 8.2, 8.3, 9.1, 9.2, 9.3, 9.5, 10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 12.1, 12.2, 12.3, 12.4, 13.1, 13.2, 13.3, 13.4, (46)				
	F1	1.5, 2.5, 4.5, 5.4, 6.3, 7.4, 8.4, 8.5, 9.4, (9)	1.9, 2.8, 3.6, 4.8, 5.5, 6.6, 7.6, 8.8, (8)	1.6, 4.6, 6.4, 7.5, 8.6, (5)			

En la matriz por daños al Instalación/Producción (Tabla 1.25) se ponderaron 77 escenarios de riesgo, observando que la distribución de estos es la siguiente:

- Ninguno se encuentra en la zona de riesgo A (intolerable).
- Ninguno se encuentra en la zona de riesgo B (indeseable).
- 2 escenarios se ubican en la zona de riesgo C (aceptable con controles).
- 75 escenarios se ubican en la zona de riesgo D (razonablemente aceptable).

A continuación, se incluye un resumen de las jerarquizaciones de riesgo, de acuerdo con cada uno de los nodos y sistemas evaluados. (Tabla 1.26, 1.27 y 1.28).

Tabla 1.26.- Tablas de Jerarquización de Riesgos HazOp Inherente.

ID	Desviación	Riesgo Inherente											
		Personas			Población			Med. Amb			Prod./Inst		
		F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR
1.1	Más presión	4	4	B	4	4	B	4	2	C	4	3	C
1.2	Menos Presión / No presión	3	3	C	3	3	C	3	3	C	3	3	C
1.3	Más Flujo	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C
1.4	Menos Flujo / No Flujo	3	3	C	3	2	C	3	3	C	3	3	C
1.5	Más Temperatura	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	2	D
1.6	Mas Nivel en filtro de entrada de gas F-101	2	1	D	2	1	D	2	3	C	2	3	C
1.7	Mas Nivel en Separador de entrada de	3	2	C	3	2	C	3	3	C	3	3	C

ID	Desviación	Riesgo Inherente											
		Personas			Población			Med. Amb			Prod./Inst		
		F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR
	tamíz molecular V-301												
1.8	Menos Nivel	3	2	C	3	2	C	3	3	C	3	3	C
1.9	Ruptura	2	5	C	2	3	C	2	3	C	2	3	C
2.1	Más presión	4	2	C	4	2	C	4	2	C	4	3	C
2.2	Menos Presión / No presión	3	5	B	3	2	C	3	3	C	3	3	C
2.3	Más Flujo	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C
2.4	Menos Flujo / No Flujo	3	3	C	3	2	C	3	3	C	3	3	C
2.5	Más Temperatura	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	2	D
2.6	Mas Nivel	4	2	C	4	1	D	4	3	C	4	3	C
2.7	Menos Nivel	4	4	B	4	3	C	4	3	C	4	3	C
2.8	Ruptura	2	5	C	2	3	C	2	3	C	2	3	C
3.1	Más presión	4	2	C	4	2	C	4	2	C	4	3	C
3.2	Menos Presión / No presión	3	5	B	3	2	C	3	3	C	3	3	C
3.3	Más Temperatura												
3.4	Mas Nivel	4	2	C	4	1	D	4	3	C	4	3	C
3.5	Menos Nivel	4	4	B	4	3	C	4	3	C	4	3	C
3.6	Ruptura	2	5	C	2	3	C	2	3	C	2	3	C
4.1	Más presión	4	4	B	4	4	B	4	2	C	4	3	C
4.2	Menos Presión / No presión	3	3	C	3	3	C	3	3	C	3	3	C
4.3	Más Flujo	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C
4.4	Menos Flujo / No Flujo	3	3	C	3	2	C	3	3	C	3	3	C
4.5	Más Temperatura	2	1	D	2	1	D	2	3	C	2	2	D
4.6	Mas Nivel	2	1	D	2	1	D	2	3	C	2	3	C
4.7	Menos Nivel	3	2	C	3	2	C	3	3	C	3	3	C
4.8	Ruptura	2	5	C	2	3	C	2	3	C	2	3	C
5.1	Más presión	4	4	B	4	4	B	4	2	C	4	3	C
5.2	Menos Presión / No presión	3	3	C	3	3	C	3	3	C	3	3	C
5.3	Menos Flujo / No Flujo	3	3	C	3	2	C	3	3	C	3	3	C
5.4	Más Temperatura	2	1	D	2	1	D	2	3	C	2	2	D
5.5	Ruptura	2	5	C	2	3	C	2	3	C	2	3	C
6.1	Más presión	4	4	B	4	4	B	4	2	C	4	3	C
6.2	Menos Presión / No presión	3	3	C	3	3	C	3	3	C	3	3	C
6.3	Más Temperatura	2	1	D	2	1	D	2	3	C	2	2	D
6.4	Mas Nivel	2	1	D	2	1	D	2	3	C	2	3	C
6.5	Menos Nivel	3	2	C	3	2	C	3	3	C	3	3	C
6.6	Ruptura	2	5	C	2	3	C	2	3	C	2	3	C
7.1	Más presión	4	4	B	4	4	B	4	2	C	4	3	C
7.2	Menos Presión / No presión	3	3	C	3	3	C	3	3	C	3	3	C
7.3	Alta presión diferencial	3	3	C	3	3	C	3	3	C	3	3	C
7.4	Más Temperatura	2	1	D	2	1	D	2	3	C	2	2	D
7.5	Mas Nivel	2	1	D	2	1	D	2	3	C	2	3	C
7.6	Ruptura	2	5	C	2	3	C	2	3	C	2	3	C
8.1	Más presión	4	4	B	4	4	B	4	2	C	4	3	C
8.2	Menos Presión / No presión	3	3	C	3	3	C	3	3	C	3	3	C
8.3	Menos Flujo / No Flujo	3	3	C	3	2	C	3	3	C	3	3	C
8.4	Más Temperatura	2	1	D	2	1	D	2	3	C	2	2	D
8.5	Menos Temperatura	2	1	D	2	1	D	2	3	C	2	2	D
8.6	Mas Nivel	2	1	D	2	1	D	2	3	C	2	3	C
8.7	Menos Nivel	3	2	C	3	2	C	3	3	C	3	3	C
8.8	Ruptura	2	5	C	2	3	C	2	3	C	2	3	C
9.1	Más presión	4	4	B	4	4	B	4	2	C	4	3	C

ID	Desviación	Riesgo Inherente											
		Personas			Población			Med. Amb			Prod./Inst		
		F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR
9.2	Menos Presión / No presión	3	3	C	3	3	C	3	3	C	3	3	C
9.3	Menos Flujo / No Flujo	3	3	C	3	2	C	3	3	C	3	3	C
9.4	Más Temperatura	2	1	D	2	1	D	2	3	C	2	2	D
9.5	Ruptura	3	5	B	3	3	C	3	3	C	3	3	C
10.1	Más presión	4	5	B	4	4	B	4	2	C	4	3	C
10.2	Menos Presión / No presión	3	3	C	3	3	C	3	3	C	3	3	C
10.3	Más Nivel	3	3	C	3	2	C	3	3	C	3	3	C
10.4	Menos Nivel	3	3	C	3	2	C	3	3	C	3	3	C
10.5	Ruptura	3	5	B	3	3	C	3	3	C	3	3	C
11.1	Más presión	4	4	B	4	4	B	4	2	C	4	3	C
11.2	Menos Presión / No presión	3	3	C	3	3	C	3	3	C	3	3	C
11.3	Menos Flujo / No Flujo	3	3	C	3	2	C	3	3	C	3	3	C
11.4	Ruptura	3	5	B	3	3	C	3	3	C	3	3	C
12.1	Más presión	4	4	B	4	4	B	4	2	C	4	3	C
12.2	Menos Presión / No presión	3	3	C	3	3	C	3	3	C	3	3	C
12.3	Menos Flujo / No Flujo	3	3	C	3	2	C	3	3	C	3	3	C
12.4	Ruptura	3	5	B	3	3	C	3	3	C	3	3	C
13.1	Más presión	4	4	B	4	4	B	4	2	C	4	3	C
13.2	Menos Presión / No presión	3	3	C	3	3	C	3	3	C	3	3	C
13.3	Menos Flujo / No Flujo	3	3	C	3	2	C	3	3	C	3	3	C
13.4	Ruptura	3	5	B	3	3	C	3	3	C	3	3	C

F (Frecuencia), C (Consecuencia), Pe (Personal), Po (Población), IA (Impacto al Ambiente), Pr/In (Producción/Instalación), R (Riesgo), MR (Magnitud de riesgo).

Tabla 1.27.- Tablas de Jerarquización de Riesgos HazOp Operativo/diseño.

ID	Desviación	Riesgo Actual/diseño											
		Personas			Población			Med. Amb			Prod./Inst		
		F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR
1.1	Más presión	2	3	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D
1.2	Menos Presión / No presión	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
1.3	Más Flujo	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	1	D
1.4	Menos Flujo / No Flujo	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
1.5	Más Temperatura	1	1	D	1	1	D	1	1	D	1	1	D
1.6	Más Nivel en filtro de entrada de gas F-101	1	1	D	1	1	D	1	3	D	1	3	D
1.7	Más Nivel en Separador de entrada de tamiz molecular V-301	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	2	D
1.8	Menos Nivel	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	1	D
1.9	Ruptura	1	3	D	1	2	D	1	2	D	1	2	D
2.1	Más presión	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C
2.2	Menos Presión / No presión	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
2.3	Más Flujo	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	1	D
2.4	Menos Flujo / No Flujo	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
2.5	Más Temperatura	1	1	D	1	1	D	1	1	D	1	1	D
2.6	Más Nivel	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	2	D
2.7	Menos Nivel	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
2.8	Ruptura	1	3	D	1	2	D	1	2	D	1	2	D
3.1	Más presión	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	2	C
3.2	Menos Presión / No presión	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D

ID	Desviación	Riesgo Actual/diseño											
		Personas			Población			Med. Amb			Prod./Inst		
		F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR
3.3	Más Temperatura												
3.4	Mas Nivel	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	2	D
3.5	Menos Nivel	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
3.6	Ruptura	1	3	D	1	2	D	1	2	D	1	2	D
4.1	Más presión	2	3	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D
4.2	Menos Presión / No presión	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
4.3	Más Flujo	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	1	D
4.4	Menos Flujo / No Flujo	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
4.5	Más Temperatura	1	1	D	1	1	D	1	2	D	1	1	D
4.6	Mas Nivel	1	1	D	1	1	D	1	3	D	1	3	D
4.7	Menos Nivel	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	1	D
4.8	Ruptura	1	3	D	1	2	D	1	2	D	1	2	D
5.1	Más presión	2	3	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D
5.2	Menos Presión / No presión	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
5.3	Menos Flujo / No Flujo	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
5.4	Más Temperatura	1	1	D	1	1	D	1	2	D	1	1	D
5.5	Ruptura	1	3	D	1	2	D	1	2	D	1	2	D
6.1	Más presión	2	3	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D
6.2	Menos Presión / No presión	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
6.3	Más Temperatura	1	1	D	1	1	D	1	2	D	1	1	D
6.4	Mas Nivel	1	1	D	1	1	D	1	3	D	1	3	D
6.5	Menos Nivel	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	1	D
6.6	Ruptura	1	3	D	1	2	D	1	2	D	1	2	D
7.1	Más presión	2	3	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D
7.2	Menos Presión / No presión	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
7.3	Alta presión diferencial	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
7.4	Más Temperatura	1	1	D	1	1	D	1	2	D	1	1	D
7.5	Mas Nivel	1	1	D	1	1	D	1	3	D	1	3	D
7.6	Ruptura	1	3	D	1	2	D	1	2	D	1	2	D
8.1	Más presión	2	3	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D
8.2	Menos Presión / No presión	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
8.3	Menos Flujo / No Flujo	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
8.4	Más Temperatura	1	1	D	1	1	D	1	2	D	1	1	D
8.5	Menos Temperatura	1	1	D	1	1	D	1	2	D	1	1	D
8.6	Mas Nivel	1	1	D	1	1	D	1	3	D	1	3	D
8.7	Menos Nivel	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	1	D
8.8	Ruptura	1	3	D	1	2	D	1	2	D	1	2	D
9.1	Más presión	2	3	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D
9.2	Menos Presión / No presión	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
9.3	Menos Flujo / No Flujo	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
9.4	Más Temperatura	1	1	D	1	1	D	1	2	D	1	1	D
9.5	Ruptura	2	4	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D
10.1	Más presión	2	4	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D
10.2	Menos Presión / No presión	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
10.3	Mas Nivel	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
10.4	Menos Nivel	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
10.5	Ruptura	2	4	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D
11.1	Más presión	2	3	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D
11.2	Menos Presión / No presión	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
11.3	Menos Flujo / No Flujo	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
11.4	Ruptura	2	4	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D

ID	Desviación	Riesgo Actual/diseño											
		Personas			Población			Med. Amb			Prod./Inst		
		F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR
12.1	Más presión	2	3	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D
12.2	Menos Presión / No presión	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
12.3	Menos Flujo / No Flujo	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
12.4	Ruptura	2	4	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D
13.1	Más presión	2	3	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D
13.2	Menos Presión / No presión	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
13.3	Menos Flujo / No Flujo	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
13.4	Ruptura	2	4	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D

F (Frecuencia), C (Consecuencia), Pe (Personal), Po (Población), IA (Impacto al Ambiente), Pr/In (Producción/Instalación), R (Riesgo), MR (Magnitud de riesgo).

Tabla 1.28.- Tabla de Jerarquización de Riesgos What If?.

ID	¿Qué pasa si?	Riesgo Inherente												Riesgo Actual											
		Personas			Población			Med. Amb			Prod./Inst			Personas			Población			Med. Amb			Prod./Inst		
		F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR	F	C	RR
1.1	Se presenta desplazamiento o movimiento de terreno (sismos).	2	3	C	2	3	C	2	3	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D
1.2	Se presenta huracán	2	3	C	2	3	C	2	3	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D

F (Frecuencia), C (Consecuencia), Pe (Personal), Po (Población), IA (Impacto al Ambiente), Pr/In (Producción/Instalación), R (Riesgo), MR (Magnitud de riesgo).

Relación de los riesgos analizados, evaluados y jerarquizados por tipo.

De las tablas “Jerarquización de Riesgos mediante Matriz de Riesgo”, presentadas anteriormente se pueden resumir los siguientes comentarios:

- Para el caso del proyecto “Planta de licuefacción de GNL, de la empresa GNL Cosala, S.A. de C.V., ubicada en fracción 2 del predio rustico Casas Viejas, El Habal, C.P.82277, municipio de Mazatlán, Sinaloa”, se encontraron 20 escenarios de riesgo ubicados en la zona de Riesgo Indeseable para el Personal y 11 para la población en la jerarquización de riesgos Inherentes, en la recalificación ya contando con las salvaguardas del proyecto estos riesgos bajaron a nivel Aceptable con controles y por lo cual se emitieron acciones de ingeniería para reducir aún más el riesgo.

- De la evaluación de jerarquización de matriz de riesgos se ha determinado que los escenarios de riesgo que se encuentran en las zonas de Riesgo Aceptable con Controles (Región Amarilla) y Riesgo Razonablemente Aceptable (Región Verde), debe de darse cumplimiento a las recomendaciones emitidas en la identificación de riesgos para evitar que la seguridad se degrade a Riesgo Indeseable (región naranja).
- Se debe mantener la integridad y confiabilidad mecánica y control de proceso, para reducir la probabilidad de que se produzcan los escenarios de fuga y/o derrame, por lo que, se debe garantizar la operación y actuación en demanda de los sistemas de emergencias a instalar o dispositivos de protección para la mitigación de las afectaciones.

1.5.2. Análisis Cuantitativo de Riesgo.

1.5.2.1. Análisis de Frecuencias

No se identificaron escenarios de importancia para este análisis.

1.5.2.2. Análisis de consecuencias.

Descripción del software Process Hazard Analysis Software Tool (PHAST).

Los escenarios de riesgo que mostraron el índice de riesgo más probable y el índice de riesgo más alto o catastrófico en la metodología What If, fueron considerados en el desarrollo de las modelaciones matemáticas de emisión de hidrocarburos. El simulador cuenta con un modelo de dispersión, el cual tiene una patente de la compañía Det Norske Veritas (DNV), para la evaluación de análisis de consecuencias por la descarga de sustancias, mismo que es aceptado por la Ocupacional Safety and Health Administration (OSHA), la United States Environmental Protection Agency (USEPA), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA). El propósito fundamental del simulador PHAST, es proporcionar al personal de planeación, métodos integrados para evaluar el riesgo de la dispersión de

fugas o un posible incendio, relacionados con la descarga de materiales peligrosos en el ambiente. El programa aumenta el conocimiento de las características de eventos y riesgos de accidentes potenciales y también proporciona las bases para la planificación de emergencias (Radios Potenciales de Afectación).

Las simulaciones de los diferentes escenarios se realizaron mediante la licencia No. S-34942, Versión 8.6.

Criterios utilizados para el análisis cuantitativo.

Para proporcionar los datos al simulador PHAST, se consultó la siguiente información con la finalidad de dar un análisis más claro e interpretar mejor los posibles riesgos evaluados:

- Planos de Instalaciones Mecánicas.
- Diagramas de tuberías e instrumentos (DTI),
- Diagramas de flujo de proceso (DFP).
- Filosofía de operación.
- Especificaciones técnicas.
- Plano de Conjunto (PLG).
- Consulta de estadísticas de accidentes por fuga o en instalaciones similares.
- Los resultados obtenidos con la aplicación de la Metodología de Riesgo HazOp (Hazard and Operability).

Datos de entrada para la simulación de los Escenarios de Riesgo.

Los datos para alimentar al Software PHAST 9.0, se realizaron conforme a lo siguiente:

- a) **Nombre del simulador utilizado:** Para el presente estudio se utilizará el Software PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool), Versión 9.0.
- b) **Nombre de la Planta o Centro de Trabajo:** Planta de licuefacción de GN.
- c) **Clave y nombre de los escenarios de riesgo:** Se utilizarán las siguientes claves y nombres para identificar los siguientes escenarios de riesgo:

En la tabla siguiente se enlistan los escenarios de riesgos seleccionados para el análisis de consecuencias.

Tabla 1.29.- Escenarios de riesgos.

Clave del escenario	Tipo de escenario	Descripción del escenario	Causa de la fuga	Vinculación con escenario en HazOp	Sustancia peligrosa	Tiempo de fuga	Inventario de fuga (kg)
COS-PLANT-GNL-PC-01	Peor caso	Ruptura catastrófica del tanque de almacenamiento de GNL con capacidad de 200 m3. al momento del evento el tanque opera a una presión de 101.5 psi y una temperatura de -163°C.	Golpe externo/Sobre presión	10.1, 10.5	GNL	600 s	89,000.0
COS-PLANT-GNL-CMP-01	Caso más probable	Fuga de gas natural en la línea 6" de entrada al sistema de pretratamiento, por orificio con DEF de 1.2" (20%), causado por corrosión, golpe o falla mecánica, al momento del evento la línea opera a 580 psi y una temperatura de 45°C.	Golpe o falla mecánica	1.1, 1.2, 1.9	Gas Natural	600 s	2,745.2
COS-PLANT-GNL-CA-01	Caso alternativo	Fuga de gas natural en la línea 6" de entrada al sistema de pretratamiento, por orificio con DEF de 6" (100%), causado por corrosión, golpe o falla mecánica, al momento del evento la línea opera a 580 psi y una temperatura de 45°C.	Corrosión, golpe o falla mecánica	1.1, 1.2, 1.9	Gas Natural	600 s	2,673.9
COS-PLANT-GNL-CA-02	Caso alternativo	Fuga de gas natural en la línea 6" de salida del sistema de filtrado de mercurio a preenfriamiento, por orificio con DEF de 1.2" (20%), causado por corrosión, golpe o falla mecánica, al momento del evento la línea opera a 536.6 psi y una temperatura de 34.7°C.	Corrosión, golpe o falla mecánica	7.1, 7.2, 7.6,	Gas Natural	600 s	1,104.9
COS-PLANT-GNL-CA-03	Caso alternativo	Fuga de gas natural en la línea 6" de salida del sistema de filtrado de mercurio a preenfriamiento, por orificio con DEF de 6" (100%), causado por corrosión, golpe o falla mecánica, al momento del evento la línea opera a 536.6 psi y una	Corrosión, golpe o falla mecánica	7.1, 7.2, 7.6,	Gas Natural	600 s	1,104.9

	ESTUDIO DE RIESGO		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

Clave del escenario	Tipo de escenario	Descripción del escenario	Causa de la fuga	Vinculación con escenario en HazOp	Sustancia peligrosa	Tiempo de fuga	Inventario de fuga (kg)
		temperatura de 34.7°C.					
COS-PLANT-GNL-CA-04	Caso alterno	Fuga de GNL en la línea 3" en el sistema de enfriamiento principal, por orificio con DEF de 0.6" (20%), causado por corrosión, golpe o falla mecánica, al momento del evento la línea opera a 521.4 psi y una temperatura de -158°C.	Corrosión, golpe o falla mecánica	8.1, 8.2, 8.8,	GNL	600 s	1,282.6
COS-PLANT-GNL-CA-05	Caso alterno	Fuga de GNL en la línea 3" en el sistema de enfriamiento principal, por orificio con DEF de 3" (100%), causado por corrosión, golpe o falla mecánica, al momento del evento la línea opera a 521.4 psi y una temperatura de -158°C.	Corrosión, golpe o falla mecánica	8.1, 8.2, 8.8,	GNL	600 s	1,282.6

* Se considerará una acción hipotética para determinar un evento que será denominado como "El Peor Caso (PC)", el cual deberá corresponder a la liberación accidental del mayor inventario del material o sustancia peligrosa contenida en un recipiente, línea de proceso o ducto.

** Se considerará una acción hipotética para determinar un evento que será denominado como "El Caso Más Probable (CMP)", el cual deberá corresponder con base en la experiencia del personal operativo, el evento de liberación accidental de un material o sustancia peligrosa, que tiene la mayor probabilidad de ocurrir.

*** Se considerará una acción hipotética para determinar un evento que será determinado como "El Caso Alterno (CA)", el cual deberá corresponder a la liberación accidental de un material o sustancia peligrosa que es simulado, pero que no corresponde al Peor Caso ni al Caso Probable.

d) Condiciones ambientales del sitio: Para todos los escenarios de riesgo se tomará la temperatura ambiente promedio de la zona, la cual es de 25.1 °C, de acuerdo con la estación meteorológica más cercana.

e) Tipo de área de localización de la instalación: Área industrial / área de proceso.

f) Condiciones meteorológicas al momento de la fuga del material o sustancia peligrosa: Para cada uno de los escenarios a simular, se tomará una velocidad del viento promedio de 1.5 m/s y la estabilidad ambiental considerada será Clase "F".

g) Material o sustancia peligrosa bajo estudio: En el presente estudio las

sustancia que podrían ser liberadas serian Gas Natural y Gas Natural Licuado (GNL).

En la siguiente tabla se muestra de forma tabular, los parámetros de temperatura, presión, humedad relativa, estabilidad atmosférica, velocidad del viento, inventario a fugar, tasa de descarga, diámetro de fuga y tiempo de fuga de todos los escenarios de riesgos considerados para la simulación de consecuencias.

Tabla 1.30.- Parámetros considerados en los escenarios para la simulación de consecuencias.

Escenarios de riesgo	Tipo de fuga	Presión (psi)	Temperatura (°C)	Humedad relativa	Velocidad del viento (m/s) y condición atmosférica de Pasquill	Flujo másico (kg/s)	Tiempo de fuga (s)	Inventario de fuga (kg)
COS-PLANT-GNL-PC-01	Ruptura catastrófica	101.5	-163	66%	1.5 F	Inmediato	600	89,000.0
COS-PLANT-GNL-CMP-01	Fuga	580	45	66%	1.5 F	4.53	600	2,745.2
COS-PLANT-GNL-CA-01	Fuga	580	45	66%	1.5 F	4.41	600	2,673.9
COS-PLANT-GNL-CA-02	Fuga	536.6	34.7	66%	1.5 F	1.8	600	1,104.9
COS-PLANT-GNL-CA-03	Fuga	536.6	34.7	66%	1.5 F	1.8	600	1,104.9
COS-PLANT-GNL-CA-04	Fuga	521.4	-158	66%	1.5 F	1.79	600	1,282.6
COS-PLANT-GNL-CA-05	Fuga	521.4	-158	66%	1.5 F	1.79	600	1,282.6

En el anexo 1.9 se ubican los reportes del simulador Phast para los escenarios enlistados en la tabla 1.30 y en el anexo 1.11 se ubican los Ortomapas de radios de afectación.

En este estudio los modelos utilizados son aplicables a las consecuencias de un accidente con una sustancia inflamable, la cual pone en riesgo a la población y el ambiente. Para describir la liberación de un material en un accidente químico con un material inflamable, se necesitan al menos tres tipos de modelos:

1. Modelo de fuente de liberación.
2. Modelo de dispersión de nube.
3. Modelo de radiación térmica y explosión

La aplicación del modelo tiene como objeto integrar las propiedades intrínsecas del material y los diversos escenarios de liberación con las condiciones ambientales particulares del sitio con el fin de conocer el comportamiento de la flama (en caso de incendio), y/o dispersión de una nube con incendio o explosión.

Los principales factores para considerar en el modelado son: inflamabilidad de la sustancia, estado físico, fuente de emisión, condiciones meteorológicas, características del sitio (topografía), y la ubicación de los receptores de interés.

En el presente análisis de consecuencias, se analizarán los siguientes eventos (tabla 1.31):

Tabla 1.31.- Clase de Eventos por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas.

Clave	Nombre	Descripción
FLAM	Flamazo (Flash Fire en el idioma inglés)	Cuando un gas o líquido inflamable con punto de inflamación bajo, es descargado a la atmósfera, se forma una nube de gas y se dispersa. Si el vapor resultante se encuentra con un punto de ignición antes de que la dilución de la nube sea menor al límite inferior de explosividad, ocurre el flamazo. Las consecuencias primarias de un flamazo son las radiaciones térmicas generadas durante el proceso de combustión. Este proceso de combustión tiene una corta duración, los daños son de baja intensidad y en ocasiones provocan un chorro de fuego en el punto de fuga.
CHOF	Chorro de fuego (Jet Fire en el idioma inglés)	Si un gas inflamable licuado o comprimido es descargado de un tanque de almacenamiento o de una tubería, el material descargado a través de un orificio o ruptura formaría una descarga a presión del tipo chorro, el cual se mezcla con el aire. Si el material entra en contacto con una fuente de ignición, ignita y entonces ocurre un chorro de fuego.
BOLF	Bola de fuego (Fire Ball en el idioma inglés)	El evento de bola de fuego resulta de la ignición de una mezcla líquido/vapor inflamable y sobrecalentada que es descargada a la atmósfera. El evento de bola de fuego ocurre frecuentemente seguido a una Explosión de Vapores en Expansión de un Líquido en Ebullición (BLEVE).
EXP	Explosión	Una explosión es una descarga de energía que causa un cambio transitorio en la densidad, presión y velocidad del aire alrededor del punto de descarga de energía. Existen explosiones físicas, que son aquellas que se originan de un fenómeno estrictamente físico como una ruptura de un tanque presurizado o un BLEVE. El otro tipo de explosiones se denominan confinadas, las cuales tienen su origen en reacciones químicas que ocurren en el interior de recipientes o edificios.
BLEVE	Explosión de Vapores en Expansión de	Ocurre cuando en forma repentina se pierde el confinamiento de un recipiente que contiene un líquido combustible sobrecalentado. La causa inicial de un BLEVE es usualmente un fuego externo impactando sobre las paredes del recipiente sobre el

Clave	Nombre	Descripción
	un Líquido en Ebullición (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)	nivel del líquido, esto hace fallar el material y permite la ruptura repentina de las paredes del tanque. Un BLEVE puede ocurrir como resultado de cualquier mecanismo que ocasione la falla repentina de un recipiente y permita que el líquido sobrecalentado se vaporice. Si el material líquido/vapor descargado es inflamable, la ignición de la mezcla puede resultar en una bola de fuego (fire ball en el idioma inglés).
VCE o UVCE (según el caso)	Explosión por una Nube de Vapor (Vapor Cloud Explosión en el idioma inglés)	Puede definirse simplemente como una explosión que ocurre en el aire y causa daños por efecto de ondas de sobrepresión. Comienza con una descarga de una gran cantidad de líquido que se evapora o gas inflamable de un tanque o tubería y se dispersa en la atmósfera, de toda la masa de gas que se dispersa, sólo una parte de esta se encuentra dentro de los límites superior e inferior de explosividad. Esa masa es la que después de encontrar una fuente de ignición genera sobrepresiones por la explosión. Este evento puede ocurrir tanto en lugares confinados como en no confinados. Cuando el evento es no confinado, se le conoce como "Explosión por una Nube de Vapor no Confinada" (UVCE - Unconfined Vapor Cloud Explosión en el idioma inglés).
NT	Nube Tóxica	En los casos en que una fuga de material tóxico no sea detectada y controlada a tiempo, se corre el riesgo de la formación de una nube (pluma) de gas tóxico que se dispersará en dirección del viento. Su concentración variará en función inversa a la distancia que recorra. Los efectos tóxicos por exposición a estos materiales dependen de la concentración del material en el aire, el tiempo de exposición y de su toxicidad.

Fuente: Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos DCO-GDOESSPA-CT-001.

Para definir las dimensiones de las zonas de seguridad alrededor de la instalación, el especialista de análisis de consecuencias debe utilizar los valores de referencia estipulados por la ASEA y los recomendados en la Guía con clave DCO-GDOESSPA-CT-001.

Zona de Alto Riesgo.

Es la distancia a partir del punto de fuga donde de acuerdo con los cálculos realizados, en caso de presentarse el evento se requiere de ejecutar acciones de combate, control y evacuación inmediatas. En la tabla 1.32 se describen los parámetros que definen a la zona de alto riesgo.

Tabla 1.32.- Parámetros que Definen la Zona de Alto de Riesgo.

Consecuencia	Descripción
Efecto de Radiación (Radiación Térmica)	*5.0 Kw/m ² (1,500 BTU/pie2hr) Nivel de radiación térmica suficiente para causar daños al personal si no se protege adecuadamente en 20 segundos, sufriendo quemaduras hasta de 2º grado sin la protección adecuada.
Efecto Explosivo	*0.070 kg/cm ² (1psi) Es la presión en la que se presenta demolición parcial de casas, quedando inhabitables.

Tóxico	IDLH (100 ppm de H ₂ S)
--------	------------------------------------

Fuente: *Guía para la elaboración del análisis de riesgos del sector hidrocarburos, ASEA.

Zona de Amortiguamiento.

Es la comprendida entre el límite de la Zona de Alto Riesgo y la distancia que, de acuerdo con los cálculos realizados, en caso de presentarse el evento se requiere tomar medidas preventivas. En la tabla 1.33 se describen los parámetros que definen a la zona de amortiguamiento.

Tabla 1.33.- Parámetros que definen la Zona de Amortiguamiento.

CONSECUENCIA	DESCRIPCIÓN
Efecto de Radiación (Radiación Térmica).	*1.4 Kw/m ² . (400 BTU/pie ² hr). Es el flujo térmico equivalente al del sol en verano y al medio día. No causará incomodidad durante exposición prolongada.
Efecto Explosivo.	*0.035 kg/cm ² (0.5 psi) Ventanas pequeñas o grandes usualmente fracturadas, daño ocasional a los marcos de las ventanas.
Tóxico	10 ppm

Fuente: *Guía para la elaboración del análisis de riesgos del sector hidrocarburos, ASEA.

Niveles de Referencia para Daño al Equipamiento y Escalamiento de los Accidentes.

Efectos de Flamazo (Flash-Fire).

Para los efectos de Flamazo no se utiliza el flujo térmico como criterio para establecer las dimensiones de la zona intermedia de seguridad. Ello está dado por las características de este evento, especialmente el corto periodo de tiempo de exposición debido a la rapidez con que ocurre este evento. La zona de afectación queda definida por las dimensiones de la nube donde ocurre el flamazo. En la tabla 1.34 se muestran los efectos por flamazo (Flash-Fire), se reflejan los daños esperados sobre las personas que se encuentran en la zona de afectación por un Flamazo.

Tabla 1.34.- Efectos de Flamazo (Flash-Fire).

Consecuencia	Descripción
Fuera del límite de la nube inflamable (1/2	Dado que este es el límite del área con inflamabilidad, no se esperan daños ni a personas ni equipamiento.

LII)	
Dentro de la nube sometidos a un contacto directo con la llama (1 LSI)	La probabilidad de muerte es muy elevada, considerada incluso del 100 % de las personas en las áreas abiertas, envueltas en la flama instantánea por inspiración de gases candentes. Las personas sufrirán quemaduras graves de 2° grado sobre una gran parte del cuerpo, la situación se agrava a quemaduras a 3° y 4° grado por la ignición de la ropa o vestidos. En el caso de personas situadas en el interior de locales, probablemente estarán protegidas –aunque sea parcialmente- de la llamarada, pero estarán expuestas a fuegos secundarios provocados por la misma o por el acceso de gases candentes del flamazo a los locales. En el caso de que la persona porte ropa de protección que no se queme, su mortalidad se reducirá al ser menor la superficie del cuerpo expuesta, pero los efectos pueden ser mortales por la inhalación de gases candentes, si no están provistos de protección respiratoria SCBA. No se esperan daños directos al equipamiento por Flash Fire.

Fuente: Phast Software Package Description.

Flujo de Radiación Térmica.

La evaluación de las zonas de daño a las instalaciones y el posible escalamiento del accidente hacia otras instalaciones se realiza en función de la intensidad y tiempo de exposición a los valores de referencia del flujo térmico y el valor del pico máximo de sobrepresión de la onda expansiva.

La selección de los niveles de referencia para la radiación térmica se basa en los estudios de vulnerabilidad de diferentes tipos de estructuras y equipos en función de la intensidad del flujo térmico y el tiempo de exposición.

De la tabla 1.35. Efectos por Radiación Térmica, se seleccionan los valores que serán utilizados para estimar las zonas de afectación, al personal, a la población, al ambiente e instalaciones.

Tabla 1.35.- Efectos por Radiación Térmica.

Radiación térmica (Kw/m ²)	Efecto observado
37.5	Suficiente para causar daños al equipamiento de proceso, el acero estructural cede en 20 min de exposición.
25	Mínimo de energía requerido para inflamar la madera en exposición larga (sin llama iniciadora).
12.5	Mínimo de energía requerido para inflamar la madera con llama iniciadora.

Radiación térmica (Kw/m ²)	Efecto observado
	Fundición de tubos plásticos. Causa quemaduras de tercer grado que producen la muerte instantánea.
9.5	Se alcanza el umbral de dolor después de 8 segundos, aparecen quemaduras de 2do. Grado después de 20 seg.
5	Suficiente para causar dolor al personal si es incapaz de ponerse a cubierto en 20 seg., ampollamiento de la piel (quemaduras de 2do grado), inhabilitación de las vías de escape. NIVEL DE REFERENCIA SEMARNAT.
1.4	No causa incomodidad para exposiciones largas. NIVEL DE REFERENCIA SEMARNAT.

Fuente: DCO-GDOESSSPA-CT-001



Valores de referencia para evaluar vulnerabilidad de las instalaciones.

Valores de referencia para definir las dimensiones de la zona intermedia de seguridad.

Nube de Vapores.

Los niveles de sobrepresión a evaluar se seleccionan tomando en cuenta la vulnerabilidad de las instalaciones, las estructuras constructivas y consecuentemente las personas que se encuentran en las mismas. Para el análisis, se toma como referencia los niveles que se dan en la tabla 1.32 parámetros que definen la zona de alto de riesgo, tabla 1.33 parámetros que definen la zona de amortiguamiento y para definir las dimensiones de la zona intermedia de seguridad y se seleccionan valores de la tabla 1.36 daños producidos por las ondas de expansivas de Explosión.

Tabla 1.36 .- Daños Producidos por las Ondas de Expansivas de Explosión.

Sobrepresión		Efecto observado
Barg	Psi	
0.0014	0.02	Ruido Audible (137 dB si es de baja frecuencia 10-15 Hz).
0.0021	0.03	Ruptura ocasional de grandes ventanas de vidrio.
0.0028	0.04	Ruido alto (143 dB), boom sónico y ruptura de vidrios.
0.0070	0.1	Ruptura de pequeñas ventanas bajo tensión.
0.0105	0.15	Presión típica para ruptura de vidrios de ventanas.
0.0207	0.3	"Distancia segura" (probabilidad 0.95 de que no se produzcan daños serios por debajo de este valor); límite de los proyectiles; algunos daños a los techos de las casas; 10 % de ruptura de las ventanas de vidrio.
0.0280	0.4	Daños estructurales menores limitados.
0.0350	0.5	Las ventanas pequeñas y grandes son aplastadas. NIVEL DE REFERENCIA DE SEMARNAT.
0.05	0.7	Daños menores a estructura de las casas.

Sobrepresión		Efecto observado
Barg	Psi	
0.07	1	Demolición parcial de casas, pueden ser inhabitables/ Las láminas de asbesto son aplastadas, fallan las uniones de paneles de acero y aluminio doblándose, los paneles vuelan. NIVEL DE REFERENCIA DE SEMARNAT.
0.14	2	Colapso parcial de muros y techos de edificaciones/ Las paredes de concreto o de bloques ligeros no reforzadas son aplastadas.
0.16	2.3	Límite inferior de los daños estructurales serios.
0.18	2.5	50 % de destrucción de los muros de ladrillo de las casas.
0.21	3	Daños ligeros a maquinarias pesadas (3000 lb) en edificios industriales. Los edificios de estructuras metálicas se distorsionan y pueden ser sacados de sus cimientos. /Los edificios de paneles de acero (con o sin marcos de refuerzo son demolidos. Ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo.
0.28	4	El revestimiento de los edificios industriales ligeros se rompe.
0.35	5	Destrucción casi completa de las casas.
0.49	7	Los vagones de ferrocarril cargados se vuelcan.
0.56	8	Los paneles de ladrillos de 8-12" de espesor, no reforzados, fallan por cortante o por flexión.
0.63	9	Carros de ferrocarril cargados son destruidos completamente.
0.70	10	Probable destrucción total de edificios, las máquinas herramientas pesadas (7000 lb) son movidas y seriamente dañadas, las máquinas herramientas muy pesadas (12,000 lb) sobreviven.
21	300	Límites de los bordes del cráter de la explosión.

Fuente: DCO-GDOESSPA-CT-001

- Valores de referencia para evaluar vulnerabilidad de las instalaciones.
- Valores de referencia para definir las dimensiones de la zona intermedia de seguridad.

Explosión de Nube de Gas no Confinada (UVCE).

La explosión de nube de vapor no confinada se presenta cuando la sustancia ha sido dispersada y se incendia a una distancia del lugar de descarga. La magnitud de la explosión depende del tamaño de la nube y de las propiedades químicas de la sustancia. Se pueden ocasionar ondas de sobrepresión. Para que la probabilidad de que ocurra una explosión de una nube de vapor no confinada se requiere que la masa en la nube de vapor fugada sea mayor o igual a 1000 kilogramos de acuerdo con la guía para Análisis de Riesgos Cuantitativos de Procesos Químicos de la AICHE, "Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, AICHE, CCPS, Second edition año 2000, paginas 157-217.

Cálculo de inventario.

Clave de escenario	COS-PLANT-GNL-PC-01			
Descripción de escenario	Ruptura catastrófica del tanque de almacenamiento de GNL con capacidad de 200 m3.			
Capacidad				
Capacidad	200	M³		
Densidad del GNL	445	kg/m³		
Inventario	89000	kg		

Clave de escenario	COS-PLANT-GNL-CMP-01			
Descripción de escenario	Fuga de gas natural en la línea 6" de entrada al sistema de pretratamiento, por orificio con DEF de 1.2" (20%), causado por corrosión, golpe o falla mecánica, al momento del evento la línea opera a 580 psi y una temperatura de 45°C.			
Densidad del gas	29.9	kg/m³		
Flujo másico (fm)*	4.53	kg/s		
Longitud de tubería	50	m		
Diámetro de tubería	6	" pulg	0.1524	m
Área transversal de la tubería	0.018241469	m²		
DEF (100%)=	1.2	" pulg	0.03048	m
Área del orificio	0.000729659	m²		
Tiempo de fuga	600	s		

Formula:

$$I F = [Fm \times t] + \left[\left(\frac{\pi d^2}{4} \right) \times D \right] \times \rho$$

$$IF = 2718 + 27.27099653$$

$$IF = 2745.270997 \text{ Kg}$$

*EL flujo másico (fm) es calculado por el software Phast.

Clave de escenario	COS-PLANT-GNL-CA-01			
Descripción de escenario	Fuga de gas natural en la línea 6" de entrada al sistema de pretratamiento, por orificio con DEF de 6" (100%), causado por corrosión, golpe o falla mecánica, al momento del evento la línea opera a 580 psi y una temperatura de 50°C.			
Densidad del gas	29.9	kg/m³		
Flujo másico (fm)*	4.411194444	kg/s		
Longitud de tubería	50	m		
Diámetro de tubería	6	" pulg	0.1524	m
Área transversal de la tubería	0.018241469	m²		
DEF (100%)=	6	" pulg	0.1524	m
Área del orificio	0.018241469	m²		
Tiempo de fuga	600	s		

Formula:

$$I F = [Fm \times t] + \left[\left\{ \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) \times D \right\} \times \rho \right]$$

$$IF = 2646.716667 + 27.27099653$$

$$IF = 2673.987663 \text{ Kg}$$

*El flujo másico se tomó del balance de materia y energía.

Clave de escenario	COS-PLANT-GNL-CA-02			
Descripción de escenario	Fuga de gas natural en la línea 6" de salida del sistema de filtrado de mercurio a preenfriamiento, por orificio con DEF de 1.2" (20%), causado por corrosión, golpe o falla mecánica, al momento del evento la línea opera a 536.6 psi y una temperatura de 34.7°C.			
Densidad del gas	27.3	kg/m³		
Flujo másico (fm)*	1.800166667	kg/s		
Longitud de tubería	50	m		
Diámetro de tubería	6	" pulg	0.1524	m
Área transversal de la tubería	0.018241469	m²		
DEF (100%)=	1.2	" pulg	0.03048	m
Área del orificio	0.000729659	m²		
Tiempo de fuga	600	s		

Formula:

$$I F = [Fm \times t] + \left[\left\{ \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) \times D \right\} \times \rho \right]$$

$$IF = 1080.1 + 24.89960552$$

$$IF = 1104.999606 \text{ Kg}$$

*El flujo másico se tomó del balance de materia y energía.

Clave de escenario	COS-PLANT-GNL-CA-03			
Descripción de escenario	Fuga de gas natural en la línea 6" de salida del sistema de filtrado de mercurio a preenfriamiento, por orificio con DEF de 6" (100%), causado por corrosión, golpe o falla mecánica, al momento del evento la línea opera a 536.6 psi y una temperatura de 34.7°C.			
Densidad del gas	27.3	kg/m ³		
Flujo másico (fm)	1.800166667	kg/s		
Longitud de tubería	50	m		
Diámetro de tubería	6	" pulg	0.1524	m
Área transversal de la tubería	0.018241469	m ²		
DEF (100%)=	6	" pulg	0.1524	m
Área del orificio	0.018241469	m ²		
Tiempo de fuga	600	s		

Formula:

$$I F = [Fm \times t] + \left[\left\{ \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) \times D \right\} \times \rho \right]$$

$$IF = 1080.1 + 24.89960552$$

$$IF = 1104.999606 \text{ Kg}$$

*El flujo másico se tomó del balance de materia y energía.

Clave de escenario	COS-PLANT-GNL-CA-04			
Descripción de escenario	Fuga de GNL en la línea 3" en el sistema de enfriamiento principal, por orificio con DEF de 0.6" (20%), causado por corrosión, golpe o falla mecánica, al momento del evento la línea opera a 521.4 psi y una temperatura de -158°C.			
Densidad del gas	450.08	kg/m³		
Flujo másico (fm)*	1.795666667	kg/s		
Longitud de tubería	100	m		
Diámetro de tubería	3	" pulg	0.0762	m
Área transversal de la tubería	0.004560367	m²		
DEF (100%)=	0.6	" pulg	0.01524	m
Área del orificio	0.000182415	m²		
Tiempo de fuga	600	s		

Formula:

$$I F = [Fm \times t] + \left[\left\{ \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) \times D \right\} \times \rho \right]$$

$$IF = 1077.4 + 205.253012$$

$$IF = 1282.653012 \text{ Kg}$$

*El flujo másico se tomó del balance de materia y energía.

Clave de escenario	COS-PLANT-GNL-CA-05			
Descripción de escenario	Fuga de GNL en la línea 3" en el sistema de enfriamiento principal, por orificio con DEF de 3" (100%), causado por corrosión, golpe o falla mecánica, al momento del evento la línea opera a 521.4 psi y una temperatura de -158°C.			
Densidad del gas	450.08	kg/m³		
Flujo másico (fm)*	1.795666667	kg/s		
Longitud de tubería	100	m		
Diámetro de tubería	3	" pulg	0.0762	m
Área transversal de la tubería	0.004560367	m²		
DEF (100%)=	3	" pulg	0.0762	m
Área del orificio	0.004560367	m²		
Tiempo de fuga	600	s		

Formula:

$$I F = [Fm \times t] + \left[\left\{ \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) \times D \right\} \times \rho \right]$$

$$IF = 1077.4 + 205.253012$$

$$IF = 1282.653012 \text{ Kg}$$

*El flujo másico se tomó del balance de materia y energía.

A continuación, se presentan los eventos de riesgo y zonas de afectación determinados con el simulador PHAST 9.0 (tabla 1.37).

Tabla 1.37.- Resultados obtenidos de las simulaciones.

		RADIOS DE AFECTACIÓN (m)											
		TOXICIDAD			RADIACIÓN				SOBREPRESIÓN				FLASHFIRE (Flamazo)
		10 ppm	15 ppm	100 ppm	1.4 kW/m²	5 kW/m²	12.5 kW/m²	37.5 kW/m²	0.5 PSI	1.0 PSI	3.0 PSI	10.0 PSI	0.5 LFL
													1.0 LFL
COS-PLANT-GNL-PC-01	TOXICIDAD												
	FIRE BALL (BOLF)												
	EARLY POOL FIRE (CHAF E)												
	LATE POOL FIRE (CHAF L)				761.1	440.3	290.3	154.4					
	JETFIRE (CHOF)												
	FLASH FIRE (FLAM)												693.6
	EXPLOSIÓN (VCE)								1909.0	1208.6	776.9	684.9	428.5
COS-PLANT-GNL-CMP-01	TOXICIDAD												
	FIRE BALL (BOLF)												
	EARLY POOL FIRE (CHAF E)												
	LATE POOL FIRE (CHAF L)												
	JETFIRE (CHOF)				44.0	32.6	27.6	22.5					
	FLASH FIRE (FLAM)												29.2
	EXPLOSIÓN (VCE)								74.1	53.8	39.0	33.7	ND
COS-PLANT-GNL-CA-01	TOXICIDAD												
	FIRE BALL (BOLF)												
	EARLY POOL FIRE (CHAF E)												
	LATE POOL FIRE (CHAF L)												
	JETFIRE (CHOF)				231.6	159.3	126.9	97.59					
	FLASH FIRE (FLAM)												191.9
	EXPLOSIÓN (VCE)								467.9	335.6	238.9	206.3	97.3
COS-PLANT-GNL-CA-02	TOXICIDAD												
	FIRE BALL (BOLF)												
	EARLY POOL FIRE (CHAF E)												
	LATE POOL FIRE (CHAF L)												
	JETFIRE (CHOF)				43.2	32.0	27.1	22.0					
	FLASH FIRE (FLAM)												28.9
	EXPLOSIÓN (VCE)								73.7	53.6	38.9	33.7	ND

		RADIOS DE AFECTACIÓN (m)												
		TOXICIDAD			RADIACIÓN				SOBREPRESIÓN				FLASHFIRE (Flamazo)	
		10 ppm	15 ppm	100 ppm	1.4 kW/m²	5 kW/m²	12.5 kW/m²	37.5 kW/m²	0.5 PSI	1.0 PSI	3.0 PSI	10.0 PSI	0.5 LFL	1.0 LFL
COS-PLANT-GNL-CA-03	TOXICIDAD													
	FIRE BALL (BOLF)				377.5	208.3	134.3	76.9						
	EARLY POOL FIRE (CHAF E)													
	LATE POOL FIRE (CHAF L)													
	JETFIRE (CHOF)				227.1	156.1	124.2	95.5						
	FLASH FIRE (FLAM)												88.8	152.8
	EXPLOSIÓN (VCE)								425.4	294.2	198.4	166.8		
COS-PLANT-GNL-CA-04	TOXICIDAD													
	FIRE BALL (BOLF)													
	EARLY POOL FIRE (CHAF E)													
	LATE POOL FIRE (CHAF L)													
	JETFIRE (CHOF)				78.73	58.9	49.4	41.4						
	FLASH FIRE (FLAM)												124.4	57.2
	EXPLOSIÓN (VCE)								277.8	205.3	152.3	133.3		
COS-PLANT-GNL-CA-05	TOXICIDAD													
	FIRE BALL (BOLF)				163.4	89.4	57.2	32.5						
	EARLY POOL FIRE (CHAF E)													
	LATE POOL FIRE (CHAF L)													
	JETFIRE (CHOF)				334.3	246.9	206.3	169.7						
	FLASH FIRE (FLAM)												169.6	133.4
	EXPLOSIÓN (VCE)								665.5	438.6	465.5	203.7		

De acuerdo con los eventos simulados y a los radios de afectación obtenidos, los riesgos más probables y casos alternos serían los que causarían menores consecuencias y pueden ser causados por fallas mecánicas durante la vida útil o en actividades de mantenimiento (disminución de espesores en las tuberías, pérdida de la protección anticorrosiva, fallas en soldaduras, conexiones, etc.); para los peores casos en donde la consecuencia es catastrófica se debe a rupturas totales de líneas las cuales pueden ser generadas por golpes externos o por sobrepresión en la línea o recipiente.

	ESTUDIO DE RIESGO INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA	
---	--	---

En el **Anexo “1.9”** se muestran los resultados obtenidos mediante las simulaciones con el Software PHAST. En el **Anexo “1.11”** se incluyen los ortomapas de localización, donde se indican los radios de afectación (zonas de alto riesgo y zonas de amortiguamiento) para los eventos de explosividad e inflamabilidad.

1.6. REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES.

En el **Anexo “1.9”** se muestran los resultados obtenidos mediante las simulaciones con el Software PHAST para los eventos de fuga y ruptura. En el **Anexo “1.11”** se incluyen los diagramas donde se indican los radios de afectación (zona de alto riesgo y zona de amortiguamiento) para los eventos de fuga de gas natural, fuga de GNL y sus efectos por radiación térmica y explosión. En la Figura 1.11 se muestra un ejemplo de los ortomapas de radios de afectación.

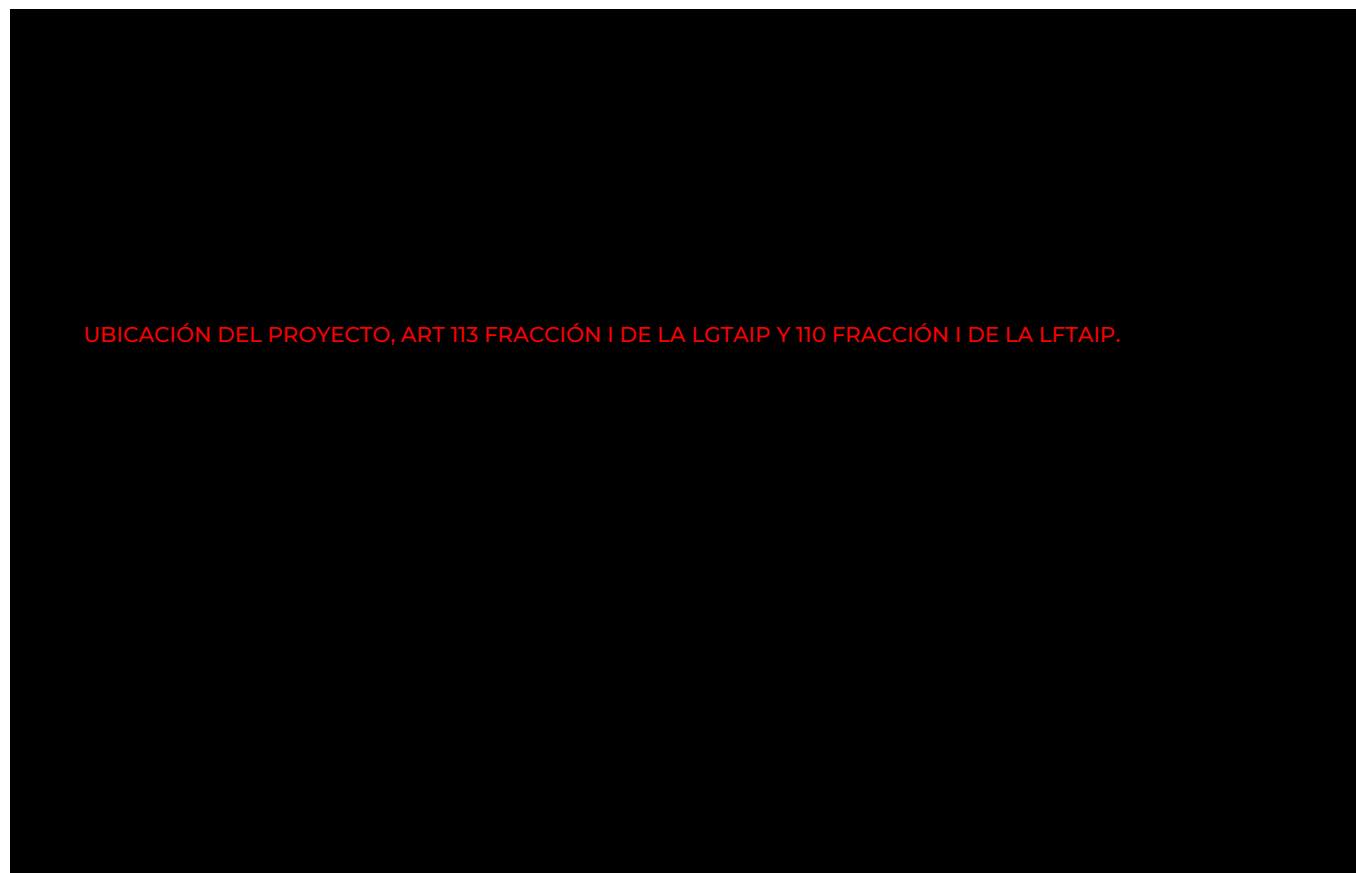


Figura 1.11.- Ejemplo de la representación de los radios potenciales de afectación

1.7. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIÓN DE RIESGO.

En la siguiente tabla se describen las afectaciones a los posibles receptores de riesgo (**población, medio ambiente**, personal e instalaciones/producción); para las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento:

Tabla 1.38.- Descripción de los posibles receptores de riesgo (zonas vulnerables).

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona ⁽²⁾	Descripción de la afectación	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
COS-PLANT-GNL-PC-01	Población	Radiación	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan centros de población,	1.- Sistema Básico de Control de Procesos (SBCP). 2.- Sistema de Paro por Emergencias (ESD). 3.- Válvulas de corte SDV en la entrada de cada tanque. 4.- Alarma por bajo flujo en cuarto de control con acción del operador. 5.- Sistema de Control Distribuido (DCS) 6.- Sistema de detección de Gas & Fuego. 7.- Sistema contraincendio. 8.- Dique de contención 9.- Protección física perimetral.	1.- Elaborar el Plan de Respuestas a Emergencias. 2.- Realizar pruebas pre-operativas (certificados de calidad de los materiales; informes de resultados de: pruebas de hermeticidad, ensayos no destructivos (ultrasonido, rayos X, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.), pruebas de aislamiento térmico, pruebas de conductividad en circuitos eléctricos-electrónicos, pruebas de resistividad en los sistemas de tierra física, pruebas de confiabilidad en los sistemas de seguridad; aplicación de la RSPA). 9.- Configurar alarma por baja presión en tanques de almacenamiento de GNL.
			Amortiguamiento	No se esperan afectaciones con este nivel de radiación.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan centros de población. A este nivel de sobrepresión provoca demolición parcial de las casas habitación, quedan inhabitables. Provoca el 1% de ruptura de tímpanos y el 1% de heridas serias por proyectiles.		
			Amortiguamiento	No se esperan afectaciones con este nivel de afectación.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	No existe riesgo por dispersión tóxica		
			Amortiguamiento	No existe riesgo por dispersión tóxica		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Afectación a flora y fauna dentro del radio, afectación por radiación térmica. (no se encontraron especies protegidas)		
			Amortiguamiento	No hay afectaciones		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Afectación a flora y fauna dentro del radio. (no se encontraron especies protegidas)		
			Amortiguamiento	No hay afectaciones		
		Toxicidad	No existe riesgo por dispersión tóxica	No existe riesgo por dispersión tóxica		
			No existe riesgo por dispersión tóxica	No existe riesgo por dispersión tóxica		

	ESTUDIO DE RIESGO		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona ⁽²⁾	Descripción de la afectación	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
COS-PLANT-GNL-CMP-01	Población	Radiación	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan centros de población,	1.- Sistema Básico de Control de Procesos (SBCP). 2.- Sistema de Paro por Emergencias (ESD). 3.- Alarmas por alta presión en cuarto de control con acción del operador. 4.- Transmisor Indicador de presión diferencial (PDIT) en F-101. 5.- Sistema de desfogue (PCV-1002). 6.- Válvula de alivio PSV-1001. 7.- Sistema de Control Distribuido (DCS) 8.- Sistema de detección de Gas & Fuego. 9.- Sistema contraincendio. 10.- Alarma por bajo flujo en cuarto de control con acción del operador. 11.- Personal capacitado y adiestrado.	1.- Elaborar el Plan de Respuestas a Emergencias. 2.- Realizar pruebas pre-operativas (certificados de calidad de los materiales; informes de resultados de: pruebas de hermeticidad, ensayos no destructivos (ultrasonido, rayos X, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.), pruebas de aislamiento térmico, pruebas de conductividad en circuitos eléctricos-electrónicos, pruebas de resistividad en los sistemas de tierra física, pruebas de confiabilidad en los sistemas de seguridad; aplicación de la RSPA).
			Amortiguamiento	No se esperan afectaciones con este nivel de radiación.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan centros de población. A este nivel de sobrepresión provoca demolición parcial de las casas habitación, quedan inhabitables. Provoca el 1% de ruptura de tímpanos y el 1% de heridas serias por proyectiles.		
			Amortiguamiento	No se esperan afectaciones con este nivel de afectación.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	No existe riesgo por dispersión tóxica		
			Amortiguamiento	No existe riesgo por dispersión tóxica		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan zonas de vegetación y faunísticas.		
			Amortiguamiento	No hay afectaciones		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan zonas de vegetación y faunísticas.		
			Amortiguamiento	No hay afectaciones		
		Toxicidad	No existe riesgo por dispersión tóxica	No existe riesgo por dispersión tóxica		

	ESTUDIO DE RIESGO		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona ⁽²⁾	Descripción de la afectación	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
COS-PLANT-GNL-CA-01	Población	Radiación	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan centros de población,	1.- Sistema Básico de Control de Procesos (SBCP). 2.- Sistema de Paro por Emergencias (ESD). 3.- Alarmas por alta presión en cuarto de control con acción del operador. 4.- Transmisor Indicador de presión diferencial (PDIT) en F-101. 5.- Sistema de desfogue (PCV-1002). 6.- Válvula de alivio PSV-1001. 7.- Sistema de Control Distribuido (DCS) 8.- Sistema de detección de Gas & Fuego. 9.- Sistema contraincendio. 10.- Alarma por bajo flujo en cuarto de control con acción del operador. 11.- Personal capacitado y adiestrado.	1.- Elaborar el Plan de Respuestas a Emergencias. 2.- Realizar pruebas pre-operativas (certificados de calidad de los materiales; informes de resultados de: pruebas de hermeticidad, ensayos no destructivos (ultrasonido, rayos X, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.), pruebas de aislamiento térmico, pruebas de conductividad en circuitos eléctricos-electrónicos, pruebas de resistividad en los sistemas de tierra física, pruebas de confiabilidad en los sistemas de seguridad; aplicación de la RSPA).
			Amortiguamiento	No se esperan afectaciones con este nivel de radiación.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan centros de población. A este nivel de sobrepresión provoca demolición parcial de las casas habitación, quedan inhabitables. Provoca el 1% de ruptura de tímpanos y el 1% de heridas serias por proyectiles.		
			Amortiguamiento	No se esperan afectaciones con este nivel de afectación.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	No existe riesgo por dispersión tóxica		
			Amortiguamiento	No existe riesgo por dispersión tóxica		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Afectación a flora y fauna dentro del radio, afectación por radiación térmica, incendio		
			Amortiguamiento	No hay afectaciones		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Afectación a flora y fauna dentro del radio.		
			Amortiguamiento	No hay afectaciones		
		Toxicidad	No existe riesgo por dispersión tóxica	No existe riesgo por dispersión tóxica		
			No existe riesgo por dispersión tóxica	No existe riesgo por dispersión tóxica		
		Toxicidad	No existe riesgo por dispersión tóxica	No existe riesgo por dispersión tóxica		
			No existe riesgo por dispersión tóxica	No existe riesgo por dispersión tóxica		

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona ⁽²⁾	Descripción de la afectación	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
COS-PLANT-GNL-CA-02	Población	Radiación	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan centros de población,	1.- Sistema Básico de Control de Procesos (SBCP). 2.- Transmisor indicador de presión (PIT-3001/PIT-3002). 3.- Indicador de presión diferencial PDI-3001. 4.- Válvula de seguridad PSV-3001. 5.- Alarma por alta presión diferencial PDAH, en cuarto de control. 6.- Alarma de posición baja (ZAL) de la válvula KV. 7.- Alarma por alta presión (PAH/PAHH) en cuarto de control con acción del operador. 8.- Válvula de seguridad PSV-3102. 9.- Transmisor indicador de presión (PIT-4001A). 10.- Alarma por alta presión (PAHH/PAH) 11.- Sistema de detección de Gas & Fuego. 12.- Sistema contraincendio.	1.- Elaborar el Plan de Respuestas a Emergencias. 2.- Realizar pruebas pre-operativas (certificados de calidad de los materiales; informes de resultados de: pruebas de hermeticidad, ensayos no destructivos (ultrasonido, rayos X, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.), pruebas de aislamiento térmico, pruebas de conductividad en circuitos eléctricos-electrónicos, pruebas de resistividad en los sistemas de tierra física, pruebas de confiabilidad en los sistemas de seguridad; aplicación de la RSPA).
			Amortiguamiento	No se esperan afectaciones con este nivel de radiación.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan centros de población. A este nivel de sobrepresión provoca demolición parcial de las casas habitación, quedan inhabitables. Provoca el 1% de ruptura de tímpanos y el 1% de heridas serias por proyectiles.		
			Amortiguamiento	No se esperan afectaciones con este nivel de afectación.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	No existe riesgo por dispersión tóxica		
			Amortiguamiento	No existe riesgo por dispersión tóxica		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan zonas de vegetación y faunísticas.		
			Amortiguamiento	No hay afectaciones		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan zonas de vegetación y faunísticas.		
			Amortiguamiento	No hay afectaciones		
		Toxicidad	No existe riesgo por dispersión tóxica	No existe riesgo por dispersión tóxica		

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona ⁽²⁾	Descripción de la afectación	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
COS-PLANT-GNL-CA-03	Población	Radiación	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan centros de población,	1.- Sistema Básico de Control de Procesos (SBCP). 2.- Transmisor indicador de presión (PIT-3001/PIT-3002). 3.- Indicador de presión diferencial PDI-3001. 4.- Válvula de seguridad PSV-3001. 5.- Alarma por alta presión diferencial PDAH, en cuarto de control. 6.- Alarma de posición baja (ZAL) de la válvula KV. 7.- Alarma por alta presión (PAH/PAHH) en cuarto de control con acción del operador. 8.- Válvula de seguridad PSV-3102. 9.- Transmisor indicador de presión (PIT-4001A). 10.- Alarma por alta presión (PAHH/PAH) 11.- Sistema de detección de Gas & Fuego. 12.- Sistema contraincendio.	1.- Elaborar el Plan de Respuestas a Emergencias. 2.- Realizar pruebas pre-operativas (certificados de calidad de los materiales; informes de resultados de: pruebas de hermeticidad, ensayos no destructivos (ultrasonido, rayos X, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.), pruebas de aislamiento térmico, pruebas de conductividad en circuitos eléctricos-electrónicos, pruebas de resistividad en los sistemas de tierra física, pruebas de confiabilidad en los sistemas de seguridad; aplicación de la RSPA).
			Amortiguamiento	No se esperan afectaciones con este nivel de radiación.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan centros de población. A este nivel de sobrepresión provoca demolición parcial de las casas habitación, quedan inhabitables. Provoca el 1% de ruptura de tímpanos y el 1% de heridas serias por proyectiles.		
			Amortiguamiento	No se esperan afectaciones con este nivel de afectación.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	No existe riesgo por dispersión tóxica		
			Amortiguamiento	No existe riesgo por dispersión tóxica		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Afectación a flora y fauna dentro del radio, afectación por radiación térmica, incendio		
			Amortiguamiento	No hay afectaciones		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Afectación a flora y fauna dentro del radio.		
			Amortiguamiento	No hay afectaciones		
		Toxicidad	No existe riesgo por dispersión tóxica	No existe riesgo por dispersión tóxica		
			No existe riesgo por dispersión tóxica	No existe riesgo por dispersión tóxica		

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona ⁽²⁾	Descripción de la afectación	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
COS-PLANT-GNL-CA-04	Población	Radiación	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan centros de población.	1.- Sistema Básico de Control de Procesos (SBCP). 2.- Sistema de Paro por Emergencias (ESD). 3.- Alarmas por baja presión en cuarto de control con acción del operador. 4.- Alarmas por alta presión PAH/PAHH en cuarto de control con acción del operador. 5.- Alarma por bajo flujo en cuarto de control con acción del operador. 6.- Sistema de Control Distribuido (DCS) 7.- Sistema de detección de Gas & Fuego. 8.- Sistema contraincendio.	1.- Elaborar el Plan de Respuestas a Emergencias. 2.- Realizar pruebas pre-operativas (certificados de calidad de los materiales; informes de resultados de: pruebas de hermeticidad, ensayos no destructivos (ultrasonido, rayos X, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.), pruebas de aislamiento térmico, pruebas de conductividad en circuitos eléctricos-electrónicos, pruebas de resistividad en los sistemas de tierra física, pruebas de confiabilidad en los sistemas de seguridad; aplicación de la RSPA).
			Amortiguamiento	No se esperan afectaciones con este nivel de radiación.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan centros de población. A este nivel de sobrepresión provoca demolición parcial de las casas habitación, quedan inhabitables. Provoca el 1% de ruptura de tímpanos y el 1% de heridas serias por proyectiles.		
			Amortiguamiento	No se esperan afectaciones con este nivel de afectación.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	No existe riesgo por dispersión tóxica		
			Amortiguamiento	No existe riesgo por dispersión tóxica		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan zonas de vegetación y faunísticas.		
			Amortiguamiento	No hay afectaciones		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan zonas de vegetación y faunísticas.		
			Amortiguamiento	No hay afectaciones		
		Toxicidad	No existe riesgo por dispersión tóxica	No existe riesgo por dispersión tóxica		
			No existe riesgo por dispersión tóxica	No existe riesgo por dispersión tóxica		

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona ⁽²⁾	Descripción de la afectación	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
COS-PLANT-GNL-CA-05	Población	Radiación	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan centros de población,	1.- Sistema Básico de Control de Procesos (SBCP). 2.- Sistema de Paro por Emergencias (ESD). 3.- Alarmas por baja presión en cuarto de control con acción del operador. 4.- Alarmas por alta presión PAH/PAHH en cuarto de control con acción del operador. 5.- Alarma por bajo flujo en cuarto de control con acción del operador. 6.- Sistema de Control Distribuido (DCS) 7.- Sistema de detección de Gas & Fuego. 8.- Sistema contraincendio.	1.- Elaborar el Plan de Respuestas a Emergencias. 2.- Realizar pruebas pre-operativas (certificados de calidad de los materiales; informes de resultados de: pruebas de hermeticidad, ensayos no destructivos (ultrasonido, rayos X, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.), pruebas de aislamiento térmico, pruebas de conductividad en circuitos eléctricos-electrónicos, pruebas de resistividad en los sistemas de tierra física, pruebas de confiabilidad en los sistemas de seguridad; aplicación de la RSPA).
			Amortiguamiento	No se esperan afectaciones con este nivel de radiación.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan centros de población. A este nivel de sobrepresión provoca demolición parcial de las casas habitación, quedan inhabitables. Provoca el 1% de ruptura de tímpanos y el 1% de heridas serias por proyectiles.		
			Amortiguamiento	No se esperan afectaciones con este nivel de afectación.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	No existe riesgo por dispersión tóxica		
			Amortiguamiento	No existe riesgo por dispersión tóxica		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan zonas de vegetación y faunísticas.		
			Amortiguamiento	No hay afectaciones		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Los radios no alcanzan zonas de vegetación y faunísticas.		
			Amortiguamiento	No hay afectaciones		
		Toxicidad	No existe riesgo por dispersión tóxica	No existe riesgo por dispersión tóxica		
			No existe riesgo por dispersión tóxica	No existe riesgo por dispersión tóxica		

	ESTUDIO DE RIESGO: INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA	
---	---	---

1.8.INTERACCIONES DE RIESGO.

El estudio de ubicación segura se realiza aplicando los resultados del Análisis de Consecuencias para determinar la vulnerabilidad de las áreas donde se realizará el proyecto como se muestra en la tabla siguiente:

	ESTUDIO DE RIESGO		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

Tabla 1.39.- Interacciones de riesgos.

Clave del escenario	Equipo donde se presenta la fuga simulada	Sustancia involucrada	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de afectación (m)	Equipo presente en el radio de afectación	Distancias de los equipos al punto de fuga	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
COS-PLANT-GNL-PC-01	Tanque de almacenamiento de GNL de 200 m3	Gas Natural Licuado (GNL)	Alto riesgo en equipos	Radiación	154.4	Tanques de almacenamiento de GNL. Tuberías de proceso	En un radio de 100 m	1.- Sistema Básico de Control de Procesos (SBCP). 2.- Sistema de Paro por Emergencias (ESD). 3.- Válvulas de corte SDV en la entrada de cada tanque. 4.- Alarma por bajo flujo en cuarto de control con acción del operador. 5.- Sistema de Control Distribuido (DCS) 6.- Sistema de detección de Gas & Fuego. 7.- Sistema contraincendio. 8.- Dique de contención 9.- Protección física perimetral.	1.- Elaborar el Plan de Respuestas a Emergencias. 2.- Realizar pruebas pre-operativas (certificados de calidad de los materiales; informes de resultados de: pruebas de hermeticidad, ensayos no destructivos (ultrasonido, rayos X, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.), pruebas de aislamiento térmico, pruebas de conductividad en circuitos eléctricos-electrónicos, pruebas de resistividad en los sistemas de tierra física, pruebas de confiabilidad en los sistemas de seguridad; aplicación de la RSPA). 9.- Configurar alarma por baja presión en tanques de almacenamiento de GNL.
				Sobrepresión	684.9	Tanques de almacenamiento de GNL. Tuberías de proceso Equipo críticos.	En un radio de 100 m		
			Alto riesgo	Radiación	440.3	Tanques de almacenamiento de GNL. Tuberías de proceso Equipo críticos.	En un radio de 100 m		
				Sobrepresión	1208.6	Tanques de almacenamiento de GNL. Tuberías de proceso Equipo críticos.	En un radio de 100 m		

	ESTUDIO DE RIESGO		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

Clave del escenario	Equipo donde se presenta la fuga simulada	Sustancia involucrada	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de afectación (m)	Equipo presente en el radio de afectación	Distancias de los equipos al punto de fuga	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
COS-PLANT-GNL-CMP-01	Línea 6" de entrada al sistema de pretratamiento	Gas Natural	Alto riesgo en equipos	Radiación	22.5	Tuberías de proceso	En un radio de 20 m	1.- Sistema Básico de Control de Procesos (SBCP).	1.- Elaborar el Plan de Respuestas a Emergencias. 2.- Realizar pruebas pre-operativas (certificados de calidad de los materiales; informes de resultados de: pruebas de hermeticidad, ensayos no destructivos (ultrasonido, rayos X, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.), pruebas de aislamiento térmico, pruebas de conductividad en circuitos eléctricos-electrónicos, pruebas de resistividad en los sistemas de tierra física, pruebas de confiabilidad en los sistemas de seguridad; aplicación de la RSPA).
				Sobrepresión	33.7	Tuberías de proceso	En un radio de 20 m	2.- Sistema de Paro por Emergencias (ESD).	
			Alto riesgo	Radiación	32.6	Tuberías de proceso	En un radio de 20 m	3.- Alarmas por alta presión en cuarto de control con acción del operador.	
				Sobrepresión	53.8	Tuberías de proceso	En un radio de 20 m	4.- Alarmas por baja presión en cuarto de control con acción del operador. 5.- Alarma por bajo flujo en cuarto de control con acción del operador. 6.- Transmisor Indicador de presión diferencial (PDIT) en F-101. 7.- Sistema de desfogue (PCV-1002). 8.- Válvula de alivio PSV-1001. 9.- Sistema de Control Distribuido (DCS) 10.- Sistema de detección de Gas & Fuego. 11.- Sistema contra incendio.	

	ESTUDIO DE RIESGO		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

Clave del escenario	Equipo donde se presenta la fuga simulada	Sustancia involucrada	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de afectación (m)	Equipo presente en el radio de afectación	Distancias de los equipos al punto de fuga	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
COS-PLANT-GNL-CA-01	Línea 6" de entrada al sistema de pretratamiento	Gas Natural	Alto riesgo en equipos	Radiación	97.59	Tuberías de proceso	En un radio de 20 m	1.- Sistema Básico de Control de Procesos (SBCP).	1.- Elaborar el Plan de Respuestas a Emergencias. 2.- Realizar pruebas pre-operativas (certificados de calidad de los materiales; informes de resultados de: pruebas de hermeticidad, ensayos no destructivos (ultrasonido, rayos X, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.), pruebas de aislamiento térmico, pruebas de conductividad en circuitos eléctricos-electrónicos, pruebas de resistividad en los sistemas de tierra física, pruebas de confiabilidad en los sistemas de seguridad; aplicación de la RSPA).
				Sobrepresión	206.3	Tuberías de proceso	En un radio de 20 m	2.- Sistema de Paro por Emergencias (ESD).	
			Alto riesgo	Radiación	159.3	Tuberías de proceso	En un radio de 20 m	3.- Alarmas por alta presión en cuarto de control con acción del operador.	
				Sobrepresión	335.6	Tuberías de proceso	En un radio de 20 m	4.- Alarmas por baja presión en cuarto de control con acción del operador. 5.- Alarma por bajo flujo en cuarto de control con acción del operador. 6.- Transmisor Indicador de presión diferencial (PDIT) en F-101. 7.- Sistema de desfogue (PCV-1002). 8.- Válvula de alivio PSV-1001. 9.- Sistema de Control Distribuido (DCS) 10.- Sistema de detección de Gas & Fuego. 11.- Sistema contra incendio.	

	ESTUDIO DE RIESGO		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

Clave del escenario	Equipo donde se presenta la fuga simulada	Sustancia involucrada	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de afectación (m)	Equipo presente en el radio de afectación	Distancias de los equipos al punto de fuga	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
COS-PLANT-GNL-CA-02	Línea 6" de salida del sistema de filtrado de mercurio a preenfriamiento	Gas Natural	Alto riesgo en equipos	Radiación	22	Tuberías de proceso	En un radio de 20 m	1.- Sistema Básico de Control de Procesos (SBCP).	1.- Elaborar el Plan de Respuestas a Emergencias. 2.- Realizar pruebas pre-operativas (certificados de calidad de los materiales; informes de resultados de: pruebas de hermeticidad, ensayos no destructivos (ultrasonido, rayos X, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.), pruebas de aislamiento térmico, pruebas de conductividad en circuitos eléctricos-electrónicos, pruebas de resistividad en los sistemas de tierra física, pruebas de confiabilidad en los sistemas de seguridad; aplicación de la RSPA).
				Sobrepresión	33.7	Tuberías de proceso	En un radio de 20 m	2.- Transmisor indicador de presión (PIT-3001/PIT-3002).	
			Alto riesgo	Radiación	32	Tuberías de proceso	En un radio de 20 m	3.- Indicador de presión diferencial PDI-3001.	
				Sobrepresión	53.6	Tuberías de proceso	En un radio de 20 m	4.- Válvula de seguridad PSV-3001.	
								5.- Alarma por alta presión diferencial PDAH, en cuarto de control.	
								6.- Alarma de posición baja (ZAL) de la válvula KV.	
								7.- Alarma por alta presión (PAH/PAHH) en cuarto de control con acción del operador.	
								8.- Válvula de seguridad PSV-3102.	
								9.- Transmisor indicador de presión (PIT-4001A).	
								10.- Alarma por alta presión (PAHH/PAH)	
								11.- Sistema de detección de Gas & Fuego.	
								12.- Sistema contraincendio.	

	ESTUDIO DE RIESGO		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

Clave del escenario	Equipo donde se presenta la fuga simulada	Sustancia involucrada	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de afectación (m)	Equipo presente en el radio de afectación	Distancias de los equipos al punto de fuga	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
COS-PLANT-GNL-CA-03	Línea 6" de salida del sistema de filtrado de mercurio a preenfriamiento	Gas Natural	Alto riesgo en equipos	Radiación	95.5	Tanques de almacenamiento de GNL. Tuberías de proceso	En un radio de 100 m	1.- Sistema Básico de Control de Procesos (SBCP). 2.- Transmisor indicador de presión (PIT-3001/PIT-3002).	1.- Elaborar el Plan de Respuestas a Emergencias. 2.- Realizar pruebas pre-operativas (certificados de calidad de los materiales; informes de resultados de: pruebas de hermeticidad, ensayos no destructivos (ultrasonido, rayos X, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.), pruebas de aislamiento térmico, pruebas de conductividad en circuitos eléctricos-electrónicos, pruebas de resistividad en los sistemas de tierra física, pruebas de confiabilidad en los sistemas de seguridad; aplicación de la RSPA).
				Sobrepresión	166.8	Tanques de almacenamiento de GNL. Tuberías de proceso Equipos críticos.	En un radio de 100 m	3.- Indicador de presión diferencial PDI-3001. 4.- Válvula de seguridad PSV-3001. 5.- Alarma por alta presión diferencial PDAH, en cuarto de control.	
			Alto riesgo	Radiación	208.3	Tanques de almacenamiento de GNL. Tuberías de proceso Equipos críticos.	En un radio de 100 m	6.- Alarma de posición baja (ZAL) de la válvula KV. 7.- Alarma por alta presión (PAH/PAHH) en cuarto de control con acción del operador.	
				Sobrepresión	294.2	Tanques de almacenamiento de GNL. Tuberías de proceso Equipos críticos.	En un radio de 100 m	8.- Válvula de seguridad PSV-3102. 9.- Transmisor indicador de presión (PIT-4001A). 10.- Alarma por alta presión (PAHH/PAH) 11.- Sistema de detección de Gas & Fuego. 12.- Sistema contraincendio.	

	ESTUDIO DE RIESGO		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

Clave del escenario	Equipo donde se presenta la fuga simulada	Sustancia involucrada	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de afectación (m)	Equipo presente en el radio de afectación	Distancias de los equipos al punto de fuga	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
COS-PLANT-GNL-CA-04	Línea 3" en el sistema de enfriamiento principal	Gas Natural Licuado (GNL)	Alto riesgo en equipos	Radiación	41.4	Tanques de almacenamiento de GNL. Tuberías de proceso	En un radio de 100 m	1.- Sistema Básico de Control de Procesos (SBCEP). 2.- Sistema de Paro por Emergencias (ESD). 3.- Alarmas por baja presión en cuarto de control con acción del operador. 4.- Alarmas por alta presión PAH/PAHH en cuarto de control con acción del operador. 5.- Alarma por bajo flujo en cuarto de control con acción del operador. 6.- Sistema de Control Distribuido (DCS) 7.- Sistema de detección de Gas & Fuego. 8.- Sistema contraincendio.	1.- Elaborar el Plan de Respuestas a Emergencias. 2.- Realizar pruebas pre-operativas (certificados de calidad de los materiales; informes de resultados de: pruebas de hermeticidad, ensayos no destructivos (ultrasonido, rayos X, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.), pruebas de aislamiento térmico, pruebas de conductividad en circuitos eléctricos-electrónicos, pruebas de resistividad en los sistemas de tierra física, pruebas de confiabilidad en los sistemas de seguridad; aplicación de la RSPA).
				Sobrepresión	133.3	Tanques de almacenamiento de GNL. Tuberías de proceso Equipos críticos.	En un radio de 100 m		
			Alto riesgo	Radiación	58.9	Tanques de almacenamiento de GNL. Tuberías de proceso Equipos críticos.	En un radio de 100 m		
				Sobrepresión	205.3	Tanques de almacenamiento de GNL. Tuberías de proceso Equipos críticos.	En un radio de 100 m		

	ESTUDIO DE RIESGO		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

Clave del escenario	Equipo donde se presenta la fuga simulada	Sustancia involucrada	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de afectación (m)	Equipo presente en el radio de afectación	Distancias de los equipos al punto de fuga	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
COS-PLANT-GNL-CA-05	Línea 3" en el sistema de enfriamiento principal	Gas Natural Licuado (GNL)	Alto riesgo en equipos	Radiación	169.7	Tanques de almacenamiento de GNL. Tuberías de proceso	En un radio de 100 m	1.- Sistema Básico de Control de Procesos (SBCEP). 2.- Sistema de Paro por Emergencias (ESD). 3.- Alarmas por baja presión en cuarto de control con acción del operador. 4.- Alarmas por alta presión PAH/PAHH en cuarto de control con acción del operador. 5.- Alarma por bajo flujo en cuarto de control con acción del operador. 6.- Sistema de Control Distribuido (DCS) 7.- Sistema de detección de Gas & Fuego. 8.- Sistema contraincendio.	1.- Elaborar el Plan de Respuestas a Emergencias. 2.- Realizar pruebas preoperativas (certificados de calidad de los materiales; informes de resultados de: pruebas de hermeticidad, ensayos no destructivos (ultrasonido, rayos X, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.), pruebas de aislamiento térmico, pruebas de conductividad en circuitos eléctricos-electrónicos, pruebas de resistividad en los sistemas de tierra física, pruebas de confiabilidad en los sistemas de seguridad; aplicación de la RSPA).
				Sobrepresión	203.7	Tanques de almacenamiento de GNL. Tuberías de proceso Equipos críticos.	En un radio de 100 m		
			Alto riesgo	Radiación	246.9	Tanques de almacenamiento de GNL. Tuberías de proceso Equipos críticos.	En un radio de 100 m		
				Sobrepresión	438.6	Tanques de almacenamiento de GNL. Tuberías de proceso Equipos críticos.	En un radio de 100 m		

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

1.9.1. Sistemas de Seguridad.

Los sistemas de seguridad que formarán parte de este proyecto son de forma general los siguientes:

- Sistema básico de control de procesos.
- Sistema de paro por emergencia (SPPE).
- Sistema de desfogue.
- Sistemas instrumentados de seguridad.
- Sistema de contra incendio. (Sistemas de aspersión, hidrantes, monitores, válvulas de seccionamiento, gabinetes con manguera entre otros) y tramos de tuberías que, formando anillos o circuitos, sirven para conducir y distribuir el agua Contra incendio hasta el área en riesgo de incendio; así como sistemas de aspersión en recipientes y bombas que manejen material inflamable y combustible.
- Sistema de gas y fuego (SG&F), conformado principalmente por: un Controlador Lógico Programable (CEP), detectores de mezclas explosivas, detectores de humo, detectores de fuego, alarmas visibles, alarmas audibles y estaciones manuales por fuego.
- Sistema de supresión de fuego. A base de un agente limpio en el Cuarto de Control de Instrumentos y Cuarto de Control eléctrico.
- Extinción portátil. Extintores portátiles a base de polvo químico seco y bióxido de carbono (CO₂), ubicados en áreas de proceso y cuartos de control y eléctrico; así como extintores móviles en área de proceso.
- Equipo de protección colectiva. Regaderas y lavaojos, conos de viento,
- Señalización y rutas de evacuación.
- Protección con material ignífugo

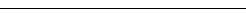
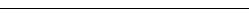
	ESTUDIO DE RIESGO: INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA	
---	---	---

Sistema de Gas y Fuego.

El objetivo del sistema de detección y alarma o sistema de gas y fuego es prevenir y alertar oportuna y automáticamente, los siniestros que pudieran ser causados por escape de gases tóxicos y/o mezclas explosivas que puedan provocar un incendio y puedan poner en peligro la vida de las personas.

Este sistema estará integrado por:

- Un controlador lógico programable de seguridad (CEP), independiente del Sistema de Control Distribuido (SCD) de proceso de la planta. El software y hardware del Sistema de Gas y Fuego contarán con aprobación y certificados de TÜV para aplicaciones de seguridad.
- Detectores de fuego, (detectores inteligentes basado en microprocesadores IR3 de una sola pieza).
- Detectores de mezclas explosivas, (Detectores puntuales, integrados por circuitos microprocesadores operando bajo el principio de tipo infrarrojo para la detección de metano y/o mezclas explosivas y tipo catalíticos para la detección de gas hidrogeno).
- Detectores de gases tóxicos (H_2S), (Detectores puntuales, integrados por circuitos microprocesadores operando bajo el principio electroquímico).
- Alarmas visibles, Las alarmas visibles permitirán dar a conocer al personal que se encuentra en las instalaciones, de una manera visible, las condiciones de seguridad que existen dentro de la instalación. Las luces serán del tipo estroboscópicas a excepción de la luz verde la cual será del tipo continuo. Estas alarmas estarán dispuestas en arreglo vertical tipo semáforo y serán activadas por una señal proveniente del CEP de gas y fuego a través de los detectores o de las estaciones manuales.
- Alarmas audibles, (Las alarmas audibles para exteriores consistirán en bocinas capaces de producir un sonido diferente para cada tipo de riesgo detectado, con una intensidad sonora de los 109 a 120 DB a 3 m y estarán montadas en los

	ESTUDIO DE RIESGO:	
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA	

semáforos de alarmas visuales).

- Estaciones manuales por fuego, (La estación manual de alarma por fuego será de doble acción, del tipo “empujar y jalar” o “levantar y presionar”, con protección contra uso accidental).
- Generadores de tono (El generador de tonos reproducirá los sonidos y mensajes, para distinguir el tipo de riesgo detectado).

Tablero de detección y supresión de fuego. Para la protección del Cuarto de Control y del Cuarto Eléctrico, se utilizará un sistema extinción automático de inundación total a base de un agente limpio de acuerdo con la NFPA 2001 vigente. El sistema de supresión a base de un agente limpio será de inundación total, el cual podrá ser activado automática o manualmente. El agente limpio será descargado por el Tablero de Supresión a través de la tubería y boquillas distribuidas en el área a señal de los detectores de humo.

Equipo de respiración autónoma.

Para la operación del sistema de endulzamiento se contará con 4 Equipos de Respiración Autónoma (ERA), para permitir al personal realizar maniobras, aún en atmósferas tóxicas. Se contará con dos equipos autónomos para el Cuarto de Control y dos equipos para el Cuarto Eléctrico.

El equipo autónomo de aire respirable será de circuito abierto, con capacidad para treinta minutos, tipo “A”, de 31.0 mPa (4500 psig), 1.27 m³ (45 ft³).

Extintores portátiles.

El paquete del sistema de endulzamiento de gas amargo PA-101 A/B, contará con la protección contra incendio a base de extintores portátiles conforme a lo requerido por la NOM-002-STPS-2010 y NFPA 10 en su última versión.

Extintor tipo polvo químico seco.

	ESTUDIO DE RIESGO: INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA	
---	---	---

Los extintores portátiles de polvo químico seco a base de fosfato monoamónico serán ubicados en la planta y en edificios de la planta, con una capacidad nominal del equipo de 20 lb (9.07 kg).

Extintor de bióxido de carbono (CO₂)

Serán ubicados en el cuarto de control y Cuarto Eléctrico y en áreas donde haya probabilidad de fuego tipo C. El CO₂ no es conductor de electricidad, no es corrosivo y no se congela, la capacidad nominal del equipo será de 20 lb (9.07 kg).

Extintores sobre ruedas (móviles)

Los extintores móviles (de carretilla) se utilizarán de apoyo, estarán ubicados en lugares estratégico-protegidos del sol y la intemperie.

Los extintores móviles deben ser de una capacidad de 125 lb de polvo químico seco (PQS) a base de fosfato monoamónico con cilindro exterior de nitrógeno.

Regadera y Lavajojos.

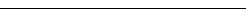
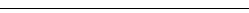
Se contempla el uso de las Regaderas y lavajojos (Estaciones de Emergencia) en las áreas en las cuales exista el riesgo de contacto de sustancias tóxicas en piel y ojos. El diseño cumplirá con los criterios indicados en los requerimientos de la Norma ANSI Z358.1-2009.

Conos de viento.

Los Conos de Viento proveen información al personal en sitio de la dirección de los vientos. Deben estar colocados en la parte más alta de los equipos o edificaciones, con la finalidad de ser visibles desde diferentes puntos de la planta ya que en caso de que se presente una contingencia, deberán proveer información vital para que el personal considere su desplazamiento en dirección contraria a la dirección de los vientos.

Casa de Mangueras.

Se instalarán casas de mangueras cerca de los hidrantes monitor para tener la

	ESTUDIO DE RIESGO:	
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA	

disponibilidad de mangueras de 1 ½" y 2 ½" y boquillas de 1 ½" y 2 ½" cerca del área a proteger.

Señalización y rutas de escape.

Dentro de las áreas y equipos del sistema de endulzamiento de gas amargo PA-101 A/B., se instalarán suficientes letreros de seguridad y señalización debidamente ubicados, indicando los riesgos existentes, así como también serán establecidas y debidamente indicadas las rutas de evacuación.

Se rotularán e identificarán las tuberías de proceso en sus trayectorias de acuerdo con el código de colores, asimismo, se rotularán todos los equipos como tanques, bombas, válvulas automáticas, instrumentos de control y de protección, que integran la planta.

Los letreros de seguridad se ubicarán en sitios que estén bien iluminados de día y de noche, que sean fácilmente visibles para el personal y que alerten y comuniquen al mismo, sobre los riesgos y peligros presentes en el sitio y el tipo de protección requerida para ingresar al área.

Los letreros de seguridad serán de los siguientes tipos:

- De prohibición.
- De obligación.
- De precaución.
- De información.

Dentro de las áreas de la Planta, se localizarán los señalamientos para la identificación del equipo contra incendio y rutas de escape.

Los letreros y señalamientos de seguridad se apegarán estrictamente a los requerimientos y criterios establecidos en cuanto a su diseño, color y tamaño en las Normas Oficiales

	ESTUDIO DE RIESGO:		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

Mexicanas NOM-002-STPS-2010 y NOM-026-STPS-2008.

Sistema de tierras físicas.

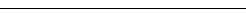
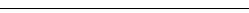
Puesta a tierra de equipos.

Las partes metálicas expuestas que normalmente no conducen corriente, y las envolturas metálicas del equipo eléctrico, estarán conectadas al SPT con cable de cobre desnudo semiduro tamaño (calibre) 33,62 mm² (2 AWG) y son entre otras:

- Partes metálicas no portadoras de corriente de los equipos eléctricos.
- Estructuras de acero.
- Equipos de Proceso.
- Equipos dinámicos accionados por motor eléctrico.
- Tuberías de proceso y servicios auxiliares.
- Equipos eléctricos (tableros de alumbrado, de control, de excitación, fuego y gas, SFI, sistemas de control, motores, generadores, válvulas motorizadas, y en general todo el equipo con servicio de energía eléctrica).
- Partes metálicas no portadoras de corriente de equipos de instrumentos como gabinetes, cajas de paso, soportes, toma de muestras y otros.
- Las partes metálicas como barandales y pasamanos de escaleras de edificios no requieren de conexión a tierra por tener conexión firme y permanente con la estructura de concreto del edificio.
- Escaleras marinas.

Sistema contra descargas atmosféricas.

La descarga atmosférica captada es conducida a través de dispositivos a tierra de forma segura y eficaz, en donde es drenada la corriente de rayo, corrientes estáticas y corrientes de retorno. Los Componentes del Sistema Contra Descargas Atmosféricas son:

	ESTUDIO DE RIESGO:		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

- Terminal Aérea o Punta Pararrayos
- Base para terminal Aérea
- Conductores de cobre desnudos
- Contador de descargas
- Desconectador
- Electrodo o Varillas
- Registros de Tierra
- Moldes para soldaduras exotérmicas
- Conexiones Soldables
- Conectores a compresión.
- Conectores mecánicos
- Accesorios de fijación Abrazaderas, aisladores, pernos, etc

El sistema de pararrayos será independiente de la red general de tierras.

Supresores de sobretensión transitoria (SSTT). Los SSTT serán instalados en interior, en el lado de carga del interruptor principal, dentro del tablero principal de baja tensión y tableros de distribución secundaria.

1.9.2. Medidas preventivas.

Para prevenir cualquiera de los eventos de riesgos identificados en el presente estudio, será necesario contar con medidas que ayuden a minimizar o anular cualquier condición que pueda desencadenar en una liberación de las sustancias, en este caso gas amargo/gas dulce/condensados amargos/dietanolamina. Estas medidas deberán ser aplicadas durante el diseño, construcción, operación y mantenimiento del sistema de endulzamiento y compresión de gas.

Las medidas preventivas contempladas en la ingeniería del proyecto **“Planta de licuefacción de GNL, de la empresa GNL Cosala, S.A. de C.V., ubicada en fracción 2 del predio rustico Casas Viejas, El Habal, C.P.82277, municipio de Mazatlán, Sinaloa”**

	ESTUDIO DE RIESGO: INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA	
---	---	---

SON:

- Personal calificado en el diseño, ingeniería y construcción.
 - Personal con experiencia en la etapa de diseño e ingeniería.
 - Se consideró criterios técnicos específicos y procedimientos internos de la empresa.
 - Cumplir con los programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, así como la capacitación del personal para el buen manejo de la instalación.
 - Llevar a cabo la comprobación y ajuste de los componentes estructurales del sistema para su correcta operación.
 - Supervisar que todos los componentes que integrarán el proyecto serán resistentes y garantizar que cumplan con lo establecido en los códigos y estándares que se indican a continuación, y con la reglamentación que indiquen las autoridades correspondientes.
-
- **ASME** (American Society of Mechanical Engineers).
 - **ASTM** (American Society for Testing Materials).
 - **API** (American Petroleum Institute).
 - **NFPA** (National Fire Protection Association).
 - **STI** (Steel Tank Institute).
 - **UL** (Underwriters Laboratories Inc. (E.U.A.)).
 - **ULC** (Underwriters Laboratories of Canada).
 - **NRF** (Normas de Referencia (PEMEX)).

Las entidades antes señaladas reglamentan, entre otros conceptos, los siguientes:

- Procedimientos y materiales de fabricación.
- Protección contra la corrosión.
- Protección contra incendio.
- Instalación.
- Boquillas.

- Refuerzos.
 - Operación.
 - Detección de fugas.
- Llevar a cabo los diferentes programas de inspección a las instalaciones que conforman el proyecto.
 - Capacitación al personal de operación y mantenimiento respecto a seguridad.
 - Establecer los procedimientos de operación y mantenimiento por escrito y actualizar periódicamente cuando así lo determine las variaciones de las condiciones del sistema de endulzamiento y compresión de gas.
 - Capacitar al personal para que opere en forma correcta los manuales de control y los fundamentos básicos de operación del sistema.
 - Aplicar los procedimientos de emergencia en caso de una fuga y coordinarse con entidades, federales, estatales, municipales, civiles, públicas y privadas.
 - Efectuar de manera inmediata las reparaciones de los daños que las instalaciones que conforman el sistema.
 - Reemplazar los equipos y accesorios utilizados en la instalación en caso de que estos se encuentren deteriorados o lleguen al fin de su vida útil.

1.9.3. Recomendaciones Técnico-Operativas

En la siguiente tabla 1.40, se listan las recomendaciones Técnico-Operativas emitidas en el presente estudio y aprobadas por los participantes del Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgos (GMAER).

Tabla 1.40.- Listado de recomendaciones Técnico-Operativas.

Recomendaciones	Identificación del nodo o sistema	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de riesgo		Responsable	Nivel de riesgo
			No.	Descripción		
Elaborar el Plan de Respuestas a Emergencias.	1, 2 ,3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	XI.- Integridad mecánica y aseguramiento de	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.9, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4,	Fuga de gas natural/GNL causado por	Seguridad	C

	ESTUDIO DE RIESGO:		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

Recomendaciones	Identificación del nodo o sistema	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de riesgo		Responsable	Nivel de riesgo
			No.	Descripción		
		la Calidad. IX.- Mejores prácticas y estándares	2.7, 2.8, 3.1, 3.2, 3.5, 3.6, 4.1, 4.2, 4.4, 4.7, 4.8, 5.1, 5.3, 5.3, 6.1, 6.2, 6.5, 6.6, 7.1, 7.2, 7.3, 7.6, 8.1, 8.2, 8.3, 8.7, 8.8, 9.1, 9.2, 9.3, 9.5, 10.1, 10.2, 10.2, 10.4, 10.5, 11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 12.1, 12.2, 12.3, 12.4, 13.1, 13.2, 13.3, 13.4,	corrosión, falla mecánica o golpe externo.		
Realizar pruebas pre-operativas (certificados de calidad de los materiales; informes de resultados de: pruebas de hermeticidad, ensayos no destructivos (ultrasonido, rayos X, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.), pruebas de aislamiento térmico, pruebas de conductividad en circuitos eléctricos-electrónicos, pruebas de resistividad en los sistemas de tierra física, pruebas de confiabilidad en los sistemas de seguridad; aplicación de la RSPA).	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	XI.- Integridad mecánica y aseguramiento de la Calidad. IX.- Mejores prácticas y estándares	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 3.1, 3.2, 3.4, 3.5, 3.6, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 12.1, 12.2, 12.3, 12.4, 13.1, 13.2, 13.3, 13.4,	Fuga de gas natural/GNL causado por corrosión, falla mecánica o golpe externo.	Operación	C
Intalar válvula de seguridad PSV en la torre C-201.	2	IX.- Mejores prácticas y estándares	2.1,	Fuga de gas natural/GNL causado por	Ingeniería	C

	ESTUDIO DE RIESGO:		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

Recomendaciones	Identificación del nodo o sistema	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de riesgo		Responsable	Nivel de riesgo
			No.	Descripción		
				corrosión, falla mecánica o golpe externo.		
Configurar alarma por alta presión en cuarto de control.	2	IX.- Mejores prácticas y estándares	2.1,	Fuga de gas natural/GNL causado por corrosión, falla mecánica o golpe externo.	Ingeniería	C
Configurar alarma por baja presión en cuarto de control.	2	IX.- Mejores prácticas y estándares	2.2	Fuga de gas natural/GNL causado por corrosión, falla mecánica o golpe externo.	Ingeniería	C
Configurar alarma por alta temperatura en la torre de regeneración de aminas C-202 con señal en cuarto de control.	4	IX.- Mejores prácticas y estándares	4.5	Fuga de gas natural/GNL causado por corrosión, falla mecánica o golpe externo.	Ingeniería	C
Instalar alarma y paro automático por alta y baja presión en la descarga de las bombas P-203 A/B	5	IX.- Mejores prácticas y estándares	5.1	Fuga de gas natural/GNL causado por corrosión, falla mecánica o golpe externo.	Ingeniería	C
Configurar alarma por baja presión en la línea 3"-A1E-LNG-4102A/B.	9	IX.- Mejores prácticas y estándares	9.2	Fuga de gas natural/GNL causado por corrosión, falla mecánica o golpe externo.	Ingeniería	C
Configurar alarma por baja presión en tanques de almacenamiento de GNL.	10	IX.- Mejores prácticas y estándares	10.2	Fuga de gas natural/GNL causado por	Ingeniería	C

	ESTUDIO DE RIESGO:		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

Recomendaciones	Identificación del nodo o sistema	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de riesgo		Responsable	Nivel de riesgo
			No.	Descripción		
				corrosión, falla mecánica o golpe externo.		

En la tabla 1.41 se presenta el programa para la implementación de la recomendaciones técnico-operativas

Tabla 41. Programa para la implementación de las recomendaciones.

Escenario de riesgo	Recomendaciones por implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de riesgo	Recomendación	Responsable	
Fuga de gas natural/GNL causado por corrosión, falla mecánica o golpe externo.	1	C	Elaborar el Plan de Respuestas a Emergencias.	Seguridad	Marzo 2025
Fuga de gas natural/GNL causado por corrosión, falla mecánica o golpe externo.	2	C	Realizar pruebas pre-operativas (certificados de calidad de los materiales; informes de resultados de: pruebas de hermeticidad, ensayos no destructivos (ultrasonido, rayos X, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.), pruebas de aislamiento térmico, pruebas de conductividad en circuitos eléctricos-electrónicos, pruebas de resistividad en los sistemas de tierra física, pruebas de confiabilidad en los sistemas de seguridad; aplicación de la RSPA).	Operación	Marzo 2025
Fuga de gas natural/GNL causado por corrosión, falla mecánica o golpe externo.	3	C	Intalar válvula de seguridad PSV en la torre C-201.	Ingeniería	Marzo 2025
Fuga de gas	4	C	Configurar alarma por	Ingeniería	Marzo 2025

	ESTUDIO DE RIESGO:		
	INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA		

natural/GNL causado por corrosión, falla mecánica o golpe externo.			alta presión en cuarto de control.		
Fuga de gas natural/GNL causado por corrosión, falla mecánica o golpe externo.	5	C	Configurar alarma por baja presión en cuarto de control.	Ingeniería	Marzo 2025
Fuga de gas natural/GNL causado por corrosión, falla mecánica o golpe externo.	6	C	Configurar alarma por alta temperatura en la torre de regeneración de aminas C-202 con señal en cuarto de control.	Ingeniería	Marzo 2025
Fuga de gas natural/GNL causado por corrosión, falla mecánica o golpe externo.	7	C	Instalar alarma y paro automático por alta y baja presión en la descarga de las bombas P-203 A/B	Ingeniería	Marzo 2025
Fuga de gas natural/GNL causado por corrosión, falla mecánica o golpe externo.	8	C	Configurar alarma por baja presión en la línea 3"-A1E-LNG-4102A/B.	Ingeniería	Marzo 2025
Fuga de gas natural/GNL causado por corrosión, falla mecánica o golpe externo.	9	C	Configurar alarma por baja presión en tanques de almacenamiento de GNL.	Ingeniería	Marzo 2025

1.10. CONCLUSIONES.

Mediante la elaboración del presente Estudio de Riesgo, se determinan las siguientes conclusiones:

El Estudio de Riesgo fue realizado al proyecto del “**Planta de licuefacción de GNL, de la empresa GNL Cosala, S.A. de C.V., ubicada en fracción 2 del predio rustico Casas Viejas, El Habal, C.P.82277, municipio de Mazatlán, Sinaloa**” en la etapa de ingeniería de básica.

- Se aplicaron las metodologías de análisis y evaluación de riesgos, el HazOp como

	ESTUDIO DE RIESGO: INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA	
---	---	---

metodología principal de procesos donde se analizaron 13 nodos y el What If como metodología para factores externos con 3 subsistemas, en las que se identificaron 77 escenarios de riesgos de los cuales se encontraron 20 escenarios de riesgo ubicados en la zona de Riesgo Indeseable para el Personal y 11 para la población en la jerarquización de riesgos Inherentes, en la recalificación ya contando con las salvaguardas del proyecto estos riesgos bajaron a nivel Aceptable con controles y por lo cual se emitieron acciones de ingeniería para reducir aún más el riesgo.

Cabe mencionar que las recomendaciones/acciones propuestas por el grupo multidisciplinario están enfocadas a la etapa de ingeniería del proyecto, con las cuales se buscan prevenir los escenarios de riesgos y en su caso mitigar las consecuencias.

De los escenarios identificados en el análisis HazOp se propusieron 7 escenarios hipotéticos para simular sus consecuencias a la población y al ambiente.

El análisis de consecuencias fue realizado con apoyo del software especializado Phast, el cual mostró resultados de radios de afectación por radiación térmica y explosión que salen de los límites de la instalación afectando a las comunidades más cercanas al proyecto; sin embargo, las salvaguardas y los sistemas de seguridad están diseñadas para prevenir, o en su caso mitigar y minimizar estos eventos.

Con base en el resultado del análisis efectuado, los riesgos se encuentran en niveles aceptables con controles y tolerables por lo que, con base en el estudio realizado para el proyecto, se determina que es viable la intervención en estudio, siempre y cuando se atiendan las recomendaciones que permitan mantener bajo control dichos riesgos.

Es importante que se elaborar y difunda el Plan de Respuesta Emergencia con base a los resultados del ARSH atendiendo los requisitos establecidos por la ASEA en la DACG

	ESTUDIO DE RIESGO: INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GNL, DE LA EMPRESA GNL COSALA, S.A. DE C.V., UBICADA EN FRACCIÓN 2 DEL PREDIO RUSTICO CASAS VIEJAS, EL HABAL, C.P.82277, MUNICIPIO DE MAZATLÁN, SINALOA	
---	---	---

(Disposiciones Administrativas de Carácter General que establecen los Lineamientos para la elaboración de los protocolos de respuesta a emergencias en las actividades del Sector Hidrocarburos).

Cabe señalar que este Estudio de Riesgo se deberá actualizar cuando el Proyecto cumpla con los siguientes puntos:

- Previo al inicio de cualquier Etapa de Desarrollo del Proyecto;
- Previo a un desmantelamiento;
- Ocurran Accidentes;
- Se realicen modificaciones que impliquen cambios en los equipos, instalaciones o procesos originalmente aprobados en la Asignación, Contrato o permiso otorgado; o
- Se realice cualquier otra modificación que afecte el resultado del Análisis de Riesgo en cualquiera de las Etapas de Desarrollo del Proyecto.

Esto conforme a lo establecido en las Disposiciones Administrativas de Carácter General que establecen los lineamientos para la conformación, implementación y autorización de los sistemas de administración de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente, aplicables a las actividades del sector hidrocarburos.

Los riesgos identificados, evaluados y jerarquizados mediante las técnicas de Análisis de Riesgos de Procesos (ARP) cualitativas, son tolerables y aceptables con controles. Por lo anterior, se concluye que los riesgos identificados y evaluados que se pudieran presentar en el proyecto se encuentran administrados con el cumplimiento de las recomendaciones emitidas por el GMAER.

1.11. RESUMEN EJECUTIVO.

Se anexa el resumen ejecutivo del Estudio de Riesgo.