

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 1 de 191
---	---	--

ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESO DEL SECTOR HIDROCARBUROS

PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS L.P. RIVIERA I

Gas del Caribe S.A. de C.V.

“Este documento contiene información de carácter reservada de conformidad con los Art. 13 frac I, y IV, y Art.14 frac. I de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental. Este documento no deberá ser copiado, transmitido, distribuido o reproducido en forma electrónica o manual sin la autorización expresa de los responsables de su manejo y custodia”

Fecha:			
Nombre y firma			

Elaboró

Revisó

Aprobó

Nombre de persona física, Art. 113 fracción I de la LFTAIP y 116 primer párrafo de la LGTAIP.

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 2 de 191
---	---	--

1.	INTRODUCCIÓN	6
2.	DEFINICIONES	7
3.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	11
3.1	PROYECTO	21
3.1.1.	PROYECTO CIVIL	21
3.1.1.1.	Delimitaciones del terreno	21
3.1.1.2.	Accesos	21
3.1.1.3.	Edificios	22
3.1.1.4.	Zona de almacenamiento	22
3.1.1.5.	Muelle de recepción de semirremolques	23
3.1.1.6.	Muelle de carga de autotanques	23
3.1.1.7.	Estacionamiento	24
3.1.1.8.	Trincheras para tubería	24
3.1.1.9.	Cobertizo de maquinaria	24
3.1.1.10.	Relación de distancias mínimas	24
3.1.2.	PROYECTO MECÁNICO	28
3.1.2.1.	Recipientes de almacenamiento	28
3.1.2.2.	Bombas	32
3.1.2.3.	Compresor	33
3.1.2.4.	Toma de recepción	34
3.1.2.5.	Tomas de suministro	35
3.1.2.6.	Mangueras	36
3.1.2.7.	Soportes	36
3.1.2.8.	Tuberías y conexiones	36
3.1.3.	PROYECTO SISTEMA CONTRAINCENDIOS	38
3.1.3.1.	Manejo de agua contra incendios	38
3.1.3.2.	Hidrantes	38
3.1.3.3.	Aspersores	39

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 3 de 191
---	---	---

3.1.3.4.	Toma siamesa	39
3.1.3.5.	Extintores manuales	39
3.1.3.6.	Extintor de carretilla	40
3.1.3.7.	Equipo de protección personal para el combate de incendio.	40
3.1.3.8.	Comunicaciones	41
3.1.3.9.	Alarmas	41
3.1.3.10.	Sistema de paro por emergencia	41
3.1.3.11.	Rótulos de prevención y pintura	42
3.1.4.	PROYECTO ELÉCTRICO	44
3.1.4.1.	Capacidad del Transformador Alimentador.....	44
3.1.4.2.	Fuente de alimentación.....	44
3.1.4.3.	Instalación interior.....	44
3.1.4.4.	Áreas peligrosas.....	46
3.1.4.5.	Sistema General de conexiones a “tierra”	46
4.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	47
4.1.	DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO.	49
4.2.1.	RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO.....	49
4.2.2.	TOMA DE RECEPCIÓN.....	52
4.2.3.	TOMA DE SUMINISTRO.....	53
4.2.4.	OPERACIÓN DE RECEPCIÓN DE PRODUCTO POR SEMIRREMOLQUE	54
4.2.5.	OPERACIÓN DE LLENADO DE AUTOTANQUES.....	56
5.	DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO	57
5.1.	ASPECTOS ABIÓTICOS	60
5.1.1.	CLIMA.....	60
5.1.2.	TEMPERATURA	61
5.1.3.	VIENTO	62
5.1.4.	NUBOSIDAD	62
5.1.5.	HUMEDAD RELATIVA	62
5.1.6.	PRECIPITACIÓN PLUVIAL.....	62
5.1.7.	GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	63
5.1.8.	SUELOS.....	64
5.1.9.	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN.....	66

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 4 de 191
---	---	--

5.1.10.	RIESGOS NATURALES	67
5.2.	ASPECTOS BIÓTICOS.....	70
5.2.1.	VEGETACIÓN.....	70
5.2.1.1.	Selva baja subcaducifolia	71
5.2.1.2.	Selva mediana subperennifolia	72
5.2.1.3.	Vegetación secundaria derivada de Selva mediana subperennifolia.	72
5.2.1.4.	Vegetación secundaria derivada de Selva mediana subperennifolia con agricultura nómada (hubches)73	
5.2.1.5.	Vegetación Halófila.....	73
5.2.1.6.	Manglar	74
5.2.1.7.	Sabana	75
5.2.1.8.	Áreas sin vegetación aparente.....	75
5.2.1.9.	Cuerpos de agua	75
5.2.2.	FAUNA.....	76
6.	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS	80
6.1.	IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO ...	80
6.1.1.	ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS	80
6.1.1.1.	Características físico – químicas del GLP	80
6.1.1.2.	Técnica HAZID.....	82
6.1.2.	ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE PROYECTOS E INSTALACIONES SIMILARES	84
6.1.3.	IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS	87
6.1.3.1.	HAZOP	87
6.1.4.	JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS.....	90
6.1.5.	DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	93
6.2.	ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS	110
6.2.1.	ANÁLISIS DETALLADO DE FRECUENCIAS	110
6.2.1.1.	Estimación de frecuencia por corrosión	110
6.2.1.2.	Árbol de eventos	112
6.2.1.3.	Resultados de la frecuencia calculada.....	124
6.2.2.	ANÁLISIS DETALLADO DE CONSECUENCIAS	133

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 5 de 191
---	---	---

6.2.2.1.	Selección de escenarios de riesgos identificados en las sesiones HAZOP	133
6.2.2.2.	Cálculo de inventarios:.....	134
6.2.2.3.	Planteamiento de escenarios	136
6.2.2.4.	Criterios para la estimación de consecuencias	148
6.2.2.5.	Resultados	151
7.	REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN	156
8.	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO	157
8.1.	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	157
8.2.	INTERACCIONES DE RIESGO	170
9.	REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGOS	178
10.	SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PREVENTIVAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGOS	180
10.1.	SISTEMAS DE SEGURIDAD	180
10.2.	MEDIDAS PREVENTIVAS	184
10.3.	RECOMENDACIONES	187
11.	CONCLUSIONES	189
12.	RESUMEN EJECUTIVO	191

ANEXOS:

ANEXO A. Información Utilizada en el Análisis de Riesgo.

ANEXO B. Hojas de Trabajo HAZID

ANEXO C. Hojas de Trabajo HAZOP.

ANEXO D. Árbol de eventos.

ANEXO E. Graficas PHAST.

ANEXO F. Memorias de Calculo PHAST.

ANEXO G. Hoja de Seguridad del Gas L.P.

ANEXO H. Memorias Técnico-Descriptivas.

ANEXO I. Resumen Ejecutivo.

ANEXO J. Memoria Fotográfica.

ANEXO K. Autorizaciones Oficiales.

ANEXO L. Dictámenes por Unidades de Verificación.

ANEXO M. Carta Poder representante Legal.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 6 de 191
---	--	---

1. INTRODUCCIÓN

El procedimiento de Evaluación del Riesgo (ER), concebido como un instrumento de la política ambiental, analítica y de alcance preventivo, permite responder a la necesidad de regular las actividades que involucran el uso, manejo, transporte y almacenamiento de sustancias y actividades consideradas como altamente riesgosas. Integrar al ambiente una actividad considerada altamente riesgosa. Bajo esta concepción el procedimiento ofrece un conjunto de ventajas para proteger al ambiente y la sociedad de eventos no deseados; invariablemente, esas ventajas sólo son apreciables después de largos periodos de tiempo y se concretan en las inversiones y los costos de las obras, en diseños más completos e integrados al ambiente y en una mayor aceptación social de las iniciativas de inversión.

A nivel nacional los primeros intentos por evaluar el Riesgo Ambiental surgen en 1983, año en el que la Ley Federal de Protección al Ambiente introduce por primera vez los Estudios de Riesgo, como parte del procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental de los proyectos industriales. En tanto que la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada en 1988 y sus modificaciones publicadas en 1996 y 2001, amplían el concepto para incorporar la obligación por parte de las Actividades Altamente Riesgosas que se proyecten, de elaborar e instrumentar Programas para la Prevención de Accidentes que incluyan Planes Externos para la Respuesta a Emergencias.

El presente documento contiene el reporte de Análisis de Riesgo de la Planta de Distribución de Gas Licuado de Petróleo, localizada en Playa del Carmen, Solidaridad, Quintana Roo. El Análisis de Riesgo se realizó conforme a la GUÍA PARA ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO DEL SECTOR HIDROCARBUROS emitida por ASEA en julio 2020.

Se presentan los resultados obtenidos de la identificación de peligros aplicando la técnica HAZID y HAZOP y la jerarquización cualitativa de los escenarios de riesgos, así como, la evaluación cuantitativa de frecuencias y consecuencias de los escenarios de riesgos identificados y su reposicionamiento.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del Análisis de Riesgos de Proceso.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 7 de 191
---	--	---

2. DEFINICIONES

Amenaza: Es el acto que por sí mismo o encadenado a otros, puede generar un daño o afectación al bienestar o salvaguarda al personal, población, medio ambiente, Instalación, producción, otro;

Análisis de Riesgo de Proceso (ARP): Aplicación sistemática de una o más metodologías específicas para identificar Peligros y evaluar Riesgos de un proceso o sistema, con el fin de determinar metodológicamente los Escenarios de Riesgo y verificar la existencia de dispositivos, Sistemas de Seguridad, salvaguardas y barreras suficientes ante las posibles Amenazas que propiciarían la materialización de algún escenario de Riesgo identificado;

Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH): Documento que integra la identificación de peligros, evaluación y Análisis de Riesgos de Procesos, con el fin de determinar metodológica, sistemática y consistentemente los Escenarios de Riesgo generados por un Proyecto y/o Instalación, así como la existencia de dispositivos, Sistemas de Seguridad, salvaguardas y barreras apropiadas y suficientes para reducir la probabilidad y/o consecuencias de los escenarios de Riesgo identificados; incluye el análisis de las interacciones de Riesgo y vulnerabilidades hacia el personal, población, medio ambiente, instalaciones y producción, así como las recomendaciones o medidas de prevención, control, mitigación y/o compensación para la reducción de Riesgos a un nivel Tolerable.

Análisis Preliminar de Peligros: Es el resultado de realizar un primer intento para identificar en forma general los posibles Riesgos que pueden originar los Peligros en un Diseño o Instalaciones en operación, para ubicar la situación actual que se tiene respecto de la Administración de los Riesgos;

BLEVE: ("Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion" por sus siglas en inglés). Explosión de vapores por expansión de líquidos en ebullición;

Capa de Protección: Cualquier Mecanismo independiente que reduzca el Riesgo mediante el control, la prevención o la mitigación;

Caso Alterno: Es el evento creíble de una liberación accidental de una Sustancia Peligrosa que es simulado, pero que no corresponde al Peor Caso ni al Caso Más Probable;

Caso Más Probable: Con base a la experiencia operativa, es el evento de liberación accidental de una Sustancia Peligrosa, que tiene la mayor probabilidad de ocurrir;

Efecto Dominó: También conocido como encadenamiento de eventos, es un evento asociado a un incendio o explosión en una Instalación, que multiplica sus consecuencias por efecto de la sobrepresión, proyectiles o la radiación térmica que se generan sobre elementos próximos y vulnerables, tales como otros recipientes, tuberías o equipos de la misma Instalación o Instalaciones próximas, de tal forma que puedan ocurrir nuevas fugas, derrames, incendios o explosiones que a su vez, pueden nuevamente provocar efectos similares;

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 8 de 191
---	--	---

Escenario de Riesgo: Determinación de un evento hipotético derivado de la aplicación de la metodología de identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, en el cual se considera la probabilidad de ocurrencia y severidad de las consecuencias y, posteriormente, determinar las zonas potencialmente afectadas mediante la aplicación de modelos matemáticos para la Simulación de consecuencias;

Estudio de Riesgo (ER): Documento que indica los Escenarios de Riesgo identificados y evaluados con posibles afectaciones al medio ambiente, de tal manera que mediante el uso de metodologías y herramientas tecnológicas se cuantifiquen los probables daños al medio ambiente, tomando en cuenta las afectaciones sobre la integridad funcional de los ecosistemas, donde se pretende desarrollar un Proyecto. Tiene por objetivo determinar las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento, verificar las vulnerabilidades que probablemente se presenten en caso de materialización de algún Escenario de Riesgo, así como las medidas de prevención, control, y mitigación de Riesgos ambientales, o aquellas que se van a implementar para prevenir las causas o mitigar las afectaciones al medio ambiente. Se incorpora a la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA);

Estudio de Riesgo Ambiental (ERA): Documento que indica los Escenarios de Riesgo identificados y evaluados con posibles afectaciones al medio ambiente, de tal manera que mediante el uso de metodologías y herramientas tecnológicas se cuantifiquen los probables daños al medio ambiente de un Proyecto en Operación. Tiene por objetivo determinar las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento, verificar las vulnerabilidades que probablemente se presenten en caso de materialización de algún Escenario de Riesgo, así como las medidas de prevención, control, y mitigación de Riesgos ambientales;

Exposición: Contacto de las personas, población o elementos que constituyen el medio ambiente con Sustancias Peligrosas o contaminantes químicos, biológicos o físicos o la posibilidad de una situación Peligrosa derivado de la materialización de un Escenario de Riesgo;

Función Instrumentada de Seguridad (FIS): Una combinación de sensores, controlador lógico y elemento final de control con un determinado Nivel de Integridad de Seguridad (SIL) que detecta una condición fuera de límite (anormal) y lleva al proceso a un estado seguro funcionalmente sin intervención humana, o iniciado por un operador entrenado en respuesta a una alarma;

IDLH (*"Immediately Dangerous to Life or Health"*, por sus siglas en inglés). Inmediatamente Peligroso para la vida o la salud: Concentración máxima de una Sustancia Peligrosa, expresada en partes por millón (ppm) o en miligramos sobre metro cúbico (mg/m³), que se podría liberar al ambiente en un plazo de treinta minutos sin experimentar síntomas graves ni efectos irreversibles para la salud;

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 9 de 191
---	--	---

Nivel de Integridad de Seguridad (SIL, *Safety Integrity Level*, por sus siglas en inglés); Es el nivel discreto (uno de cuatro) para especificar los requisitos de integridad de las funciones instrumentadas de seguridad que se asignarán a los sistemas instrumentados de seguridad;

Peor Caso: Corresponde a la liberación accidental del mayor inventario de Sustancia Peligrosa contenida en un recipiente, línea de proceso o ducto, sin necesidad de conocer las causas ni su probabilidad de ocurrencia;

Proyecto: Actividad del Sector Hidrocarburos que se desarrolla o se pretende desarrollar en una o varias Instalaciones, y que se encuentra vinculada a un permiso o autorización emitido por la Secretaría de Energía o la Comisión Reguladora de Energía o bien, a un Plan de Exploración o de Desarrollo para la Extracción, aprobados por la Comisión Nacional de Hidrocarburos;

Riesgo Inherente: Es propio del trabajo o proceso, que no puede ser eliminado del sistema, es decir, en todo trabajo o proceso se encontrarán Riesgos para las personas o para la ejecución de la actividad en sí misma. Es el Riesgo intrínseco de cada actividad, sin tener en cuenta los controles y medidas de reducción de Riesgos;

Riesgo Residual: Es el Riesgo remanente después del tratamiento de Riesgo, es decir, una vez que se han implementado controles y medidas de reducción de Riesgos para mitigar el Riesgo inherente; el Riesgo residual puede contener Riesgos no identificados, también puede ser conocido como Riesgo retenido;

Riesgo Tolerable: Es el Riesgo que se acepta en un contexto dado basado en los valores actuales de la sociedad;

Salvaguarda: Dispositivo, sistema, procedimientos o programas, entre otros, destinados a proteger la seguridad física integral de las personas, el medio ambiente o la Instalación;

Seguridad Funcional: parte de la seguridad relacionada con el proceso y cada uno de los sistemas básicos del control de proceso y su funcionamiento correcto de los sistemas instrumentados de seguridad y otras Capas de Protección;

Sistemas de Seguridad: Conjunto de equipos y componentes que se interrelacionan y responden a las alteraciones del desarrollo normal de los procesos o actividades en la Instalación o centro de trabajo y previenen situaciones que normalmente dan origen a Accidentes o emergencias;

Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS): Es un sistema instrumentado para implementar una o más funciones instrumentadas de cualquier combinación de sensores, controlador lógico y elementos finales de control;

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 10 de 191
---	---	--

Simulación. Representación de un escenario de Riesgo o fenómeno mediante la utilización de sistemas o herramientas de cómputo, modelos físicos o matemáticos u otros medios, que permite estimar las consecuencias de dichos escenarios a partir de las propiedades físicas y químicas de las sustancias o componentes de las mezclas de interés, en presencia de determinadas condiciones y variables atmosféricas;

Sustancia Explosiva: La que en forma espontánea o por acción de alguna forma de energía genera una gran cantidad de calor y ondas de sobrepresión en forma casi instantánea;

Sustancia Inflamable: Aquella capaz de formar una mezcla con el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de una fuente de ignición;

Sustancia Peligrosa: Cualquier sustancia que, al ser emitida, puesta en ignición o cuando su energía es liberada (fuego, explosión, fuga tóxica) puede causar daños al ambiente, a las personas y a las Instalaciones debido a sus características de toxicidad, inflamabilidad, explosividad, corrosión, inestabilidad térmica, calor latente o compresión;

Sustancia Tóxica: Aquella que puede producir alteraciones en organismos vivos, lesiones, enfermedades, al material genético o muerte;

TLV (15 min, STEL): (“*Thresold Limit Value-Short Term Exposure Limit*”, por sus siglas en inglés) Valor umbral límite-Límite de Exposición a corto plazo). Exposición para un periodo de 15 minutos, que no puede repetirse más de 4 veces al día con al menos 60 minutos entre periodos de Exposición;

TLV (8 h. TWA): (“*Thresold Limit Value-Time Weighted Average*”, por sus siglas en inglés). Valor umbral límite-Promedio ponderada en el tiempo. Concentración ponderada para una jornada normal de trabajo de ocho horas y una semana laboral de cuarenta horas, a la que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, sin que se evidencien efectos adversos;

Vulnerabilidad: Es la mayor o menor facilidad de la ocurrencia de una Amenaza en virtud de las condiciones que imperan; puede decirse que son los puntos o momentos de debilidad que se tienen y pueden favorecer la ocurrencia de un acto negativo o el aumento de las consecuencias de este;

Zona de Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo: Área donde pueden permitirse determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al ambiente, y

Zona de Alto Riesgo para el Análisis de Riesgo: Área de restricción total en la que no se deben permitir actividades distintas a las del Sector Hidrocarburos e industriales.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 11 de 191
---	--	--

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La Planta de Distribución de gas LP es un proyecto nuevo y su principal objetivo es el almacenamiento y distribución de este combustible a la comunidad de Playa del Carmen y a las comunidades aledañas.

La Planta de Distribución está integrada por las siguientes áreas:

- Cuarto de subestación eléctrica.
- Oficinas y administración:
 - Puertas de acceso y de emergencia.
 - Caseta de vigilancia.
 - Oficinas.
 - Estacionamiento interior (oficinas).
 - Estacionamiento exterior (visitas).
- Almacenamiento y trasiego:
 - Plataforma de concreto para el área de almacenamiento.
 - Muelle para descarga de semirremolques.
 - Muelle para carga de Autotanques.
- Contra incendio:
 - Cisterna de 200 m³.
 - Cuarto de bombas.
- Áreas Libres:
 - Áreas de circulación y patios de maniobras.
 - Áreas verdes.

La Planta de Distribución cuenta con los siguientes equipos principales:

- 2 tanques de almacenamiento tipo cilíndricos horizontales con una capacidad de 250,000 litros base agua cada uno.
- 1 compresor Blackmer modelo LB601-B accionado con motor eléctrico con una capacidad de 333.95 GPM.
- 2 bombas Corken Coro Van accionado con motor eléctrico con una capacidad de 140 GPM.
- Una toma de recepción de gas LP con dos bocas tomas de gas LP líquido y una boca toma de gas LP vapor.
- Dos tomas de suministro de gas LP, cada una con una boca toma de gas LP líquido y una boca toma de gas LP vapor.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 12 de 191
---	--	--

- 1 bomba de agua contra incendio accionada con motor eléctrico con una capacidad de 3600 LPM.
- 1 bomba de agua contra incendio accionada con motor de combustión interna con una capacidad de 1600 LPM.
- 2 compresores de aire con motor eléctrico de 5 HP.

Los equipos no operan de manera continua, el proceso opera por lotes.

Las actividades que se desarrollarán durante la operación de la planta serán:

- Recepción de Gas L.P por medio de semirremolques.
- Almacenamiento de Gas L.P.
- Carga de autotanques.
- Actividades propias de mantenimiento de este tipo de instalaciones.
- Actividades administrativas relacionadas con la comercialización del Gas L.P.
- Y a futuro se prevé la inyección de gas L.P. a un gasoducto de 8" denominado Cancún-Riviera Maya.

El Gas L.P. será suministrado por una empresa externa que no forma parte de los activos de la instalación Riviera 1; el suministro se realizará por medio de semirremolques con una capacidad nominal promedio de 40,000 litros y con un volumen máximo del 85% de su capacidad.

Con respecto a la operación de carga y descarga se requiere de un tiempo aproximado de 180 minutos para vaciar un semirremolque. Se estiman menos de 300 operaciones de trasiego en un año; sin embargo, esto será definido al entrar la planta en operación y con base a la demanda de los usuarios.

Sobre los autotanques y sus características, se trata de unidades con capacidades de entre los 5,800 y 17,000 lts de agua al 100% mismos que cumplirán con lo dispuesto en la normatividad vigente.

Con respecto al número de autotanques, Gas del Caribe no cuenta con una flotilla asignada para el proyecto hasta no tener un permiso de operación, ahora bien, si la Agencia considera necesario, podríamos presentar el inventario de la flotilla una vez que se adquiera.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 13 de 191
---	--	--

Ubicación

El predio se ubica a una distancia aproximada de 10 Km en dirección al Noreste de la zona urbana de Playa del Carmen, a 200 metros al norte de la carretera Federal 307 Cancún- Tulum, y a 16.8 kilómetros al Suroeste de Puerto Morelos.

La Planta de Distribución de gas LP se encuentra ubicada a un costado de la Carretera Federal 307 Cancún – Tulum aproximadamente en el km 306 en el predio denominado “TZEK-EL”, Fracción V de la Sección I, Manzana 021, Lote 016, ubicado en Playa del Carmen, Municipio Solidaridad, Estado de Quintana Roo.

El predio cuenta con una superficie de 90,000 m² y el polígono está delimitado por las coordenadas UTM, que se indican en la tabla 3-1.

Tabla 3-1 Coordenadas UTM que delimitan la poligonal del terreno de la Planta

Coordenadas U.T.M.		
Vértice	X	Y
1	2'293,163.63	501,152.69
2	2'293,229.82	501,053.03
3	2'293,492.30	501,233.26
4	2'293,680.50	500,922.51
5	2'293,434.35	500,753.45
6	2'293,241.72	501,037.62
7	2'293,231.90	501,030.67
8	2'293,153.78	501,145.93
Superficie =90,000 m ²		

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 14 de 191
---	--	--

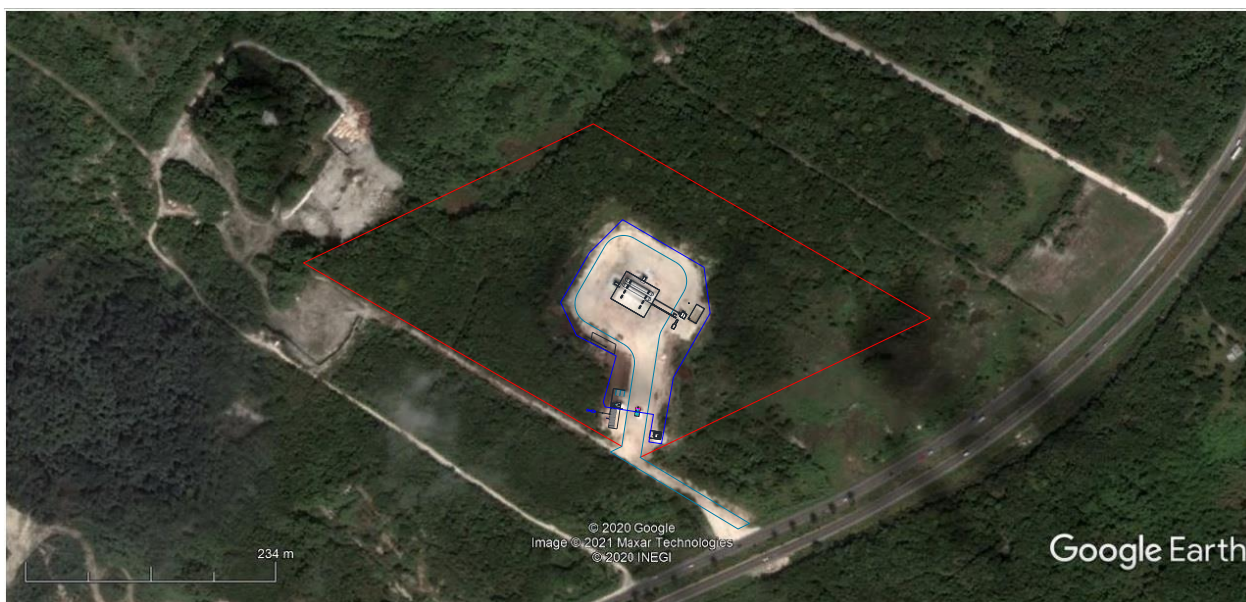


Figura 3-1. Polígono del predio donde se localiza la Planta de Distribución de gas LP.

Colindancias:

Las colindancias del terreno son las siguientes:

- Al norte colinda en 363.44m con terreno baldío sin actividad aparente de la fracción II propiedad del rancho TZEK-EL. El predio está rodeado de vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia, con diferentes especies entremezcladas.
- Al sur colinda en 363.44 m con terreno baldío sin actividad aparente de la fracción I propiedad del rancho TZEK-EL. El predio está rodeado de vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia, con diferentes especies entremezcladas.
- Al oeste colinda en 300m con terreno baldío sin actividad aparente de la fracción I propiedad del rancho TZEK-EL. El predio está rodeado de vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia, con diferentes especies entremezcladas.
- Al este colinda en 300m con terreno baldío sin actividad aparente de las fracciones I y IV propiedad del rancho TZEK-EL. El predio está rodeado de vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia, con diferentes especies entremezcladas.

En ninguna de las colindancias mencionadas anteriormente se desarrollan actividades que pongan en peligro la operación normal de la planta de Distribución de Gas LP, y tampoco existen centros hospitalarios,

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 15 de 191
---	--	--

educativos o de reunión en un radio de 500m a partir de la tangente de alguno de los recipientes de almacenamiento.

La infraestructura o desarrollos cerca del predio corresponden a la Estación de Servicio No. 12641, situada al suroeste a unos 710 m de distancia, Cemix Hormigón se ubica a unos 533m al suroeste, Hotel El Dorado se ubica a unos 510m al suroeste, Carretera Federal 307 Cancún – Tulum ubicada a unos 240m al sur, tal como se puede observar en la figura 3-2.



Figura 3-2. Colindancias del predio del proyecto en un radio de 500m.

El predio del proyecto no se encuentra colindante con asentamientos humanos, áreas naturales protegidas, zonas de reserva ecológica y cuerpos de agua.

La zona de asentamientos humanos más cercana al predio es el club de playa Maroma Beach, ubicada a 1.9 Km de distancia del predio aproximadamente.

El cuerpo de agua más cercano es el mar Caribe, localizado aproximadamente a 2.3 kilómetros de distancia.

En cuanto a las áreas naturales protegidas, el predio del proyecto se localiza aproximadamente a 18.9 km de distancia de la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano (decretado como tal el 7 de diciembre del 2016 en el DOF) y a aproximadamente a 17 km de distancia del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (decretado en el DOF el 2 de febrero de 1998).

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 16 de 191
---	---	--

Bases de diseño

El clima en la región corresponde al cálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (78.79%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (21.21%).

La temperatura promedio anual es de 25.8 °C, en tanto que la media mensual oscila de 22.8 °C, en el mes más frío (enero), a 28.0 °C en el mes más cálido (julio y agosto), por lo que la oscilación térmica es de 5.2 °C. La zona presenta un relieve muy escaso y no hay ríos superficiales. Los vientos alisios dominan, aunque son interrumpidos por “nortes” de octubre a mayo.

La precipitación pluvial anual es de 1331.2 mm, con temporadas de seca que van desde febrero hasta mayo, una precipitación del mes más seco que va de 0 a 60 mm; mientras que la temporada de lluvia es en verano, de junio hasta noviembre. Al término e inicio del año se presentan lloviznas invernales desde diciembre hasta enero como resultado de las masas de aire frío continental denominadas norte. La temporada de huracanes comprende los meses de junio a noviembre, de los cuales agosto y septiembre son los meses de más alta incidencia. La humedad relativa promedio varía de 80% a 90%.

Para el caso específico del Estado de Quintana Roo en general, este no es una zona sísmica, se ubica en la Zona A, calificada como de escasa actividad sísmica y de baja magnitud.

La zona no es susceptible a fenómenos naturales tales como: Terremotos, corrimientos de tierra, derrumbamientos o hundimientos, erosión o riesgos radiológicos, pero es susceptible a huracanes y tormentas tropicales.

Las condiciones por viento y por sismo consideradas en el diseño se listan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Condiciones por viento y condiciones por sismo consideradas en el diseño de la Planta.

Condiciones por viento ¹		Condiciones por sismo ²	
Factor	Unidad/Clasificación	Factor	Unidad/Clasificación
Altitud sobre el Nivel del Mar	9m	Clasificación de la construcción según su destino	Grupo A
Temperatura Media Anual	25.8 °C	Clasificación de las construcciones según su estructuración	Tipo 5
Velocidad Regional (periodo de retorno de 50 años) Los	148 km/h	Tipo de suelo	De acuerdo con el estudio

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 17 de 191
---	---	---

Condiciones por viento ¹		Condiciones por sismo ²	
Factor	Unidad/Clasificación	Factor	Unidad/Clasificación
vientos dominantes fluyen de noreste al sureste.			de Mecánica de Suelos
Clasificación de las Estructuras según su destino	Grupo A	Zona Sísmica	A
Clasificación de la Estructura según su respuesta ante la acción del viento	Tipo II	Espectro para Diseño Sísmico (según tabla 3.1 del Manual para Diseño por Sismo)	c=0.08 Ta=0.6, Tb=2.9, r=1 Parámetros asociados al tipo de Suelo definido por el estudio de Mecánica de Suelos
Categoría del Terreno	Categoría 1	Factor de Comportamiento Sísmico	Q=1.3
Clase de la Estructura según su tamaño	Clase A	--	--
Factor de Topografía	1.0	--	--

1: Manual de Diseño por Viento de la Comisión Federal de Electricidad

2: Manual de Diseño por Sismo de la Comisión Federal de Electricidad

El Proyecto denominado “Planta de Distribución de gas Licuado de Petróleo” perteneciente a la empresa Gas del Caribe S.A. de C.V., fue diseñado de acuerdo con lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas vigentes aplicables al transporte, distribución y almacenamiento de gas Licuado de Petróleo, así como a los lineamientos que señalan la Ley de Hidrocarburos publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 11 de Agosto 2014 y a su Reglamento; al Reglamento de las Actividades a que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 31 de Octubre de 2014.

A continuación, en la Tabla 3-3, se citan normas oficiales mexicanas vigentes aplicables al transporte, distribución y almacenamiento de gas Licuado de Petróleo.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 18 de 191
---	--	--

Tabla 3-3. Normas Oficiales Mexicanas a las que se apegará el diseño, construcción, operación y mantenimiento de equipos que se instalarán en la planta de Distribución de gas L.P.

Clave	Descripción
NOM-001-SESH-2014	Plantas de distribución de Gas LP, Diseño, construcción y condiciones seguras en su operación.
NOM-007-SESH-2010	Vehículos para el transporte y distribución de Gas LP, Condiciones de seguridad, operación y mantenimiento.
NOM-013-SEDG-2002	Evaluación de espesores mediante medición ultrasónica usando el método de pulso-eco, para la verificación de recipientes tipo no portátil para contener Gas LP, en uso.
NOM-021/ISCFI-1993	Recipientes sujetos a presión no expuestos a calentamiento por medios artificiales para contener gas L.P. tipo no portátil - requisitos generales.
NOM-001-SEDE-2012	Instalaciones eléctricas.
NOM-002-SEDE-2010	Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución.
NOM-002-STPS-2010	Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
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-017-STPS-2008	Equipo de protección personal. Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
NOM-018-STPS-2000	Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.
NOM-022-STPS-2008	Electricidad estática en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad.
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
NOM-025-STPS-2008	Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

Reglamento de construcción del municipio de solidaridad.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 19 de 191
---	--	--

Accesos

El acceso a la planta es a través de la carretera Federal 307 Cancún-Tulum a la altura del km 306 y se da vuelta a la izquierda para tomar un tramo de terracería consolidada.

Inicio de operaciones

Se tiene contemplado iniciar operaciones en el primer semestre de 2021.

Autorizaciones oficiales para realizar actividades del sector Hidrocarburos.

- **Secretaría de Energía**, Título de Permiso de Distribución mediante Planta de Distribución de Gas Licuado de Petróleo con una capacidad de 1'500,000 litros agua en 6 tanques No. PAD-QROO 06110409, 06 de junio de 2011.
- **Comisión Reguladora de Energía**, Clasificación e inscripción del Título de Permiso de Distribución mediante Planta de Distribución de Gas Licuado de Petróleo, Num. LP/14890/DIST/PLA/2016.
- **H. Ayuntamiento de Solidaridad**, Quintana Roo, Dirección General de Ordenamiento Ambiental y Urbano, Dirección de Desarrollo Urbano, Licencia de Construcción C/10-1679.
- **H. Ayuntamiento de Solidaridad**, Quintana Roo, Dirección General de Ordenamiento Ambiental y Urbano, Dirección de Medio Ambiente, Permiso Remoción Vegetal Condicionada No. 278/2010.

Las autorizaciones oficiales con que cuenta la planta de distribución de gas LP Riviera I se muestran en el **Anexo K**.

Los dictámenes con que cuenta la planta son los siguientes:

Ing. Eliseo Benítez Tovar, Unidad de Verificación en materia de gas L.P. No. UVSELP-188 A, Dictamen de medición ultrasónica de espesores del TB-204 de acuerdo con la NOM-013-SEDG-2002, "Evaluación de espesores mediante medición ultrasónica usando el método de PULSO-ECO, para verificación de recipientes tipo no portátiles para contener gas L.P., en uso", 15/01/2021.

Ing. Eliseo Benítez Tovar, Unidad de Verificación en materia de gas L.P. No. UVSELP-188 A, Dictamen de medición ultrasónica de espesores del TB-271 de acuerdo con la NOM-013-SEDG-2002, "Evaluación de espesores mediante medición ultrasónica usando el método de PULSO-ECO, para verificación de recipientes tipo no portátiles para contener gas L.P., en uso", 15/01/2021.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 20 de 191
---	--	--

Jorge M Rodríguez Acuña, Unidad de Verificación en materia de gas L.P. No. UVSELP-096 C, DICTAMEN No. UVSELP096-C/NOM-001/002/2019, en cumplimiento a lo dispuesto en la norma NOM-001-SESH-2014 “Plantas de Distribución de gas L.P. diseño, construcción y condiciones seguras en su operación”, 02/11/2019.

Jose Sosa Pulido Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas No. UVSEIE 480-A, Dictamen de Verificación de Instalaciones eléctricas, en cumplimiento con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 “Instalaciones Eléctricas”, 06/12/2016.

Los dictámenes se muestran en el **Anexo L.**

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 21 de 191
---	--	--

3.1 PROYECTO

3.1.1. PROYECTO CIVIL

3.1.1.1. *Delimitaciones del terreno*

El terreno de la Planta Distribución de Gas L.P., se encuentra en una zona no urbana, y la totalidad del predio no está delimitado físicamente. El terreno que ocupa la planta afecta un área construida que equivale a un 18% aproximadamente de la totalidad del predio, tiene forma irregular y se encuentra delimitada en su lindero Sureste (desde la entrada a la planta hasta la cisterna de agua contra incendio), mediante una barda de block con una altura de 3m, y de ahí en adelante, el resto de la planta se encuentra delimitada con malla ciclónica. En la mayor parte de sus linderos Noreste, Noroeste y Suroeste, están delimitados mediante malla ciclónica con altura de 3 metros sobre el nivel del piso, rematada con concertina para protección. El frente de la planta también está construido con muros de block. Ver Plano No. 3 del Proyecto Civil en el **Anexo A**.

3.1.1.2. *Accesos*

El camino de acceso a la planta mide aproximadamente 8 metros de ancho y aproximadamente 120 metros de largo desde la carretera federal 307 a la entrada principal de la planta de gas, es de terracería compactada e inicia en el kilómetro 306 de la carretera federal Cancún-Tulum.

Al llegar frente al predio de la planta, el camino se bifurca y el ramal que dobla a la derecha se ensancha hasta 12 metros para facilitar la entrada y salida simultánea de semirremolques y autotankers, así como el estacionamiento de vehículos particulares de visitas fuera del predio. Esta zona está delimitada por ambos lados con bardas de block, que en conjunto suman 29 metros de longitud.

Por el lindero Sur de la Planta se cuenta con dos puertas de 7.40 metros de ancho cada una, de las cuales una es usada para entrada y salida de los vehículos como autotankers y semirremolques propiedad de la misma empresa y la otra es usada para salida de emergencia. Dichas puertas son metálicas en su totalidad.

En el interior del predio se construyó un acceso vial de concreto armado con 19.00 m. de ancho y aproximadamente 87.0 m de largo hacia el patio de maniobras que circunda el área de tanques de almacenamiento, así como un área no delimitada, destinada a estacionamiento vehicular.

Ver Plano No. 3 del Proyecto Civil en el **Anexo A**.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 22 de 191
---	---	--

3.1.1.3. Edificios

Las construcciones destinadas para las oficinas, almacén y servicios sanitarios para el personal obrero se localizan por el lindero Sur del terreno de la Planta. Por el lindero Este se localizan las construcciones destinadas a cisterna de agua para el sistema contra incendio, caseta de equipos y bombas para el sistema contra incendio, así mismo el tablero eléctrico general. Los materiales con que están construidas son en su totalidad incombustibles, ya que sus techos son de losa de concreto, paredes de tabique y cemento con puertas y ventanas metálicas.

Estas construcciones se encuentran fuera del área de circulación y maniobras de la planta.

Dentro de las oficinas se localizan los servicios sanitarios para uso de los trabajadores, cuentan con retretes y lavabo, construidos en su totalidad con materiales incombustibles. Los servicios sanitarios cuentan con pisos impermeables y antiderrapantes, los muros están cubiertos con materiales impermeables hasta una altura de 1.50 m para su fácil limpieza.

Ver Plano No. 1 del Proyecto Civil en el **Anexo A**.

3.1.1.4. Zona de almacenamiento

La zona de almacenamiento ocupa una superficie de 1,058.29 m² (29.52 x 35.85 m), albergando 2 tanques horizontales de 250,000 L cada uno, siendo una capacidad nominal de 500,000 L de almacenamiento de Gas L. P., y contando con bases de concreto para 2 tanques más a futuro.

La zona de almacenamiento está ubicada sobre una plataforma de concreto de aproximadamente 0.81 metros de altura, con una pendiente de 2% para el desalojo de aguas pluviales. Cada uno de los tanques de almacenamiento se encuentra montado sobre dos silletas metálicas las cuales están asentadas en bases de concreto armado debidamente cimentadas, de 3.04 m de largo, 0.80 m de espesor y 1.87 m de altura medidos desde el nivel de piso terminado de la plataforma hasta la base del tanque, con distancia máxima de separación entre ambos tanques de 2.00 m.

En la zona de almacenamiento se cuenta con cable de cobre desnudo que conecta a los recipientes de almacenamiento de Gas L.P. al sistema general de tierras. Las bombas que abastecen a las tomas de suministro, para su protección, se localizan en el interior de esta zona.

Los tanques tienen una altura de 2.12 metros medida desde su parte inferior a nivel del piso terminado de la zona de almacenamiento.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 23 de 191
---	--	--

Para efectuar la lectura de los instrumentos de indicación local se cuenta con una escalerilla en pasarela fija para los recipientes.

Para el acceso a la parte superior de los recipientes de almacenamiento se tiene instalada una escalera fija en cada extremo de los recipientes y en la parte superior se cuenta con una plataforma y una pasarela que permite el tránsito entre los recipientes.

Las bombas y compresor para el manejo de gas LP se encuentran dentro de la misma plataforma de almacenamiento cumpliendo con las distancias mínimas reglamentarias a su zona de protección.

Ver Plano No. 2 del Proyecto Civil en el **Anexo A**.

3.1.1.5. Muelle de recepción de semirremolques.

El área de recepción de semirremolques está ubicada en el costado noroeste de la instalación, construida sobre talud de concreto armado con piso de relleno de tierra compactada con terminación firme de concreto, cuenta con columnas y techo de concreto.

Las dimensiones del muelle de descarga o isleta de recepción de semirremolques son: 4.0m de largo X 2.50m de ancho y 0.81m de altura, medidos desde el nivel de piso terminado, y una superficie de aproximadamente 10 m². Ver Plano No. 1 del Proyecto Civil en el **Anexo A**.

Este talud está pintado en su perímetro con franjas diagonales alternadas de amarillo y negro.

3.1.1.6. Muelle de carga de autotanques

El área de carga de autotanques está ubicada en el costado norte de la instalación, construida sobre talud de concreto armado con piso de relleno de tierra compactada con terminación firme de concreto, cuenta con columnas y techo de concreto.

Las dimensiones del muelle de carga o isleta de suministro a autotanques: 4.0m. de largo X 2.50m. de ancho y 0.81 m de altura, medidos desde el nivel de piso terminado, y una superficie de aproximadamente 10 m². Ver Plano No. 1 del Proyecto Civil en el **Anexo A**.

Este talud está pintado en su perímetro con franjas diagonales alternadas de amarillo y negro.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 24 de 191
---	--	--

3.1.1.7. Estacionamiento

La zona destinada para el estacionamiento para los vehículos distintos de los autotankers se localiza por el lado Suroeste del terreno de la Planta, está ubicado fuera del área de circulación y maniobras, de tal forma que la entrada o salida de cualquier vehículo a estacionarse no interfiera con la libre circulación de los demás sin afectar a los vehículos ya estacionados. El piso es de grava y material compacto y cuenta con la pendiente adecuada para evitar la acumulación de aguas de lluvia.

Ver Plano No. 1 del Proyecto Civil en el **Anexo A**.

3.1.1.8. Trincheras para tubería

Se cuenta con trincheras con rejillas metálicas removibles y diseñadas para soportar una carga estática de cuando menos 25 kgf/cm². Las trincheras cuentan con los medios para el desalojo de aguas pluviales.

Ver Plano No. 1 del Proyecto Civil en el **Anexo A**.

3.1.1.9. Cobertizo de maquinaria

Para proteger de la intemperie las bombas de suministro de gas LP y el compresor se cuenta con cobertizos con postes metálicos y revestimientos laterales metálicos y techos de lámina galvanizada. Adicionalmente se cuenta con cobertizos en las tomas de suministro y recepción las cuales tienen un techo de concreto sobre postes de concreto.

3.1.1.10. Relación de distancias mínimas

Las distancias mínimas en esta Planta serán las siguientes:

Ver Plano No. 3 del Proyecto Civil en el **Anexo A**.

a) De la tangente del tanque de almacenamiento más cercano a:

Distancia de la tangente del tanque de almacenamiento a:	Distancia
Límite del predio de la Planta de Distribución	108.68
Espuela de ferrocarril:	No aplica
Llenaderas de recipientes transportables:	No aplica

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 25 de 191
---	---	--

Distancia de la tangente del tanque de almacenamiento a:	Distancia
Plataforma del muelle de llenado:	No aplica
Lindero de la zona de revisión de recipientes transportables:	No aplica
Zona de venta al público:	No aplica
Oficina, bodegas, cuarto de servicio o caseta de vigilancia	43.86 m
Otro recipiente de almacenamiento:	2.00 m
Piso terminado:	2.12 m
Planta generadora de energía:	No aplica
Talleres:	No aplica
Zona de almacenamiento interno de Diesel:	No aplica
Bocatoma de carga y descarga de Diesel:	No existe
Bocatoma de carburación autoconsumo:	No aplica
Bocatoma de recepción de carrotanque de FF.CC.	No aplica
Bocatoma de suministro	7.04 m
Bocatoma de recepción	7.04 m
Vegetación de ornato:	15.00 m
Cara exterior del medio de protección:	3.00 m
Fuente de calor del sistema de sellado	No aplica
Calentadores de agua a fuego directo, colocados fuera de construcciones,	No aplica
A construcciones donde existen estufas, calentadores o parrillas eléctricas o	43.86 m
Cajón de estacionamiento para vehículos distinto de los de reparto,	108.24 m

b) De llenaderas de recipientes transportables a:

Distancia de llenaderas de recipientes a	Distancia
Zona de venta al público:	No aplica
Límite de predio lado Este:	No aplica
Límite de predio lado Norte:	No aplica
Límite de predio lado Oeste:	No aplica

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 26 de 191
---	---	---

Distancia de llenaderas de recipientes a	Distancia
Límite de predio lado Sur:	No aplica
Oficinas:	No aplica
Cuarto de servicio o caseta de vigilancia:	No aplica
Taller:	No aplica
Bocatoma de recepción:	No aplica
Bocatoma de suministro:	No aplica
Bocatoma de carburación	No aplica
Fuente de calor del sistema de sellado:	No aplica
Calentadores de agua a fuego directo, colocados fuera de construcciones,	No aplica
A construcciones donde existen estufas, calentadores o parrillas eléctricas o	No aplica

c) De bocatoma de recepción, suministro o carburación más cercana a:

Distancia de bocatoma de recepción, suministro a:	Distancia
Límite de predio de la Planta de Distribución	100.27 m
Zona de venta al público:	No aplica
Oficina, Bodegas, cuarto de servicio o caseta de vigilancia	111.40 m
Talleres:	No aplica
Almacenamiento interno de combustibles diferentes a gas LP	No aplica
Fuente de calor del sistema de sellado:	No aplica
Calentadores de agua a fuego directo, colocados fuera de construcciones,	No aplica
A construcciones donde existen estufas, calentadores o parrillas eléctricas o	111.40 m

d) De bombas y compresores más cercanos a:

Límite de su zona de protección:	0.95m
----------------------------------	-------

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 27 de 191
---	--	--

e) De soporte de toma de recepción o de toma de suministro a:

Paño exterior del medio de protección contra impacto vehicular	0.62m
--	-------

f) Del paño exterior del dique a:

No contará con dique.

Distancia de la tangente del tanque de almacenamiento a:	Distancia
Almacén de combustibles externos:	No aplica
Almacén de explosivos:	No aplica
Casa habitación:	Mayor a 100m
Escuela:	Mayor a 100m
Hospital:	Mayor a 100m
Iglesia:	Mayor a 100m
Lugar de reunión:	Mayor a 100m
Recipientes de almacenamiento de otras plantas de distribución, depósitos,	Mayor a 100m
Recipientes de almacenamiento de una estación de gas LP, para	No aplica

Las memorias de cálculo del proyecto civil se presentan en el **Anexo H**.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 28 de 191
---	--	--

3.1.2. PROYECTO MECÁNICO

(Ver plano No. 1 del Proyecto Mecánico).

3.1.2.1. Recipientes de almacenamiento

Esta Planta cuenta con dos recipientes de almacenamiento del tipo intemperie cilíndrico-horizontal, especiales para contener Gas L.P., los cuales se localizan de tal manera que cumplen con las distancias mínimas reglamentarias.

Los recipientes cuentan con silletas metálicas y se tienen montados sobre bases de concreto de tal forma que pueden desarrollar libremente sus movimientos de contracción y dilatación. Entre la placa de las silletas y la base se aplicó material impermeabilizante para minimizar los efectos de corrosión por humedad.

Como protección se cuenta con una plataforma de concreto con altura de 0.81 metros.

Los recipientes se encuentran nivelados por sus domos y cada uno tiene una altura mínima de 2.12 metros medidos de la parte inferior de los mismos al nivel del piso terminado.

A los costados de los recipientes se tiene una escalera metálica con pasarela para tener acceso a la parte superior de los mismos para mantenimiento de las válvulas, también se cuenta con una escalerilla con pasarela al frente de cada uno de los tanques, misma que es usada para la toma de lectura de los instrumentos locales de medición.

A un costado del recipiente se tendrá una escalera metálica con pasarela para tener acceso a la parte superior del mismo, también contará con una escalerilla al frente y pasarela, misma que será usada para tener mayor facilidad en el uso y lectura del instrumental.

Los recipientes, escaleras y pasarelas metálicas, cuentan con una protección para la corrosión de un primario inorgánico a base de zinc Marca Carboline Tipo R.P.480 y pintura de enlace primario epóxico catalizador Tipo R.P. 680.

A continuación, se muestran las características de los tanques de almacenamiento de gas L.P.



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 29 de 191

Características de los recipientes		
Características	Recipiente No. 1	Recipiente No. 2
Marca	TATSA	TATSA
Según Norma	NOM-021/1SCFI-1993	NOM-021/1SCFI-1993
Capacidad en lts. de agua	250,000	250,000
Año de fabricación	1984	1984
Diámetro exterior	3,380 mm	3,380 mm
Longitud total	29,900 mm	29,900 mm
Presión de trabajo	14.06 kg/cm ²	14.06 kg/cm ²
Factor de seguridad	4	4
Forma de las cabezas	Semiesféricas	Semiesféricas
Eficiencia	100%	100%
Material lamina cabezas	SA-612-A	SA-612-A
Espesor lámina cabezas	9.53 mm	9.53 mm
Material lámina cuerpo	SA-612-A	SA-612-A
Espesor lámina cuerpo	16.58 mm	16.58 mm
No. de serie	TB-204	TB-271
Tara	45,000 kg	45,000 kg
Presión de diseño	14 a 21 kg/cm ²	14 a 21 kg/cm ²
Presión máxima de vapor	12.3 kg/cm ²	12.3 kg/cm ²
Temperatura de diseño	37.8 °C	37.8 °C

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 30 de 191
---	---	--

El recipiente I cuenta con los siguientes accesorios y válvulas:

Diámetro	Descripción
25.4 cm	Un indicador de nivel magnético para gas líquido, marca MAGNATEL.
12.7 mm	Un termómetro marca ROCHESTER con graduación de -20 a 50°C.
6.4 mm	Un manómetro marca METRÓN con graduación de 0 a 21 kg/cm ² .
6.4 mm	Válvula de máximo llenado 90%, REGO 3165.
6.4 mm	Válvula de máximo llenado 85%, REGO 3165.
76 mm	3 válvulas internas para gas líquido con actuador neumático marca REGO modelo A3213R400, las cuales actúan como válvulas de exceso de flujo y de control remota.
51 mm	1 válvula interna para gas líquido con actuador neumático marca REGO modelo A3212R250, la cual actúa como válvula de exceso de flujo y de control remota (retorno).
51 mm	2 válvulas internas para gas vapor con actuador neumático marca REGO modelo A3212R250, las cuales actúan como válvulas de exceso de flujo y de control remota.
51	Válvula de exceso de flujo para dren, REGO A3292C
101 mm	2 aditamentos múltiples para válvulas o multiport bridadas
64 mm	4 válvulas de seguridad en cada aditamento multiple
51	Tapón macho, acero

Es importante mencionar que las válvulas de seguridad que se tienen instaladas en la parte superior del recipiente cuentan con tubos de descarga de acero al carbono cedula 40 de 76 mm (3") de diámetro y de 2.00 m de altura pintados en color blanco y cuentan con capuchones protectores.

Una de las válvulas de relevo es adicional, no incluida en la determinación de flujo, con esto se permite proporcionar servicio y/o reemplazar cualquiera de las válvulas de seguridad sin sacar de operación el recipiente. El volante en el cuerpo del ensamble selectivamente cierra el puerto de entrada a la válvula de

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 31 de 191
---	---	--

seguridad que se está cambiando o proporcionando mantenimiento, mientras las otras tres válvulas de seguridad proporcionan protección al recipiente.

El recipiente de almacenamiento estará pintado de color blanco y en sus casquetes un círculo color rojo del tamaño de una tercera parte del diámetro de este, también tendrá inscrito con caracteres no menores de 15 cm el producto contenido, la capacidad total en litros agua y número económico.

El recipiente II cuenta con los siguientes accesorios y válvulas:

Diámetro	Descripción
25.4 cm	Un indicador de nivel magnético para gas líquido, marca MAGNATEL.
12.7 mm	Un termómetro marca ROCHESTER con graduación de -20 a 50°C.
6.4 mm	Un manómetro marca METRÓN con graduación de 0 a 21 kg/cm ² .
6.4 mm	Válvula de máximo llenado 90%, REGO 3165.
6.4 mm	Válvula de máximo llenado 85%, REGO 3165.
76 mm	3 válvulas internas para gas líquido con actuador neumático marca REGO modelo A3213R400, las cuales actúan como válvulas de exceso de flujo y de control remota.
51 mm	1 válvula interna para gas líquido con actuador neumático marca REGO modelo A3212R250, la cual actúa como válvula de exceso de flujo y de control remota (retorno).
51 mm	2 válvulas internas para gas vapor con actuador neumático marca REGO modelo A3212R250, las cuales actúan como válvulas de exceso de flujo y de control remota.
51	Válvula de exceso de flujo para dren, REGO A3292C
101 mm	2 aditamentos múltiples para válvulas o multiport bridadas
64 mm	4 válvulas de seguridad en cada aditamento multiple
51	Tapón macho, acero

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 32 de 191
---	--	--

Es importante mencionar que las válvulas de seguridad que se tienen instaladas en la parte superior del recipiente cuentan con tubos de descarga de acero al carbono cedula 40 de 76 mm (3") de diámetro y de 2.00 m de altura pintados en color blanco y cuentan con capuchones protectores.

Una de las válvulas de relevo es adicional, no incluida en la determinación de flujo, con esto se permite proporcionar servicio y/o reemplazar cualquiera de las válvulas de seguridad sin sacar de operación el recipiente. El volante en el cuerpo del ensamble selectivamente cierra el puerto de entrada a la válvula de seguridad que se está cambiando o proporcionando mantenimiento, mientras las otras tres válvulas de seguridad proporcionan protección al recipiente.

El recipiente de almacenamiento estará pintado de color blanco y en sus casquetes un círculo color rojo del tamaño de una tercera parte del diámetro de este, también tendrá inscrito con caracteres no menores de 15 cm el producto contenido, la capacidad total en litros agua y número económico.

Cada recipiente cuenta con una conexión para cable a tierra física.

3.1.2.2. Bombas

La planta cuenta con dos bombas para realizar las operaciones de carga de autotankes.

Bombas I y II	
Operación	Carga de autotankes
Marca	Corken Coro Van
Modelo	Z3500HGA6MT
Motor Eléctrico	10 C.F.
R.P.M.	780
Capacidad nominal	529.9 L.P.M. (140 GPM)
Presión diferencial	8.79 kg/cm ²
Tubería de succión	76 mm (3") Ø
Tubería de descarga	76 mm (3") Ø

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 33 de 191
---	--	--

Las bombas están ubicadas dentro de la plataforma de los recipientes de almacenamiento, y cuentan en la succión y descarga con conectores flexibles metálicos.

En el cabezal de succión de las bombas se cuenta con un filtro resistente para una presión de trabajo no menor a 17.58 kg/cm², este ayuda a evitar daños a bombas u obstruir líneas de tuberías. El filtro es accesible para su mantenimiento y limpieza.

A la descarga de cada bomba se cuenta con una válvula de control automático de 51 mm (2") de diámetro para retorno de gas líquido excedente al tanque de almacenamiento, este control consiste en una válvula automática, la que actúa por presión diferencial y están calibradas para una apertura de 5 kg/cm².

3.1.2.3. **Compresor**

Para la operación de descarga de semiremolques se usará un compresor cuyas características son las siguientes:

Operación	Descarga de semirremolques
Marca	Blackmer
Modelo	LB 601B
Motor Eléctrico	25 C.F.
R.P.M.	794.72
Capacidad	1264 L.P.M (333.95 G.P.M.)
Desplazamiento	88.99 m ³ /h
Tubería de gas-vapor en succión	51 mm (2") ∅
Tubería de descarga gas-líquido	51, 76, 101 mm (2", 3", 4") ∅

El compresor está ubicado dentro de la plataforma de los recipientes de almacenamiento e instalado entre conectores flexibles metálicos y cuenta con válvula de alivio de presión. La tubería de desfogue descarga a una altura de 2.5 m.

Cada bomba y el compresor, junto con sus motores, están montados sobre una base metálica, la que a su vez se fijará por medio de tornillos anclados a otra base de concreto.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 34 de 191
---	--	--

Los motores eléctricos acoplados a las bombas y al compresor, son los apropiados para operar en atmósferas de vapores combustibles y cuentan con interruptor automático de sobrecarga, además se encuentran conectados al sistema de tierras de la planta.

3.1.2.4. Toma de recepción

La toma de recepción se utiliza para la descarga de Semirremolques y cuenta con un compresor de la marca Blackmer Modelo LB601-B con un motor eléctrico de 25 HP.

El compresor succiona gas vapor de uno u otro de los recipientes de almacenamiento a través de un cabezal de 51 mm (2") de diámetro. El cabezal general se interconecta a cada recipiente mediante te, conector metálico flexible, válvula de globo recta y válvula interna de control remoto neumática. El cabezal de succión general cuenta en un extremo con brida ciega y válvula de globo recta y se interconecta al compresor mediante válvula de bola recta y conector metálico flexible.

La tubería de descarga de 51 mm (2") de diámetro cuenta con conector metálico flexible, válvula de globo recta, válvula de control remoto neumática, válvula de globo recta, válvula de exceso de flujo de cierre automática y boca terminal de gas vapor.

La boca terminal de gas-vapor cuenta con separador mecánico, manguera, válvula de globo recta y acoplador de llenado para gas vapor.

El compresor cuenta con un arreglo de válvulas que le permiten succionar gas vapor del semirremolque y descargar al cabezal de suministro de gas líquido a los recipientes de almacenamiento.

Las tuberías que conducen gas líquido son de 51 mm (2") de diámetro y se unen en un cabezal de 101 mm (4") de diámetro. Las tuberías cuentan con boca terminal de gas líquido, válvula de relevo hidrostático, válvula de no retroceso, válvula de globo recta e indicador de flujo tipo no retroceso.

El cabezal cuenta con válvula de relevo hidrostática, interconexión mediante válvulas de globo recta con el cabezal de succión y en su extremo con válvula de globo recta y brida ciega. El cabezal de gas líquido se interconecta a cada recipiente mediante te, reducción a 76 mm, conector metálico flexible, válvula de globo recta y válvula interna de control remoto neumática.

En cada boca terminal de gas-liquido se cuenta con separador mecánico, manguera, válvula de globo recta y acoplador de llenado para gas líquido.

La toma de recepción se localiza en la misma plataforma del área de almacenamiento la cual tiene una altura de 0.60 metros del N.P.T.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 35 de 191
---	--	--

3.1.2.5. Tomas de suministro

Para la carga de gas líquido a autotanques se cuenta con dos tomas de suministro. Cada toma de suministro cuenta con una bomba de la marca Corken Coro Van con motor eléctrico de 10 HP.

Las bombas succionan gas líquido de ambos recipientes de almacenamiento a través de un cabezal general de 101 mm (4") de diámetro. El cabezal general se interconecta a cada recipiente mediante te, conector metálico flexible, válvula de globo recta y válvula interna de control remoto neumática.

El cabezal de succión general cuenta en un extremo con brida ciega y válvula de globo recta y en el otro con válvula de bola recta y filtro de paso. El cabezal se divide en dos tuberías de 76 mm (3") de diámetro que se interconectan a cada bomba con válvula de bola recta y conector metálico flexible.

La tubería de descarga de 76 mm (3") de diámetro en cada bomba cuenta con una válvula automática para el retorno de gas líquido hacia los tanques de almacenamiento, conector metálico flexible, válvula de relevo hidrostática, indicador de flujo tipo no retroceso, reducción de tubería a 51 mm (2") de diámetro, válvula de control remoto neumática, válvula de exceso de flujo de cierre automática, válvula de relevo hidrostática y boca terminal de gas líquido.

En cada boca terminal de gas-liquido se cuenta con válvula de relevo hidrostática, separador mecánico, manguera, válvula de globo recta, acoplador de llenado para gas líquido.

Cada válvula automática para el retorno de gas líquido se une a una tubería de 51mm (2") de diámetro mediante conector metálico flexible y válvula de bola recta. Ambas tuberías de 51mm se unen en un cabezal de retorno de 51 mm (2") de diámetro. El cabezal retorna el gas líquido a ambos recipientes y se une a ellos mediante una te, conector metálico flexible, válvula de globo recta y válvula interna de control remoto neumática. El cabezal en su extremo cuenta con válvula de globo recta y brida ciega.

Las tuberías que conducen gas vapor para cada toma de suministro son de 51 mm (2") de diámetro y se unen en un cabezal de 51 mm (2") de diámetro. Las tuberías cuentan con boca terminal de gas vapor y válvula de exceso de flujo con cierre automática y el cabezal general cuenta con válvula de control remoto neumática y en su extremo con válvula de globo recta y brida ciega.

El cabezal general de gas vapor se interconecta a cada recipiente mediante te, conector metálico flexible, válvula de globo recta y válvula interna de control remoto neumática.

En cada boca terminal de gas-vapor se cuenta con separador mecánico, manguera, válvula de globo recta, acoplador de llenado para gas vapor.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 36 de 191
---	--	--

Las tomas de suministro se encuentran localizadas en la misma plataforma del área de almacenamiento la cual tiene una altura de 0.60 metros del N.P.T.

3.1.2.6. Mangueras

Todas las mangueras usadas para conducir Gas L.P. son especiales para este uso, construidas con hule neopreno y doble malla textil, resistentes al calor y a la acción del Gas L.P., están diseñadas para una presión de trabajo de 24,61 Kg/cm² y una presión de ruptura de 140 Kg/cm².

Las mangueras cuando no estén en servicio, sus acopladores quedarán protegidos con tapón.

3.1.2.7. Soportes

Todos los juegos de tomas para su mejor protección estarán fijos en un extremo de su boca terminal en un marco metálico, contando también en esta zona con pinzas especiales para conexión a “tierra” de los transportes al momento de efectuar el trasiego del Gas L.P.

3.1.2.8. Tuberías y conexiones

Todas las tuberías instaladas para conducir gas L.P. son de acero cédula 80, sin costura, para alta presión, con conexiones soldables de acero para una presión mínima de trabajo de 21 Kg/cm², y donde existen accesorios roscados, éstos son para una presión de trabajo de 140-210 Kg/cm² y con tuberías de acero cédula 80. Las tuberías y conexiones son herméticas en todos sus puntos de unión.

Los diámetros de las tuberías instaladas son:

Líneas			
Trayectoria	Líquido	Retorno Líquido	Vapor
De recipientes a tomas de suministro	101 y 76 mm	51 mm	51 mm
De recipientes a tomas de recepción	101 y 76 y 51 mm	No aplica	51 mm

En las tuberías conductoras de gas-líquido y en los tramos en que pueda existir atrapamiento de este entre dos o más válvulas de cierre manual, se tienen instaladas válvulas de seguridad para alivio de presiones

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 37 de 191
---	--	--

hidrostáticas, calibradas para una presión de apertura de 28.00 Kg/cm² y capacidad de descarga de 22 m³/min y son de 13 mm (½") de diámetro.

Para la sujeción y fijación de las tuberías se cuenta con soportería metálica. La tubería y soportes se encuentran pintadas con pintura anticorrosiva.

Código de colores de tuberías que conducen gas LP	
Blanco	Las tuberías que conducen gas LP en fase líquida y desfogue del compresor
Blanco con bandas color verde	Las tuberías que retornarán gas LP en fase líquida.
Amarillo	Las tuberías que conducen gas LP en fase vapor

Las memorias de cálculo del proyecto mecánico se presentan en el **anexo H**.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 38 de 191
---	--	--

3.1.3. PROYECTO SISTEMA CONTRA INCENDIOS

Esta Planta de Distribución de Gas L.P. contará con medidas de seguridad para prevenir, controlar y combatir un incendio a través de una serie de elementos tales como:

3.1.3.1. Manejo de agua contra incendios

Para el manejo de agua contra incendios se cuenta con un sistema compuesto por los siguientes elementos:

- Cisterna con capacidad de 200,000 l y dimensiones de 8.65 m x 16.10 m x 1.5m. El llenado de las cisternas se implementa a base de pipas.
- Cuarto de máquinas construido con materiales incombustibles de concreto armado con block y cemento con dimensiones en planta de 5.00 x 5.00 metros y altura de 2.50 metros, cuenta con acceso para el personal operativo autorizado.
- Se cuenta con una bomba principal con motor eléctrico de 75 HP marca WEG acoplada a una Bomba marca Barnes de México, modelo IA4-75-2 para agua con un gasto de 3600 LPM a 3450 RPM a una presión de 5 kgf/cm².
- Se cuenta con una bomba de respaldo con motor de combustión interna diésel de 134 HP, acoplada a una bomba para agua con un gasto de 3600 LPM a una presión de 5 kgf/cm².
- La red de distribución de agua está conformada por tubería de 203.2 mm de diámetro de fierro galvanizado cédula 40, accesorios y conexiones de fierro fundido. La tubería es visible en toda su extensión, inicia su recorrido en el cuarto de máquinas y alimenta a los 4 hidrantes de 1½" de diámetro x 30m de longitud de manguera, toma siamesa y el sistema de aspersión de los tanques de almacenamiento de Gas L. P.

Ver Plano No. 1 del proyecto Sistema contra Incendio en el **Anexo A**.

3.1.3.2. Hidrantes

La planta cuenta con un sistema de 4 hidrantes con manguera con capacidad de 350 LPM (92.59 GPM) cada uno. Cada hidrante instalado cuenta con una válvula y una manguera de 30 metros de longitud y un diámetro nominal mínimo de 38 mm (1.5"), y las mangueras están equipadas con chiflón o boquilla reguladora que permite surtir una neblina de agua y alcanzar hasta 30 metros de distancia, operando a una presión de trabajo de 5 kg/cm². Cada hidrante se localiza en un gabinete con puerta y llave.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 39 de 191
---	--	--

El sistema de hidrantes cubre el 100% de las áreas de almacenamiento, trasiego y estacionamiento de semirremolques y autotanques, ya que el radio de cobertura de los hidrantes (45 m cada uno) queda dentro de las áreas mencionadas, como se puede verificar en el plano del sistema contra incendio.

Ver Plano No. 2 del proyecto Sistema contra Incendio en el **Anexo A**.

3.1.3.3. Aspersores

Cada tanque de almacenamiento de Gas L.P. cuenta con un sistema de enfriamiento por aspersión, conformado por dos tuberías de rociado paralelas de 76.2 mm de diámetro colocadas simétricamente en la parte superior de los mismos. La tubería cuenta con 46 boquillas aspersoras uniformemente repartidas y alineadas, marca Spraying Systems, rociador tipo cono lleno, modelo 1/2 HH50WSQ fabricado en bronce, con conexión de 13 mm de diámetro y un orificio de 5.5 mm de diámetro con capacidad de 30 LPM (7.92 GPM).

Ver Plano No. 1 del proyecto Sistema contra Incendio en el **Anexo A**.

3.1.3.4. Toma siamesa

Toma siamesa por el exterior de la planta, la cual se ubica a un costado de la caseta de vigilancia.

Ver Plano No. 1 del proyecto Sistema contra Incendio en el **Anexo A**.

3.1.3.5. Extintores manuales

Como medida de seguridad y como prevención contra incendio se encuentran instalados extintores de polvo químico seco del tipo manual de 9 Kg de capacidad cada uno, de los cuales, 14 serán de Bicarbonato de Sodio (Clase BC) y 1 de Dióxido de Carbono CO₂ (Clase C) para el tablero eléctrico que controlan los motores eléctricos y la caseta contra incendio.

Los extintores están instalados a una altura máxima de 1.50 metros y mínima de 1.20 metros medidas del piso a la parte más alta del extintor. Sujetos de tal forma que pueden descolgarse fácilmente para ser usado, estando señalados con un letrero o pictograma visible y protegidos de la lluvia y el sol.

Ver Plano No. 2 del proyecto Sistema contra Incendio en el **Anexo A**.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 40 de 191
---	---	--

La ubicación de los extintores se muestra en la siguiente tabla.

Área	No. Extintores	Tipo	Clase	Radio de Cobertura	Capacidad (kg)
Tomas de recepción	2	Bicarbonato de Sodio	ABC	5.37 m	9.0
Tomas de suministro	2	Bicarbonato de Sodio	ABC	5.37 m	9.0
Zona de almacenamiento	2	Bicarbonato de Sodio	ABC	5.37 m	9.0
Bombas y compresor	3	Bicarbonato de Sodio	ABC	5.37 m	9.0
Bomba contra incendio y caseta E.C.I.	1	Bicarbonato de Sodio	ABC	5.37 m	9.0
Estacionamiento de autotanques	1	Bicarbonato de Sodio	ABC	5.37 m	9.0
Estacionamiento de vehículos utilitarios y de empleados de la empresa	1	Bicarbonato de Sodio	ABC	5.37 m	9.0
Caseta de vigilancia	2	Bicarbonato de Sodio	ABC	5.37 m	9.0
Tablero eléctrico	1	Bióxido de carbono	C	6.58 m	4.5

3.1.3.6. Extintor de carretilla

Adicionalmente se contará con un extintor de carretilla, con capacidad de 50 kg de polvo químico seco (Bicarbonato de Sodio, clase BC), que se localizará en la zona de almacenamiento.

3.1.3.7. Equipo de protección personal para el combate de incendio.

Se cuenta con dos equipos de protección personal para combate contra incendio. Estos se encuentran dentro de un gabinete conteniendo: Casco protector facial, botas, guantes, pantalón y chaquetón para bomberos, confeccionados a base de Nomex, Kevlar o materiales equivalentes.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 41 de 191
---	--	--

3.1.3.8. Comunicaciones

Se contará con teléfonos convencionales conectados a la red pública con un cartel en el muro adyacente en donde se especifican los números a marcar para llamar a los bomberos, la policía y las unidades de rescate correspondientes al área, como Cruz Roja, unidad de emergencias del IMSS cercana, etc., contando con un criterio preestablecido. Además, a través del sistema de radiocomunicación con los camiones repartidores de gas, se darán las instrucciones necesarias a los conductores para que en su caso llamen a las ayudas públicas por medio de teléfono y eviten regresar a la Planta hasta nuevo aviso.

3.1.3.9. Alarmas

Se cuenta con un sistema de aviso de emergencia mediante alarma sonora que puede ser activada manualmente para alertar al personal en caso de emergencia. La botonera se situará fuera del área de oficinas.

3.1.3.10. Sistema de paro por emergencia

Se cuenta con un sistema de paro por emergencia eléctrico el cual controla los motores eléctricos del área de recepción y de suministro.

Se tendrán instalados tres botones de paro en:

- Fuera del cuarto de máquinas.
- Fuera de la caseta de Vigilancia.
- En la toma de suministro a autotanques.

También se cuenta con actuadores accionados neumáticamente proveniente de un compresor de aire. El sistema cierra todas las válvulas con actuador neumático al desalojar o liberar el aire contenido en la red.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 42 de 191
---	---	---

3.1.3.11. *Rótulos de prevención y pintura*

En el interior de la Planta de Distribución de gas LP se instalarán letreros o pictogramas de seguridad visibles en los siguientes lugares:

Rotulo	Pictograma	Lugar
Alarma contra incendio		Interruptores de alarma
Prohibido estacionarse		En puertas de acceso de vehículos y salida de emergencia, por ambos lados y en la toma siamesa
Prohibido fumar		Zonas de Almacenamiento y Trasiego y en su caso en el patín de recepción
Hidrante		Junto a cada Hidrante
Extintor		Junto a cada extintor
Peligro, gas inflamable		Toma de recepción, toma de suministro y uno por cada lado del tanque de almacenamiento.
Se prohíbe el paso a vehículos o personas no autorizados		Acceso a la planta de distribución, en zona de almacenamiento, circulación, zona de trasiego y en su caso en el patín de recepción.
Se prohíbe encender fuego		Zona de almacenamiento, trasiego y estacionamiento para vehículos de la empresa y en su caso en el patín de recepción.
Letreros que indiquen los diferentes pasos de maniobras	LETRERO	Tomas de recepción y suministro
Código de colores de las tuberías	LETRERO	En la entrada de la planta de distribución y en zona de almacenamiento
Salida de emergencia		En el interior y exterior de la puerta

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 43 de 191
---	--	--

Rotulo	Pictograma	Lugar
Ruta de evacuación		Varios lugares
Velocidad máxima 10 km/h		En la zona de circulación y en la entrada de la Planta de Distribución
Punto de arranque del sistema de agua contra incendio	LETRERO	Junto a los interruptores de cada motor
Válvula de alimentación del sistema de enfriamiento por aspersión de agua	LETRERO	Junto a la válvula
Gabinete de equipo de bombero		Junto al gabinete
Botón de paro de emergencia pulse para operar	LETRERO	Junto a interruptores de paro de emergencia

Las memorias de cálculo del proyecto sistema contra incendio se presentan en el **anexo H**.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 44 de 191
---	--	--

3.1.4. PROYECTO ELÉCTRICO

3.1.4.1. *Capacidad del Transformador Alimentador.*

Tomando en cuenta la demanda máxima de KVA, se cuenta con un transformador seco de 75 KVA de capacidad, 220/440 V, que contiene un interruptor termomagnético principal de 500 A, a 220 V y 3 fases. Dicho transformador es propiedad de la empresa y se encuentra en el Cuarto de Control Eléctrico, al interior de la planta.

El Cuarto de Control Eléctrico cuenta con una Subestación de pedestal de 150 KVA, Delta-Estrella, de 13,200 V – 220Y/127 V.

Ver Plano No. 3 del Proyecto Eléctrico en el **Anexo A**.

3.1.4.2. *Fuente de alimentación.*

La alimentación eléctrica se tomará de la línea de CFE que pasa sobre la avenida de acceso con una tensión de 13.2 KV y de la que se toma una derivación mediante un estribo derivador con una protección contra sobretensiones transitorias con un apartarrayos y terminal contráctil en frio de 15 kV, llevando la acometida a la planta por trayectoria subterránea.

Ver Plano No. 3 del Proyecto Eléctrico en el **Anexo A**.

3.1.4.3. *Instalación interior.*

a) Tablero principal:

Se tendrá colocado un tablero principal, próximo a la acometida. Este tablero estará formado por interruptores, arrancadores y tableros de alumbrado, contenidos en gabinetes NEMA 1, y contendrá los siguientes componentes:

- Interruptor principal de 3 x 350 A.
- 1 tablero “A” de alumbrado para la planta con interruptor de 3 x 100 A.
- 1 tablero “B” de alumbrado con interruptor de 3 x 30 A.
- 2 combinaciones de interruptor de 3 x 70 A, con arrancador magnético a tensión plena para motor bomba gas líquido de 10 H.P., para bomba No. 1 y bomba No. 2.
- 1 combinación de interruptor de 3 x 125 A con arrancador magnético a tensión plena para compresor gas vapor de 25 H.P.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 45 de 191
---	--	--

- 1 combinación de interruptor de 3 x 175 A con arrancador magnético a tensión plena para motor bomba contra incendio de 100 H.P.

b) Alimentación contra incendio:

Dentro de la caseta de equipo contra incendio se ubicará el arrancador a tensión reducida con interruptor integrado que alimentará al arrancador del motor de la bomba contra incendio.

c) Derivaciones hacia motores:

Las derivaciones de alimentación hacia motores partirán directamente desde los arrancadores colocados en el tablero principal. Cada circuito realiza su trayecto por canalización individual para mejor atención de mantenimiento y facilidad de identificación.

d) Tipos de motores:

Todos los motores estarán instalados en el área considerada como peligrosa y por lo tanto, serán a prueba de explosión.

e) Control de motores:

Todos los motores se controlarán por estaciones de botones a prueba de explosión ubicados según indica el plano. Los conductores de estas botoneras serán llevados hasta los arrancadores contenidos en el tablero general utilizando canalizaciones subterráneas compartidas con los circuitos de alumbrado exterior y alumbrado de andenes.

f) Alumbrado exterior:

El alumbrado general está instalado sobre postes con luminarias de vapor de sodio de 400 W con altura de 9 metros, a 220 V. Los postes para alumbrado estarán protegidos con muretes de concreto de 1 m de altura contra daños mecánicos.

El alumbrado de andenes (isla de llenado de autotanques e isla de descarga de semirremolques) está instalado en las techumbres correspondientes con luminarias a pruebas de explosión, incandescentes, 150 W 127 V.

El alumbrado de oficinas, sanitarios y demás instalaciones de la planta está constituido por la siguiente luminaria:

- 3 lámparas incandescentes de 40W/127V.
- 6 lámparas fluorescente arbotante 40W/127V.
- 2 lámparas fluorescentes spot 100W/127V.

Ver Plano No. 1 y 2 del Proyecto Eléctrico en el **Anexo A**.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 46 de 191
---	--	--

3.1.4.4. Áreas peligrosas.

De acuerdo con las disposiciones correspondientes se consideran áreas peligrosas a las superficies contenidas junto a los tanques de almacenamiento y las zonas de trasiego de gas L.P. hasta una distancia horizontal de 15.0 m a partir de los mismos.

Por lo anterior, en estos espacios se usan solamente aparatos y cajas de conexiones a prueba de explosión, aislando estas últimas con los sellos correspondientes.

Ver Plano No. 1 del Proyecto Eléctrico en el **Anexo A**.

3.1.4.5. Sistema General de conexiones a “tierra”.

El sistema de tierras tiene como objetivo el proteger de descargas eléctricas a las personas que se encuentren en contacto con estructuras metálicas de la Planta en el momento de ocurrir una descarga a tierra por falla de aislamiento. Además, el sistema de tierras cumple con el propósito de disponer de caminos francos de retorno de falla para una operación confiable e inmediata a las protecciones eléctricas.

Los equipos conectados a “tierra” serán: recipientes de almacenamiento, bombas, compresor, tomas de recepción, tomas de suministro, tuberías, transformador y tablero eléctrico.

Tomas de recepción y suministro cuentan con una conexión a tierra mediante cable flexible y pinzas tipo caimán para conectar los vehículos que se cargan o descarguen de gas L.P.

Ver Plano No. 1 del Proyecto Eléctrico en el **Anexo A**.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 47 de 191
---	--	--

4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso que se llevará a cabo en la Planta de Distribución de Gas LP consiste en almacenar gas LP en dos recipientes con capacidad de 250,000 litros volumen de agua cada uno. El gas LP se suministra por medio de semirremolques y se trasvasa a los recipientes de almacenamiento por medio de un compresor usando una toma de recepción. De los recipientes de almacenamiento se realizará el trasiego de gas LP líquido para carga a autotanques usando dos bombas y dos tomas de suministro. Los autotanques son enviados posteriormente a los puntos de ventas. Este proceso se realiza por medio de lotes. A continuación, se presenta el diagrama de bloques de la Planta.

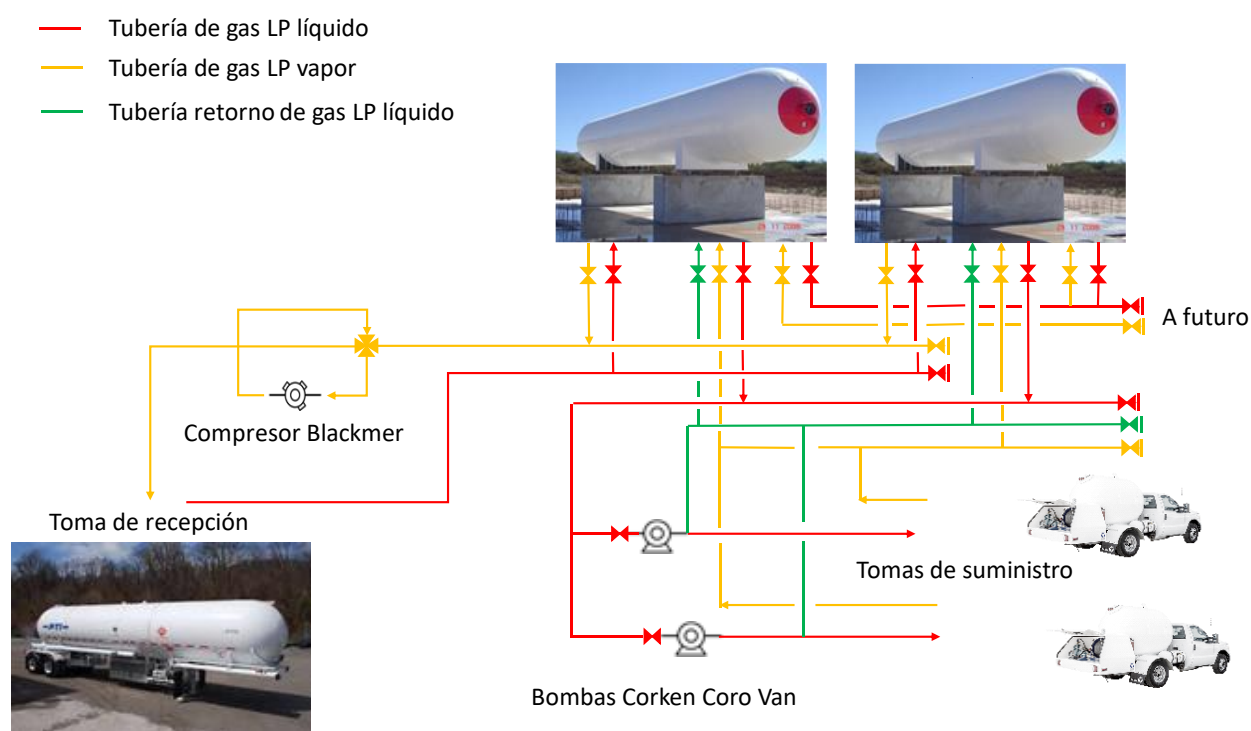


Figura 4-1. Diagrama de bloques de la Planta de Distribución de gas LP.

El proceso no realiza ninguna transformación de la materia, simplemente es almacenamiento y distribución de Gas LP.

Dentro del proceso no se generan productos ni subproductos, la materia prima que se maneja es el Gas LP.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 48 de 191
---	--	--

La cantidad máxima de almacenamiento es de 500,000 litros, más sin embargo por cuestiones de seguridad operativa solo se llenarán los tanques a un 85% de su capacidad, es decir, 425,000 litros que equivalen a 229,500 kg. De acuerdo con el segundo listado de actividades altamente peligrosas se indica que la cantidad de reporte de gas LP en estado gaseoso es de 50,000 kg. Por lo anterior la cantidad rebasa la cantidad de reporte y se considera actividad altamente riesgosa.

La tabla 4-1 resume las sustancias peligrosas que se manejan en la Planta de Distribución de Gas Licuado de Petróleo.

Tabla 4-1. Resumen de sustancias peligrosas

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)	No. CAS	Riesgo químico					Flujo en m ³ /hr o Millones de Pies Cúbicos estándar por Día MMPCSD	Concentración	capacidad Total			Tipo de almacenamiento	Cantidad de reporte en el listado de actividades altamente riesgosas
		C	R	E	T	I			Máxima de proceso (Ton/día)	Máxima de transporte (Ton/día)	Máxima de almacenamiento (Ton)		
Gas Licuado de Petróleo	68476-85-7			X	X	X	--	100	--	--	229.5	Líquido saturado	50

La Hoja de Seguridad del gas LP se muestra en el **Anexo G**.

Las condiciones de operación que se manejarán son las siguientes:

- Temperaturas en los rangos de 17.5°C – 33.3°C.
- Presiones de 7.0 kg/cm² a 14.0 kg/cm².

Presiones de diseño de las mangueras:

- Presión de trabajo 24.61 kg/cm².
- Presión de ruptura 140 kg/cm².

Presiones de diseño de tuberías:

- Presión mínima 24.61 kg/cm².

Presión de trabajo de zonas con accesorios roscados 140 kg/cm².

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 49 de 191
---	--	--

4.1. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO.

4.2.1. RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO.

Esta Planta cuenta con dos recipientes de almacenamiento del tipo intemperie cilíndrico-horizontal, especiales para contener Gas L.P., los cuales se localizan de tal manera que cumplen con las distancias mínimas reglamentarias.

Los recipientes cuentan con silletas metálicas y se tienen montados sobre bases de concreto de tal forma que pueden desarrollar libremente sus movimientos de contracción y dilatación. Entre la placa de las silletas y la base se aplicó material impermeabilizante para minimizar los efectos de corrosión por humedad.

Como protección se cuenta con una plataforma de concreto con altura de 0.81 metros.

Los recipientes se encuentran nivelados por sus domos y cada uno tiene una altura mínima de 2.12 metros medidos de la parte inferior de los mismos al nivel del piso terminado.

A los costados de los recipientes se tiene una escalera metálica con pasarela para tener acceso a la parte superior de los mismos para mantenimiento de las válvulas, también se cuenta con una escalerilla con pasarela al frente de cada uno de los tanques, misma que es usada para la toma de lectura de los instrumentos locales de medición.

A un costado del recipiente se tendrá una escalera metálica con pasarela para tener acceso a la parte superior del mismo, también contará con una escalerilla al frente y pasarela, misma que será usada para tener mayor facilidad en el uso y lectura del instrumental.

Los recipientes, escaleras y pasarelas metálicas, cuentan con una protección para la corrosión de un primario inorgánico a base de zinc Marca Carboline Tipo R.P.480 y pintura de enlace primario epóxico catalizador Tipo R.P. 680.

El recipiente No. 1 cuenta con los siguientes accesorios y válvulas:

Diámetro	Descripción
25.4 cm	Un indicador de nivel magnético para gas líquido, marca MAGNATEL.
12.7 mm	Un termómetro marca ROCHESTER con graduación de -20 a 50°C.
6.4 mm	Un manómetro marca METRÓN con graduación de 0 a 21 kg/cm ² .

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 50 de 191
---	---	---

Diámetro	Descripción
6.4 mm	Válvula de máximo llenado 90%, REGO 3165.
6.4 mm	Válvula de máximo llenado 85%, REGO 3165.
76 mm	3 válvulas internas para gas líquido con actuador neumático marca REGO modelo A3213R400, las cuales actúan como válvulas de exceso de flujo y de control remota.
51 mm	1 válvula interna para gas líquido con actuador neumático marca REGO modelo A3212R250, la cual actúa como válvula de exceso de flujo y de control remota (retorno).
51 mm	2 válvulas internas para gas vapor con actuador neumático marca REGO modelo A3212R250, las cuales actúan como válvulas de exceso de flujo y de control remota.
51	Válvula de exceso de flujo para dren, REGO A3292C
101 mm	2 aditamentos múltiples para válvulas o multiport bridadas
64 mm	4 válvulas de seguridad en cada aditamento multiple
51	Tapón macho, acero

Es importante mencionar que las válvulas de seguridad que se tienen instaladas en la parte superior del recipiente cuentan con tubos de descarga de acero al carbono cedula 40 de 76 mm (3") de diámetro y de 2.00 m de altura pintados en color blanco y cuentan con capuchones protectores.

Una de las válvulas de relevo es adicional, no incluida en la determinación de flujo, con esto se permite proporcionar servicio y/o reemplazar cualquiera de las válvulas de seguridad sin sacar de operación el recipiente. El volante en el cuerpo del ensamble selectivamente cierra el puerto de entrada a la válvula de seguridad que se está cambiando o proporcionando mantenimiento, mientras las otras tres válvulas de seguridad proporcionan protección al recipiente.

El recipiente de almacenamiento estará pintado de color blanco y en sus casquetes un círculo color rojo del tamaño de una tercera parte del diámetro de este, también tendrá inscrito con caracteres no menores de 15 cm el producto contenido, la capacidad total en litros agua y número económico.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 51 de 191
---	---	--

El recipiente No. 2 cuenta con los siguientes accesorios y válvulas:

Diámetro	Descripción
25.4 cm	Un indicador de nivel magnético para gas líquido, marca MAGNATEL.
12.7 mm	Un termómetro marca ROCHESTER con graduación de -20 a 50°C.
6.4 mm	Un manómetro marca METRÓN con graduación de 0 a 21 kg/cm ² .
6.4 mm	Válvula de máximo llenado 90%, REGO 3165.
6.4 mm	Válvula de máximo llenado 85%, REGO 3165.
76 mm	3 válvulas internas para gas líquido con actuador neumático marca REGO modelo A3213R400, las cuales actúan como válvulas de exceso de flujo y de control remota.
51 mm	1 válvula interna para gas líquido con actuador neumático marca REGO modelo A3212R250, la cual actúa como válvula de exceso de flujo y de control remota (retorno).
51 mm	2 válvulas internas para gas vapor con actuador neumático marca REGO modelo A3212R250, las cuales actúan como válvulas de exceso de flujo y de control remota.
51	Válvula de exceso de flujo para dren, REGO A3292C
101 mm	2 aditamentos múltiples para válvulas o multiport bridadas
64 mm	4 válvulas de seguridad en cada aditamento multiple
51	Tapón macho, acero

Es importante mencionar que las válvulas de seguridad que se tienen instaladas en la parte superior del recipiente cuentan con tubos de descarga de acero al carbono cedula 40 de 76 mm (3") de diámetro y de 2.00 m de altura pintados en color blanco y cuentan con capuchones protectores.

Una de las válvulas de relevo es adicional, no incluida en la determinación de flujo, con esto se permite proporcionar servicio y/o reemplazar cualquiera de las válvulas de seguridad sin sacar de operación el recipiente. El volante en el cuerpo del ensamble selectivamente cierra el puerto de entrada a la válvula de

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 52 de 191
---	--	--

seguridad que se está cambiando o proporcionando mantenimiento, mientras las otras tres válvulas de seguridad proporcionan protección al recipiente.

El recipiente de almacenamiento estará pintado de color blanco y en sus casquetes un círculo color rojo del tamaño de una tercera parte del diámetro de este, también tendrá inscrito con caracteres no menores de 15 cm el producto contenido, la capacidad total en litros agua y número económico.

Cada recipiente cuenta con una conexión para cable a tierra física.

4.2.2. TOMA DE RECEPCIÓN

La toma de recepción se utiliza para la descarga de Semirremolques y cuenta con un compresor de la marca Blackmer Modelo LB601-B con un motor eléctrico de 25 HP.

El compresor succiona gas vapor de uno u otro de los recipientes de almacenamiento a través de un cabezal de 51 mm (2") de diámetro. El cabezal general se interconecta a cada recipiente mediante te, conector metálico flexible, válvula de globo recta y válvula interna de control remoto neumática. El cabezal de succión general cuenta en un extremo con brida ciega y válvula de globo recta y se interconecta al compresor mediante válvula de bola recta y conector metálico flexible.

El compresor es del tipo reciprocante y cuenta con válvula de cuatro vías para realizar las operaciones de descarga y recuperación de vapores, trampa de líquidos con indicador e interruptor de nivel, válvula de purga con venteo y filtro, indicadores de presión a la succión y descarga y válvulas de seguridad en la succión y descarga.

La tubería de descarga de 51 mm (2") de diámetro cuenta con conector metálico flexible, válvula de globo recta, válvula de control remoto neumática, válvula de globo recta, válvula de exceso de flujo de cierre automática y boca terminal de gas vapor.

La boca terminal de gas-vapor cuenta con separador mecánico, manguera, válvula de globo recta y acoplador de llenado para gas vapor.

El compresor cuenta con un arreglo de válvulas que le permiten succionar gas vapor del semirremolque y descargar al cabezal de suministro de gas líquido a los recipientes de almacenamiento.

Las tuberías que conducen gas líquido son de 51 mm (2") de diámetro y se unen en un cabezal de 101 mm (4") de diámetro. Las tuberías cuentan con boca terminal de gas líquido, válvula de relevo hidrostático, válvula de no retroceso, válvula de globo recta e indicador de flujo tipo no retroceso.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 53 de 191
---	--	--

El cabezal cuenta con válvula de relevo hidrostática, interconexión mediante válvulas de globo recta con el cabezal de succión y en su extremo con válvula de globo recta y brida ciega. El cabezal de gas líquido se interconecta a cada recipiente mediante te, reducción a 76 mm, conector metálico flexible, válvula de globo recta y válvula interna de control remoto neumática.

En cada boca terminal de gas-liquido se cuenta con separador mecánico, manguera, válvula de globo recta y acoplador de llenado para gas líquido.

Las tomas de suministro se encuentran localizadas en la misma plataforma del área de almacenamiento la cual tiene una altura de 0.60 metros del N.P.T.

4.2.3. TOMA DE SUMINISTRO

Para la carga de gas líquido a autotanques se cuenta con dos tomas de suministro. Cada toma de suministro cuenta con una bomba de la marca Corken Coro Van con motor eléctrico de 10 HP.

Las bombas succionan gas líquido de ambos recipientes de almacenamiento a través de un cabezal general de 101 mm (4") de diámetro. El cabezal general se interconecta a cada recipiente mediante te, conector metálico flexible, válvula de globo recta y válvula interna de control remoto neumática.

El cabezal de succión general cuenta en un extremo con brida ciega y válvula de globo recta y en el otro con válvula de bola recta y filtro de paso. El cabezal se divide en dos tuberías de 76 mm (3") de diámetro que se interconectan a cada bomba con válvula de bola recta y conector metálico flexible.

La Bomba es del tipo de desplazamiento positivo de paletas deslizable con válvula de alivio de presión interna.

La tubería de descarga de 76 mm (3") de diámetro en cada bomba cuenta con una válvula automática para el retorno de gas líquido hacia los tanques de almacenamiento, conector metálico flexible, válvula de relevo hidrostática, indicador de flujo tipo no retroceso, reducción de tubería a 51 mm (2") de diámetro, válvula de control remoto neumática, válvula de exceso de flujo de cierre automática, válvula de relevo hidrostática y boca terminal de gas líquido.

En cada boca terminal de gas-liquido se cuenta con separador mecánico, manguera, válvula de globo recta y acoplador de llenado para gas líquido.

Cada válvula automática para el retorno de gas líquido se une a una tubería de 51mm (2") de diámetro mediante conector metálico flexible y válvula de bola recta. Ambas tuberías de 51mm se unen en un cabezal de retorno de 51 mm (2") de diámetro. El cabezal retorna el gas líquido a ambos recipientes y se

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 54 de 191
---	--	--

une a ellos mediante una te, conector metálico flexible, válvula de globo recta y válvula interna de control remoto neumática. El cabezal en su extremo cuenta con válvula de globo recta y brida ciega.

Las tuberías que conducen gas vapor para cada toma de suministro son de 51 mm (2") de diámetro y se unen en un cabezal de 51 mm (2") de diámetro. Las tuberías cuentan con boca terminal de gas vapor y válvula de exceso de flujo con cierre automática y el cabezal general cuenta con válvula de control remoto neumática y en su extremo con válvula de globo recta y brida ciega.

El cabezal general de gas vapor se interconecta a cada recipiente mediante te, conector metálico flexible, válvula de globo recta y válvula interna de control remoto neumática.

En cada boca terminal de gas-vapor se cuenta con separador mecánico, manguera, válvula de globo recta y acoplador de llenado para gas vapor.

Las tomas de suministro se encuentran localizadas en la misma plataforma del área de almacenamiento la cual tiene una altura de 0.60 metros del N.P.T.

4.2.4. OPERACIÓN DE RECEPCIÓN DE PRODUCTO POR SEMIRREMOLQUE

Actividades del vigilante.

- ❖ Solicitar documentación al operador del semirremolque para checar orden de tráfico.
- ❖ Registrar en bitácora la fecha, hora, origen, destino y datos del semirremolque.
- ❖ Revisar que el semirremolque no presente algún daño visible y anotar en bitácora.
- ❖ Regresar la documentación al operador y permitir el acceso a la Planta.

Actividades del despachador.

- ❖ Indicar al operador se estacione dentro del área designada para la descarga del semirremolque.
- ❖ Solicitar la orden de tráfico y verificar la procedencia y destino.
- ❖ Verificar que este apagado el motor.
- ❖ Colocar calza a las llantas traseras.
- ❖ Conectar tierra física en el semirremolque y colocar cadena accionadora de sistema neumático de seguridad.
- ❖ Tomar lectura de indicadores (manómetro, termómetro y porcentaje).
- ❖ Verificar la disponibilidad de extintor de carretilla.
- ❖ Conectar manguera de vapor y líquido a las válvulas correspondientes.
- ❖ Tomar muestra de gas LP con el hidrómetro para corroborar densidad y que es el producto que viene facturado, de lo contrario no descargar.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 55 de 191
---	--	--

- ❖ Corroborar presiones, porcentajes de recipiente de almacenamiento.
- ❖ Abrir válvula de vapor para igual presiones, siempre y cuando la presión del semirremolque sea menor que la del recipiente de almacenamiento, pero si es mayor abrir lentamente las válvulas de líquido, descargando así por gravedad hasta que se igualen las presiones.
- ❖ Revisar el nivel de aceite en el compresor.
- ❖ Purgar el compresor para verificar que en la línea de vapores no exista líquido.
- ❖ Verificar la dirección de succión en la válvula de 4 vías del compresor.
- ❖ Abrir válvulas de líquido y vapor del recipiente de almacenamiento y semirremolque antes de accionar compresor.
- ❖ Accionar compresor y visualizar en la mirilla el paso de líquido.
- ❖ Vigilar en todo momento la operación de descarga y no retirarse mientras se está descargando el producto visualizando el constante flujo de líquido en la mirilla.
- ❖ Una vez que el indicador de líquido marque 0%, corroborar que ya no pase gas LP en fase líquida en la mirilla y detener compresor.
- ❖ Cerrar válvula de líquido del semirremolque y de paso en la línea de líquido hacia el tanque de almacenamiento.
- ❖ Cambiar dirección en la válvula de 4 vías del compresor y abrir la válvula de recuperación de vapor a líquido para poder accionar el compresor, posterior a corroborar el decremento de presión en el semirremolque, cerrar válvula de paso de vapor en el tanque de almacenamiento.
- ❖ Vigilar constantemente el decremento de presión en el semirremolque y el incremento en el tanque de almacenamiento el cual no debe exceder de 12 kg/cm², de lo contrario detener el compresor.
- ❖ Una vez que en el manómetro del semirremolque se ubique en 3 kg/cm² detener compresor y proceder al cierre de las válvulas de paso de líquido y vapor.
- ❖ Desconectar y retirar mangueras del semirremolque colocando tapones correspondientes a los acopladores.
- ❖ Colocar mangueras en los soportes con sus respectivos tapones.
- ❖ Retirar tierra física y calza de las llantas traseras, así como cadena accionadora de sistema neumático de seguridad.
- ❖ Sellar la orden de tráfico y anotar fecha y hora de arribo y salida y firmar.
- ❖ Autorizar salida.

Actividades del vigilante.

- ❖ Verificar que el semirremolque se ha descargado (registrar en bitácora fecha, hora de salida, presión, porcentaje).
- ❖ Autorizar salida.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 56 de 191
---	--	--

4.2.5. OPERACIÓN DE LLENADO DE AUTOTANQUES

Actividades del vigilante.

- ❖ Anotar en bitácora fecha, hora, nombre del conductor, número de unidad y porcentaje.

Actividades del despachador.

- ❖ Indicar al operador colocarse en el lugar asignado para carga de autotanque.
- ❖ Supervisar que no se encuentren personas a bordo del auto tanque y que el motor se encuentre apagado.
- ❖ Colocar calza en llantas traseras, cadena accionadora de sistema neumático de seguridad y tierra física en el autotanque.
- ❖ Verificar porcentaje en indicador de nivel del líquido antes de iniciar el llenado.
- ❖ Conectar acoplador de manguera de fase vapor a válvula de retorno de vapores del autotanque para igualar presiones con el recipiente de almacenamiento.
- ❖ Conectar acoplador de líquido a válvula de llenado del auto tanque.
- ❖ Arrancar bomba.
- ❖ No retirarse del lugar y verificar constantemente el incremento del porcentaje en el indicador de nivel de líquido, que en ninguno de los casos podrá exceder el 90%.
- ❖ Detener bombeo.
- ❖ Cerrar válvulas de acoplador de líquido y acoplador de manguera de fase vapor para proceder a retirarlas y colocarlas en los tapones de protección.
- ❖ Abrir purgas de acoplador de gas LP líquido y gas LP vapor para verificar hermeticidad de válvulas del autotanque.
- ❖ Desconectar mangueras.
- ❖ Retirar tierra física, cadena accionadora de sistema neumático de seguridad y calza en llantas traseras del autotanque.
- ❖ Entregar formato de liquidación al operador donde se indique el número de autotanque, fecha, lectura del medidor de nivel inicial y lectura del medidor de nivel final.
- ❖ Autorizar retirar el autotanque.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 57 de 191
---	--	--

5. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

La Planta de Distribución de gas LP se encuentra ubicada en el predio denominado “TZEK-EL”, Fracción V de la Sección I, Manzana 021, Lote 016 perteneciente a la localidad de Playa del Carmen, Municipio Solidaridad, Estado de Quintana Roo.

El predio cuenta con una superficie de 90,000 m² y el polígono está delimitado por las coordenadas UTM, que se indican en la tabla 5-1.

Tabla 5-1 Coordenadas UTM que delimitan la poligonal del terreno de la Planta

Coordenadas U.T.M.		
Vértice	X	Y
1	2'293,163.63	501,152.69
2	2'293,229.82	501,053.03
3	2'293,492.30	501,233.26
4	2'293,680.50	500,922.51
5	2'293,434.35	500,753.45
6	2'293,241.72	501,037.62
7	2'293,231.90	501,030.67
8	2'293,153.78	501,145.93
Superficie =90,000 m ²		

El predio se encuentra alejado de núcleos poblacionales, ver figura 5-1.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 58 de 191
---	--	--



Figura 5-1. Polígono del predio donde se localiza la Planta de Distribución de gas LP.

Colindancias:

Las colindancias del terreno son las siguientes:

- Al norte colinda en 363.44m con terreno baldío sin actividad aparente de la fracción II propiedad del rancho TZEK-EL. El predio está rodeado de vegetación secundaria derivada de selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria aparente, con diferentes especies entremezcladas.
- Al sur colinda en 363.44 m con terreno baldío sin actividad aparente de la fracción I propiedad del rancho TZEK-EL. El predio está rodeado de vegetación secundaria derivada de selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria aparente, con diferentes especies entremezcladas.
- Al oeste colinda en 300m con terreno baldío sin actividad aparente de la fracción I propiedad del rancho TZEK-EL. El predio está rodeado de vegetación secundaria derivada de selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria aparente, con diferentes especies entremezcladas.
- Al este colinda en 300m con terreno baldío sin actividad aparente de las fracciones I y IV propiedad del rancho TZEK-EL. El predio está rodeado de vegetación secundaria derivada de selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria aparente, con diferentes especies entremezcladas.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 59 de 191
---	--	--

En ninguna de las colindancias mencionadas anteriormente se desarrollan actividades que pongan en peligro la operación normal de la planta de Distribución de Gas LP, y tampoco existen centros hospitalarios, educativos o de reunión en un radio de 500m a partir de la tangente de alguno de los recipientes de almacenamiento.

La infraestructura o desarrollos cerca del predio corresponden a la Estación de Servicio No. 12641, situada al suroeste a unos 710 m de distancia, Cemix Hormigón se ubica a unos 533m al suroeste, Hotel El Dorado se ubica a unos 510m al suroeste, Carretera Federal 307 Cancún – Tulum ubicada a unos 240m al sur, tal como se puede observar en la figura 5-2.



Figura 5-2. Colindancias del predio del proyecto en un radio de 500m.

El predio del proyecto no se encuentra colindante con asentamientos humanos, áreas naturales protegidas, zonas de reserva ecológica y cuerpos de agua. La zona de asentamientos humanos más cercana al predio es el club de playa Maroma Beach, ubicada a 1.9 Km de distancia del predio aproximadamente.

En cuanto a las áreas naturales protegidas, el predio del proyecto se localiza aproximadamente a 18.9 km de distancia de la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano (decretado como tal el 7 de diciembre del 2016 en el DOF) y a aproximadamente a 17 km de distancia del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (decretado en el DOF el 2 de febrero de 1998), localizado aproximadamente. Este parque fue decretado internacionalmente como Sitio RAMSAR - 1343 Convención de Humedales. El cuerpo de agua más cercano es el mar Caribe, localizado aproximadamente a 2.3 kilómetros de distancia.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 60 de 191
---	---	--

El acceso a la planta es a través de la carretera Federal Cancún-Tulum a la altura del km 306 y se da vuelta a la izquierda para tomar un tramo de terracería consolidada.

5.1. ASPECTOS ABIÓTICOS

5.1.1. CLIMA

El clima en la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (78.79%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (21.21%)

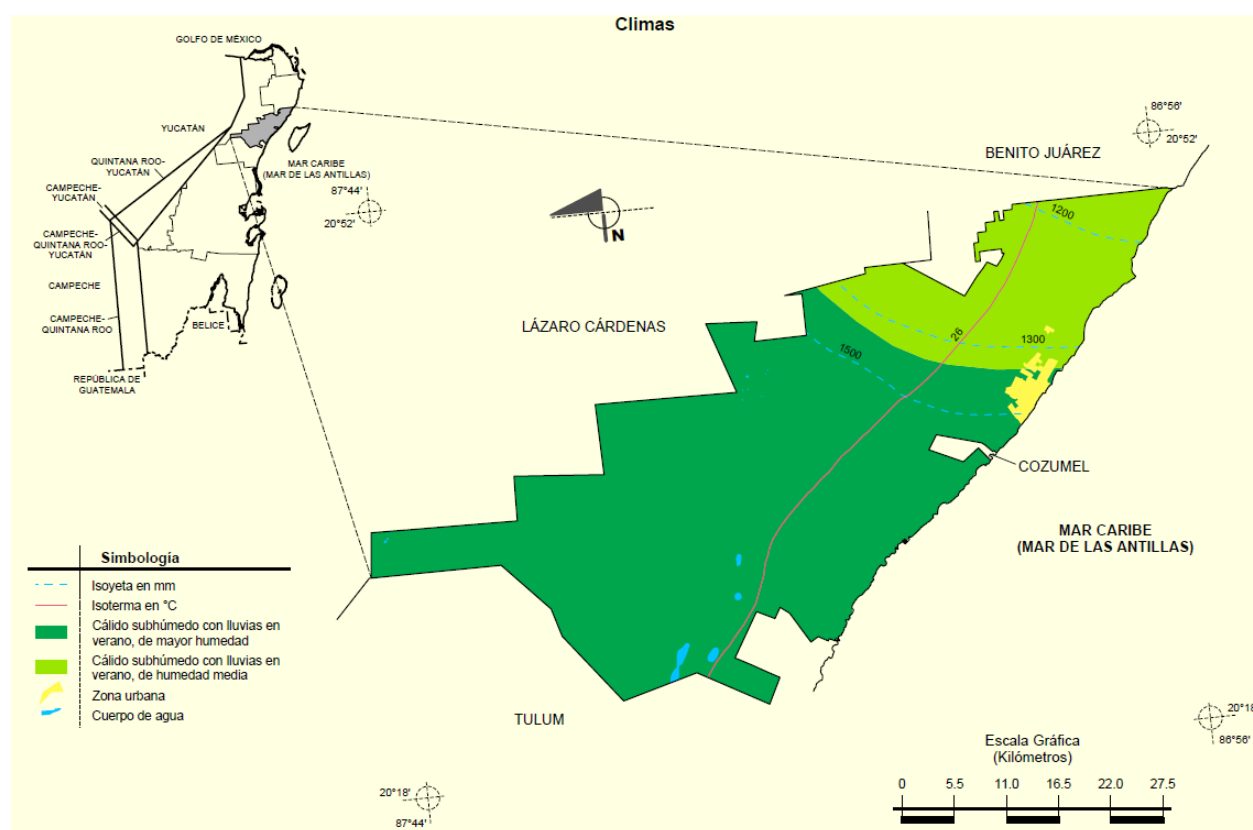


Figura 5-3. Climas en el Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

Ref. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Solidaridad, Quintana Roo, Clave geoestadística 23008, 2009

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 61 de 191
---	---	---

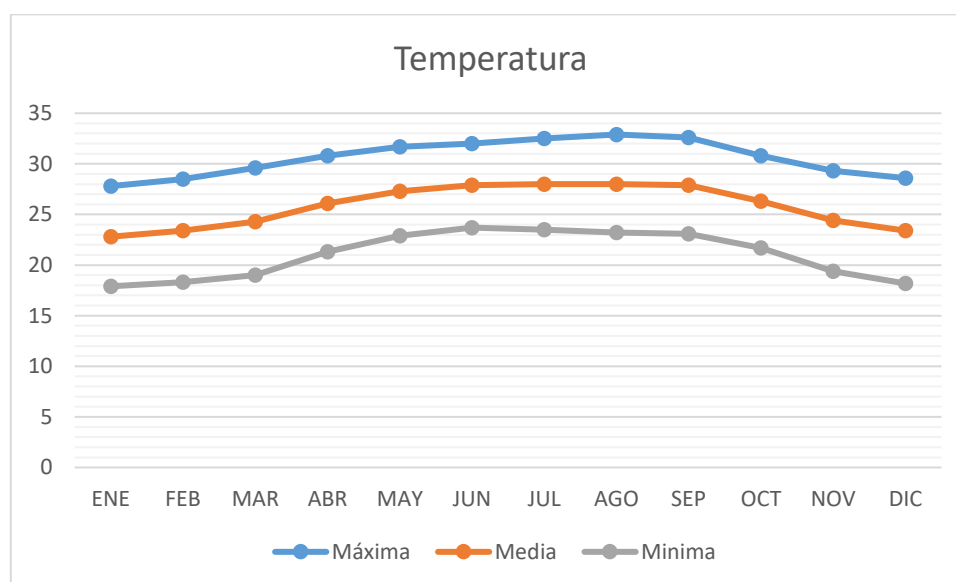
5.1.2. TEMPERATURA

Las temperaturas más bajas en el municipio de Solidaridad se registraron entre los meses de diciembre y enero, mientras que las más altas se registraron de mayo a septiembre. La temperatura promedio anual es de 25.8 °C, en tanto que la media mensual oscila de 22.8 °C, en el mes más frío (enero), a 28.0 °C en el mes más cálido (julio y agosto), por lo que la oscilación térmica es de 5.2 °C; además Servicio Meteorológico Nacional reporta que la temperatura máxima registrada para la zona fue de 40°C el 1 de mayo de 2005, en tanto que la temperatura mínima se registró el 13 de marzo de 1998 con 5°C.

Tabla 5-2. Temperatura media mensual y anual (grados Celsius). Periodo 1951-2010

Temperatura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Máxima	27.8	28.5	29.6	30.8	31.7	32.0	32.5	32.9	32.6	30.8	29.3	28.6	30.6
Media	22.8	23.4	24.3	26.1	27.3	27.9	28.0	28.0	27.9	26.3	24.4	23.4	25.8
Mínima	17.9	18.3	19.0	21.3	22.9	23.7	23.5	23.2	23.1	21.7	19.4	18.2	21.0

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, Estación: 00023163 Playa del Carmen



	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 62 de 191
---	--	--

Figura 5.4. Temperaturas promedio Máxima, Media y Mínima registradas en la estación meteorológica 00023163 Playa del Carmen de 1951 a 2010.

5.1.3. VIENTO

Los vientos dominantes tienen una dirección Este-Sureste (ESE), se presentan prácticamente todo el año con velocidades entre 3 m/s y 4 m/s. En invierno, particularmente en los meses de octubre y noviembre, los vientos disminuyen su velocidad y cambian de dirección debido a la influencia de las masas polares que descienden desde el Ártico

5.1.4. NUBOSIDAD

En cuanto a la nubosidad de la zona, se tienen los siguientes indicadores:

Meses parcialmente nublados	6.5
Meses nublados	5.5

5.1.5. HUMEDAD RELATIVA

Debido a que la totalidad del territorio municipal de Solidaridad corresponde al tipo climático Aw2(x'), denominado cálido subhúmedo, le corresponden valores medios de humedad que se encuentran en el rango de 80 al 90 %, como consecuencia del régimen de lluvias presente (INEGI, 1980).

5.1.6. Precipitación pluvial

El registro anual de precipitación pluvial en Playa del Carmen con una observación de 59 años, indica que las lluvias se precipitan prácticamente durante todo el año; siendo los meses de septiembre y octubre los de mayor incidencia, aunque también se tienen lluvias considerables en junio.

La precipitación pluvial anual es de 1331.2 mm, con temporadas de seca que van desde febrero hasta mayo, una precipitación del mes más seco que va de 0 a 60 mm; mientras que la temporada de lluvia es en verano, de junio hasta noviembre. Al término e inicio del año se presentan lloviznas invernales desde diciembre hasta enero como resultado de las masas de aire frío continental denominadas norte.

Tabla 5-4. Precipitación pluvial (milímetros). Período de 1951 -2010

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 63 de 191
---	---	---

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
61.2	50.5	28.1	51.2	78.1	153	126.3	126.3	168.8	248.3	130.3	73.1

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, Estación: 00023163 Playa del Carmen

5.1.7. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

La evolución y características geológicas de Quintana Roo han estado ligadas a la historia de toda la Península de Yucatán, el territorio es una enorme plataforma calcárea emergida del mar hace más de 230 millones de años y estuvo así hasta el triásico-Jurásico, mediante un continuo movimiento ascendente pone al descubierto el fondo marino. La Península adquiere su forma actual al final del Plioceno y Pleistoceno, no obstante, el constante desarrollo permite grandes alineaciones de arrecifes al norte de la plataforma. La parte centro, este y norte del litoral, inicio su desarrollo geomorfológico durante el terciario superior, con la formación de una planicie calcárea, modelado posteriormente por una disolución por la presencia de dolinas, acumulación de arcillas de descalcificación y los cenotes. Durante el cuaternario esta planicie es modificada por la formación de pantanos y lagunas, así como abundantes depósitos de litoral, litificación de depósitos eólicos y por la formación de dunas arenosas, emergiendo unos centímetros cada siglo, adquiriendo una forma de relieve plana, con escasa elevación sobre el nivel del mar y una ligera inclinación sobre sus pendientes y sus leves contrastes topográficos llegando a conformar parte de la provincia fisiográfica conocida como Península de Yucatán, que está dividida en tres subprovincias Carso y lomeríos de Campeche, Carso Yucateco y Costa Baja de Quintana Roo. La litología del estado está formada principalmente por calizas, yesos margas y dolomías (INEGI, 2002).

En particular la constitución geológica de la superficie del Municipio de Solidaridad es en su totalidad de rocas sedimentarias calizas y derivadas de estas, las edades abarcan el Neógeno (97.44%) al Cuaternario (1.27%). Las calizas de la superficie se encuentran formando una coraza calcárea o reblandecida.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 64 de 191
---	---	--

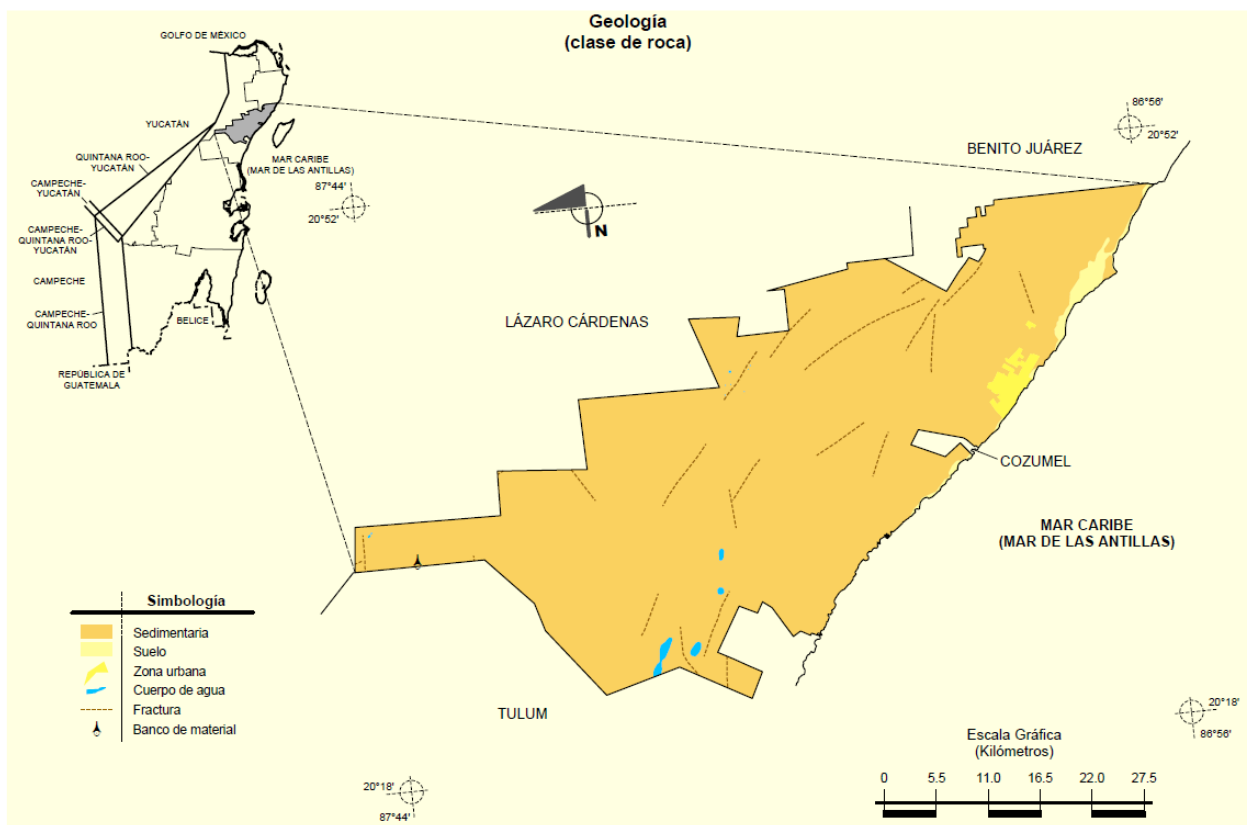


Figura 5-5. Geología (clase de roca) en el Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

Ref. **Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Solidaridad, Quintana Roo, Clave geoestadística 23008, 2009**

5.1.8. SUELOS

Existen diversos tipos de suelos:

Arenosol comprenden suelos arenosos profundos. Esto incluye suelos de arenas residuales después de una meteorización in situ de sedimentos o rocas generalmente ricos en cuarzo. También incluye suelos de arenas recientemente depositadas tales como dunas en desiertos y tierras de playas. Existen en el ambiente costero son la base de ecosistemas que tienen un efecto de amortiguamiento ante eventos como inundaciones, huracanes o lluvias excepcionales. Los suelos que se desarrollan de influencia marina contienen características minerales y arenosas con residuos de esqueletos de organismos marinos y elevada concentración de sales y sodio.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 65 de 191
---	--	--

Phaeozem es un suelo caracterizado por poseer una marcada acumulación de materia orgánica dentro del suelo mineral y por estar saturados en bases en su primer metro. Se trata de suelos de pradera o bosque, con un horizonte mólico y sin carbonato cálcico secundario en su parte superior.

Histosol comprenden suelos formados en material orgánico acumulado como turba de agua freática (pantano), turba de agua de lluvia (turbera), manglares o en áreas montañosas sin saturación de agua.

Los Leptosoles (del griego leptos, delgado), que se conocen en otras clasificaciones como Litosoles y Redzinas, son suelos muy delgados, pedregosos y poco desarrollados que pueden contener una gran cantidad de material calcáreo. Su potencial agrícola está limitado por su poca profundidad y alta pedregosidad, lo que los hace difíciles de trabajar. Aunado a ello, el calcio que contienen puede inmovilizar los nutrientes minerales, por lo que su uso agrícola es limitado si no se utilizan técnicas apropiadas, por ello, es preferible mantenerlos con la vegetación original.

Solonchak tienen una alta concentración de sales solubles en algún momento del año. Estos suelos se encuentran esencialmente en las zonas climáticas áridas y semiáridas y regiones costeras en todos los climas.

Suelo dominante: Leptosol 94.52%, Phaeozem (2.47%), Solonchack (1%), Arenosol (0.42%) e Histosol (0.3%).

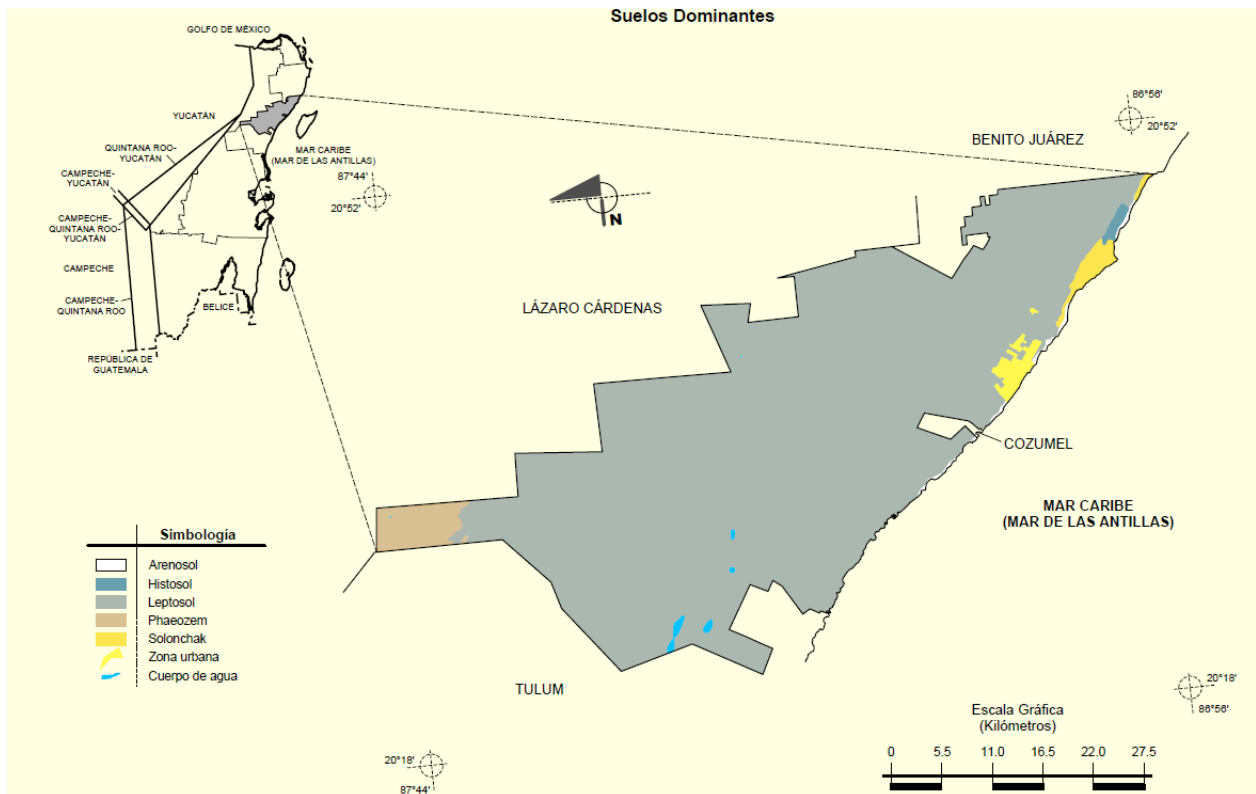


Figura 5-6. Suelos dominantes en el Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

Ref. **Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Solidaridad, Quintana Roo, Clave geoestadística 23008, 2009.**

5.1.9. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

Con relación al uso de suelo, la Selva es el tipo predominante de cobertura en el territorio municipal y representa el 95.73% del total de la superficie. Le sigue la Zona Urbana con el 1.84%, en tercer lugar, se encuentra el Pastizal Cultivado con el 1.23% y en una mínima proporción el Tular13 con 0.030%. Ref. Plan municipal desarrollo Solidaridad 2018-2021.

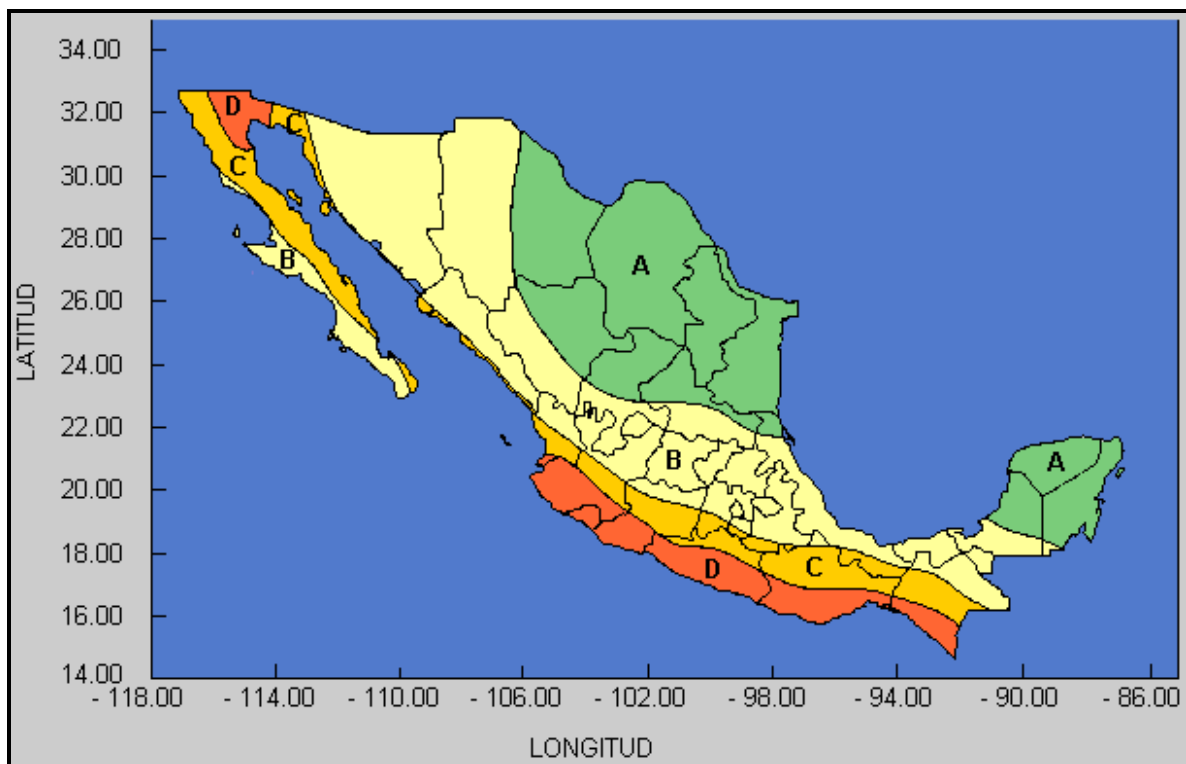


Figura 5-8. Regionalización sísmica de la República mexicana.

El Municipio de Solidaridad donde se ubica el proyecto, no tiene registro de algún historial epidémico y endémico de enfermedades cíclicas, por tanto, no hay riesgo sanitario.

Es importante mencionar que, con base a las estadísticas registradas en los últimos 10 años, se sabe que esta zona no es susceptible a fenómenos naturales tales como: Terremotos, corrimientos de tierra, derrumbamientos o hundimientos, erosión o riesgos radiológicos, aunque es bien sabido que el estado de Quintana Roo es una zona de huracanes y tormentas tropicales, con sus consecuentes inundaciones y escurrimientos. Por ello, será necesario tomar medidas en caso de una contingencia como huracán o tormenta tropical.

Por su ubicación geográfica, Quintana Roo es vulnerable a fenómenos meteorológicos como los huracanes; los más recientes fueron Emily, Wilma y Dean, situación que se pudiera agravarse por los efectos del cambio climático, y si bien la cultura de la prevención ante estos fenómenos en Quintana Roo ha sido reconocida internacionalmente por sus medidas de protección civil y respuesta de la ciudadanía y autoridades, el daño que pueden llegar a causar estos fenómenos a ecosistemas como los arrecifes, la erosión de playas y las selvas es de considerarse. La temporada de huracanes comprende los meses de junio a noviembre, de los cuales, agosto y septiembre son los meses de más alta incidencia.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 69 de 191
---	--	--

La ubicación de Playa del Carmen es propicia al paso de huracanes y ciclones que azotan al Caribe Mexicano. Entre los meses de julio y noviembre se desarrollan en el Atlántico Septentrional y en el Mar Caribe, un promedio de 7 tormentas tropicales al año, con vientos mayores de 60 km/h y 2 o 3 huracanes con vientos superiores a 120 km/h y diámetro que varía de 80 a 800 km. Los huracanes más fuertes presentan vientos sostenidos que alcanzan los 160 km/h y ráfagas de más de 359 km/h, con registros de mareas de 6 metros y olas en la playa de 2 a 2.5 metros y hasta 15 metros en alta mar. Dentro de estos fenómenos destacan los siguientes:

Tabla 5-5. Huracanes y Tormentas Tropicales que han afectado a la localidad de Playa del Carmen, Solidaridad, Quintana Roo.

Nombre	Año	Fecha	Velocidad de vientos km/hr	Categoría
Dean	2007	Ago-20	250	Huracán 5
Wilma	2005	Oct-18	250	Huracán 5
Emily	2005	Jul-18	215	Huracán 4
Claudet	2003	Jul-21	88	Tormenta Tropical
Chantal	2001	Ago-15	100	Tormenta Tropical
Keith	2000	Sep-28	215	Huracán 4
Katrina	1999	Oct-28	65	Tormenta Tropical
Mitch	1998	Oct-21	285	Huracán 5
Dolly	1996	Ago-19	113	Huracán 1
Opal	1995	Sep-27	209	Huracán 4
Roxanne	1995	Oct-07	161	Huracán 3
Gert	1993	Sep-14	137	Huracán 2
Diana	1990	Ago-04	137	Huracán 2
Gilberto	1988	Sep-08	317	Huracán 5
Keith	1988	Nov-17	96	Tormenta Tropical
Allen	1980	Jul-31	265	Huracán 5
Carmen	1974	Ago-29	209	Huracán 4
Janet	1955	Sep-21	225	Huracán 5
Irma	1955	Sep-10	217	Huracán 3

Fuente: Atlas Municipal 2002. Comisión Nacional del Agua.

Algunos de estos han tenido una trayectoria directa sobre Playa del Carmen, siendo los más significativos:

1. El huracán Wilma de categoría 5, en octubre de 2005.
2. El huracán Emily de categoría 4, en julio de 2005.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 70 de 191
---	--	--

3. El huracán Gilberto de categoría 5, en septiembre de 1988.
4. El huracán Roxanne de categoría 3, en octubre de 1995.
5. El huracán Dolly de categoría 1, en agosto de 1996.

El Municipio de Solidaridad se encuentra constantemente expuesto a fenómenos meteorológicos debido a su posición geográfica. Estos intemperismos atmosféricos pueden ser de diferentes tipos, desde huracanes y tormentas tropicales hasta “nortes” y suradas o “suestes”. Los Huracanes que se distinguen por su efecto en el territorio municipal se encuentran el Hallie ocurrido en 1966, Doroty, en 1970; Eloise en 1975; Gilberto en 1988, Roxana en 1995, Emily, el 17 de julio de 2005 y el Wilma, el 21 y 22 de octubre del mismo año

5.2. ASPECTOS BIÓTICOS.

5.2.1. VEGETACIÓN.

Las comunidades vegetales identificadas para el municipio de Solidaridad se muestran en la Tabla 5-6.

Tabla 5.6. Comunidades vegetales identificadas en el Municipio de Solidaridad

Tipo de vegetación	Superficie		
	m ²	Ha	%
Selva baja Subcaducifolia	19'893,048.36	1,989.30	0.46
Selva mediana Subperennifolia	2,702'152,314.50	270.215.23	62.92
Vegetación Secundaria derivada de Selva Mediana Subperennifolia	498'744,234.69	49,874.42	11.61
Vegetación Secundaria de Selva Mediana Subperennifolia con agricultura (Hubche)	783'332,735.57	78,333.27	18.24
Vegetación Halofila	21'824,735.81	2,182.47	0.51
Manglar	125'182,896.25	12,518.29	2.91
Sabana	57'460,676.24	5,746.07	1.34
Sin vegetación aparente	80'388,176.63	8,038.82	1.87
Cuerpo de agua	5'647,999.95	564.80	0.13
Total	4,294'626,817.99	429,462.68	100.00

Ref. Caracterización Ordenamiento Ecológico Local Municipio de Solidaridad, Quintana Roo, Dic. 2007.

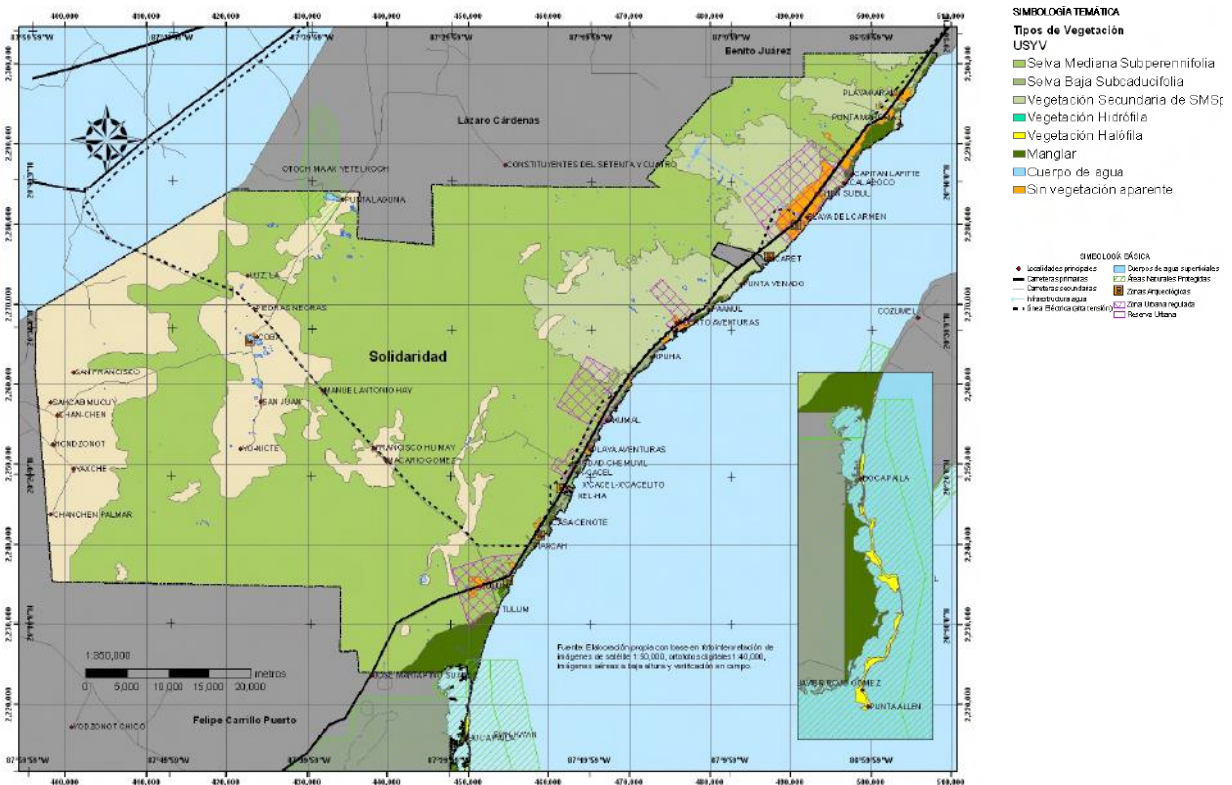


Figura 5-6. Carta de Uso de Suelo y Vegetación. Se muestra la distribución espacial de los tipos de vegetación presentes en el Municipio de Solidaridad.

Ref. Caracterización Ordenamiento Ecológico Local Municipio de Solidaridad, Quintana Roo, Dic. 2007.

5.2.1.1. *Selva baja subcaducifolia*

La Selva baja subcaducifolia está poco representada en el Municipio de Solidaridad, ocupa 1,989.30 ha que representa el 0.46 % de la superficie municipal. Espacialmente se presenta en forma de una angosta franja paralela a ambos lados de la carretera que inicia aproximadamente en Puerto Aventuras para terminar en las inmediaciones de Xel-ha. Este tipo de vegetación se ha visto disminuida debido a factores de disturbio y deterioro originados por la construcción de infraestructura y oferta urbana/turística.

Con base en las observaciones realizadas, la estructura vertical se conforma por un estrato arbóreo de hasta 12 m de altura, uno arbustivo de hasta 2 m y herbáceo con plantas que no rebasan 1 m; siendo particularmente abundantes las epífitas.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 72 de 191
---	--	--

Entre las especies de mayor abundancia se encuentran el Palma kuka (*Pseudophoenix sargentii*), Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), Chicozapote (*Manilkara zapota*), Yaite (*Gymnanthes lucida*), *Sebastiania adenophora* y *Coccoloba cozumelensis*.

5.2.1.2. Selva mediana subperennifolia

La Selva mediana subperennifolia se desarrolla en 270,215.23 ha cifra que representa el 62.92% de la superficie del Municipio de Solidaridad, por lo que ocupa la mayor parte del Municipio. Espacialmente ocupa la porción central del municipio, limitado al poniente por las comunidades de Vegetación secundaria con agricultura nómada y al oriente por la Vegetación secundaria derivada de Selva mediana subperennifolia, carretera y comunidades costeras.

Con base en las observaciones realizadas, la estructura vertical se conforma por los siguientes estratos: arbóreo alto (10 m y 15 m de altura); arbóreo medio (8 m y 10 m); arbóreo bajo (4 m y 8 m de altura); arbustivo con plantas no mayores a los 4 m; herbáceo con plantas que no rebasan los 60 cm de altura; y los estratos epífita y trepador, que se ubican sobre otras especies a diferentes alturas sobre el suelo.

Entre las especies de mayor abundancia en el estrato arbóreo alto, se encuentran el Chechén negro (*Metopium brownei*), Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*) y Chicozapote (*Manilkara zapota*); en el arbóreo medio son abundantes el Chacá (*Bursera simaruba*), Chac ni (*Caliptranthes pallens*) y el Habim (*Piscidia piscipula*) y en el sotobosque sobresale la presencia de la palma Chit (*Thrinax radiata*) en sitios próximos a la costa y que disminuye sensiblemente conforme uno se aleja de ella hasta ser prácticamente inexistente en las cercanías de Cobá.

5.2.1.3. Vegetación secundaria derivada de Selva mediana subperennifolia.

Esta comunidad vegetal está representada en 49,874.42 ha que representa el 11.61 % de la superficie del Municipio de Solidaridad. Este tipo de vegetación se ha conformado principalmente por la recuperación de la Selva mediana subperennifolia a los incendios forestales que se han presentado en la zona y actividades que se asocian a desmontes antiguos con fines habitacionales o de posesión del terreno; así como a las diversas actividades que se desarrollan a los costados de la carretera Chetumal – Puerto Juárez.

Espacialmente ocupa la porción centro-oriental del municipio, limitado al poniente por la Selva mediana subperennifolia y al oriente por la carretera y comunidades costeras.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 73 de 191
---	--	--

Con base en las observaciones realizadas, la estructura vertical se conforma por los siguientes estratos: arbóreo alto (8 m y 12 m de altura); arbóreo medio (6 m y 10 m); arbóreo bajo (4 m y 6 m de altura); arbustivo con plantas no mayores a los 4 m; herbáceo con plantas que no rebasan los 60 cm de altura.

Entre las especies de mayor abundancia en el estrato arbóreo alto, predominan visiblemente el Chechén negro (*Metopium brownei*) y el Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*). En el estrato arbóreo bajo las especies más abundantes son el P'erezcutz (*Croton niveus*), el Pechkitam (*Randia spp*) y *Psychotria nervosa*.

5.2.1.4. Vegetación secundaria derivada de Selva mediana subperennifolia con agricultura nómada (hubches)

Bajo esta denominación en realidad se integra un mosaico de comunidades vegetales de diferentes edades, y por ende estructura y composición florística, que se originan por la actividad agrícola tradicional maya del sistema roza-tumba-quema.

La superficie que presenta vegetación con dicha condición ocupa 78,333.27 m² que representa el 18.24 % del Municipio de Solidaridad. Espacialmente ocupa la porción poniente del municipio y se asocia a los poblados indígenas que forman parte de la zona maya del estado de Quintana Roo.

Con base en las observaciones realizadas, la estructura vertical se conforma por un estrato arbóreo medio (6 m y 10 m); arbóreo bajo (4 m y 6 m de altura); arbustivo con plantas no mayores a los 4 m; herbáceo con plantas que no rebasan los 60 cm de altura.

Las especies más frecuentes de observar en los estratos arbóreos son: Chechen (*Metopium brownei*), Chaca (*Bursera simaruba*), Palma Guano (*Sabal japa*), Habin (*Piscidia piscipula*), T'atsi (*Neea psychotrioides*), *Cecropia peltata* y Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*). En el estrato arbustivo y herbáceo son frecuentes *Psychotria nervosa*, *Acacia cornigera*, *Bauhinia jenningsii*, *Callicarpa acuminata*, *Cissampelos pareira*, *Sida acuta*, entre otras.

5.2.1.5. Vegetación Halófila

Este tipo de vegetación ocupa 2,182.47 ha que representa el 0.51 % de la superficie del Municipio de Solidaridad. La vegetación halófila engloba al conjunto de comunidades que se desarrollan en las proximidades al mar, en ambientes de playa arenosa y rocosa, donde condiciones particulares de la topografía y conformación del terreno permite el desarrollo de comunidades herbáceas o matorrales. Debido a la escasa amplitud que generalmente alcanza esta comunidad y que generalmente no rebasa 50

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 74 de 191
---	--	--

m a partir de la línea de marea más alta, su cartografía se incluye en zonas aledañas; excepto en aquellos casos donde ocupa extensiones de mayor amplitud como es el caso de las proximidades de Punta Venado.

Por la escala de trabajo no es posible realizar la cartografía a detalle de este ecosistema, sin embargo es necesario señalar que en el municipio de Solidaridad existen ambientes costeros rocosos y arenosos, donde se intercalan comunidades de matorral costero y de vegetación herbácea de dunas costeras.

En el primer caso de la comunidad señalada en el párrafo anterior, las especies dominantes son *Coccoloba uvífera*, *Cordia sebestena*, *Trinax radiata* o *Pithecellobium keyense* en el caso de los matorrales costeros. En el caso de las playas arenosas sobresalen por su importancia *Sesuvium portulacastrum*, *Ipomoea pes-caprae*, *Hymenocallis littoralis* o *Ambrosia hispida*. Esta comunidad en su conjunto es la que se encuentra en el mayor riesgo de desaparición en la zona debido a la ocurrencia de eventos ciclónicos y que por efectos de la marea de tormenta favorece su eliminación; así como por la remoción que generalmente se presenta durante la etapa de Preparación de sitio para la construcción de la oferta residencial y/o turística.

5.2.1.6. Manglar

Esta comunidad ocupa una superficie de 12,518.29 ha que representa el 2.91 % del Municipio de Solidaridad y se distribuye en las proximidades de la costa, en depresiones del terreno que son cuencas cerradas aisladas. Esta comunidad se encuentra profundamente afectada por la ocurrencia del huracán Emily y, en la mayor parte de su zona de distribución dentro del municipio, los individuos están secos.

En esta comunidad la estructura vertical se conforma por un estrato arbóreo de hasta 5 m de altura, uno arbustivo de hasta 2 m y herbáceo con plantas que no rebasan 1 m. En esta comunidad se incluye la de manglar chaparro que se conforma por individuos de talla reducida que no rebasa 2 m de altura.

La composición florística registrada para esta comunidad ascendió a un total de 13 especies; siendo las especies representativas el Mangle negro (*Avicennia germinans*), Mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y Mangle rojo (*Rhizophora mangle*). En general esta comunidad vegetal muestra efectos de deterioro y perturbación originados por eventos ciclónicos naturales; pero es junto con la de vegetación costera la que presenta mayores conflictos ambientales debido a la construcción de oferta turística y urbana.

El manglar que se presenta en el Municipio de Solidaridad es del tipo denominado Manglar de cuenca. Se denomina así porque se desarrolla en depresiones, bajos o zonas de escurrimiento que corren de manera paralela al litoral. El suelo en el que crece este mangle está conformado por sedimento impermeable por lo que mantiene el agua en la cuenca. Las características y composición de especies están determinadas por

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 75 de 191
---	--	--

las perturbaciones del área, la profundidad del agua y la salinidad del suelo y/o del agua. La especie que de manera característica se sitúa en las partes más elevadas es el mangle botoncillo.

5.2.1.7. Sabana

Esta comunidad ocupa una superficie de 5,746.07 ha que representa el 1.34 % de la superficie municipal. Esta comunidad se encuentra tierra adentro distribuido a manera de franja paralela a la costa y es posible que constituyan los relictos geológicos de una antigua laguna arrecifal que se continúa al norte con la zona de poljes, los cuales se encuentran en los municipios de Benito Juárez, Isla Mujeres y Lázaro Cárdenas.

Esta comunidad se encuentra en buenas condiciones de conservación, excepto una franja que se asocia a la zona de incendios forestales que se presentaron posteriormente a la ocurrencia del Huracán Gilberto en 1988. Con base en las observaciones realizadas, la estructura vertical se conforma por un estrato arbóreo de hasta 15 m de altura, uno arbustivo de hasta 2 m y herbáceo con plantas que no rebasan 1 m.

Entre las especies más representativas se encuentran diversas especies de *Eugenia* spp., Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), Chicozapote (*Manilkara zapota*), *Sebastiania adenophora*, *Bravaisia berlandieriana*, *Erythroxylum confusum* y *Crescentia cujete*; siendo representativa la presencia de Tule (*Typha domingensis*) en los espejos de agua que se ubican en el área que ocupa esta comunidad vegetal.

5.2.1.8. Áreas sin vegetación aparente

Estas áreas ocupan 8,038.82 ha que representan el 1.87 % de la superficie municipal.

Estas áreas corresponden principalmente a las zonas urbanizadas y aquellas que ocupan infraestructura vial. Además, incluye áreas donde se explota material pétreo, ya que carecen de cobertura vegetal.

5.2.1.9. Cuerpos de agua

Los cuerpos de agua existentes en el Municipio de Solidaridad ocupan 5,746.07 ha que representa el 1.34 % de su territorio. Los cuerpos de agua son de dos tipos, intermitentes y perennes, los primeros se presentan de manera aislada y los segundos formando agregados, como en el caso de las localidades de Coba y sus inmediaciones.

En la zona donde se localiza Punta Laguna se presenta un conjunto de pequeños cuerpos de agua que se distribuyen de manera irregular en las inmediaciones de la laguna, la cual es perenne.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 76 de 191
---	--	--

Especies con estatus de protección

Las especies vegetales presentes en el Municipio de Solidaridad y que están incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 con algún estatus de protección se indican en la Tabla 5-7.

Tabla 5-7. Relación de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001

Especie	Estatus de protección
Thrinax radiata (Guano de costa)	Amenazada
Tabebuia chrysantha (Guayacan amarillo)	Amenazada
Cryosophila stauracantha (palma de escoba)	Amenazada
Coccothrinax readii (palmera plateada mexicana)	Amenazada
Beaucarnea plabilis (Despeinada)	Amenazada
Roystonea regia (Palma real)	Protección especial
Rhizophora mangle (Mangle rojo)	Protección especial
Pseudophoenix sargenti (Kuká)	Protección especial
Languularia racemosa (mangle blanco)	Protección especial
Conocarpus erectus (mangle botoncillo)	Protección especial
Avicennia germinans (mangle negro)	Protección especial

Ref. Caracterización Ordenamiento Ecológico Local Municipio de Solidaridad, Quintana Roo, Dic. 2007.

5.2.2. FAUNA.

La diversidad de ambientes terrestres y acuáticos en el municipio de Solidaridad favorece el desarrollo de una variada fauna de vertebrados terrestres. Sin que se haya realizado un reconocimiento de campo exhaustivo en la zona de estudio, la información recopilada en campo y la disponible en la literatura revisada arroja el siguiente espectro de vertebrados que es posible se encuentren en el territorio municipal.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 77 de 191
---	--	--

Tabla 5-8. Relación de vertebrados que posiblemente ocupen territorio municipal.

Grupo taxonómico	No. de especies
Peces	40
Anfibios	17
Reptiles	72
Aves	266
Mamíferos	39
Total	434

Ref. Caracterización Ordenamiento Ecológico Local Municipio de Solidaridad, Quintana Roo, Dic. 2007.

Dentro de este universo de especies merece destacar entre los peces de ambientes subterráneos acuáticos, la presencia de *Ogilbia pearsei* (la dama blanca ciega) y *Ophisternon infernale* (anguila ciega yucateca); ya que son endémicos de la zona y aparentemente con una tendencia de decremento en sus poblaciones naturales.

En el caso de las aves, la zona norte forma parte de un corredor biológico de la Ornitofauna que se extiende desde Punta Laguna hasta la zona de humedales costeros del Municipio de Benito Juárez. En el caso de la herpetofauna, destaca la presencia de *Rhinophrynus dorsalis* (sapo excavador), *Triprion petasatus* (rana cabeza de pala) y *Lithobates berlandieri* (rana leopardo) que son especies de anfibios con estatus de protección. En el caso de los reptiles destaca la ocurrencia de las tortugas marinas que llegan a ovopositar en las playas arenosas del municipio; siendo las más conocida en Akumal y Xcacel. Asimismo, destaca la presencia de cocodrilos en ambientes costeros y su registro en el interior en Coba y Punta Laguna.

En el caso de los mamíferos, la información de lugareños indica que en la zona aún se encuentran los felinos silvestres que en su gran mayoría se encuentran sujetos a un estatus de protección.

De acuerdo con la información recopilada, en el municipio de Solidaridad se registraron 50 especies con estatus de protección; 19 de ellas con la categoría de Amenazadas, 8 con la de Protección Especial y 23 con la de Peligro de Extinción.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 78 de 191
---	---	---

Tabla 5-9. Relación de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001

Especie	Estatus de protección
Poecilia velifera	Amenazada
Ogilbia pearsei (la dama blanca)	Peligro de extinción
Ophisternon infernale (Anguila ciega yucateca)	Peligro de extinción
Rhamdia guatemalensis (Juil descolorido)	Protección especial
Tripion petasatus (rana cabeza de pala)	Protección especial
Lithobates berlandieri (rana leopardo)	Protección especial
Rhinoclemmys areolata (Tortuga mojina)	Amenazada
Coleonyx elegans (Cuija yucateca)	Amenazada
Ctenosaura similis (Garrobo)	Amenazada
Boa constrictor	Amenazada
Lampropeltis triangulum (Coralillo)	Amenazada
Leptophis mexicanus (Culebra perico)	Amenazada
Thamnophis proximus (Culebra listonada)	Amenazada
Columba leucocephala (Paloma coronita)	Amenazadas
Ramphastos sulfuratus (Tucan pico iris)	Amenazadas
Egretta rufescens (Garza piquirosa)	Protección especial
Mycteria americana (Cigüeña de cabeza pelada)	Protección especial
Leptodon cayanensis (Milano cabecigris)	Protección especial
Elanoides forficatus (Gavilan tijerilla)	Protección especial
Buteogallus anthracinus (Aguililla negra menor)	Protección especial
Falco peregrinus (Halcón peregrino)	Protección especial
Rallus longirostris (Rascón picudo)	Protección especial
Amazona xantrolora (Loro yucateco)	Protección especial
Pteroglossus torquatus (Tucancillo corallejo)	Protección especial
Platyrunchos cancrominus (Picoplano rabón)	Protección especial
Attila spadiceus (Mosquero Atila)	Protección especial
Limnothlypis swainsonii (Chipe corona café)	Protección especial
Eucometis penicillata (Tangara cabeza gris)	Protección especial
Chrotopterus auritus (El falso vampiro orejón)	Amenazadas
Coendon mexicanus (Puercoespín enano)	Amenazadas
Herpailurus yagouaroundi (Yaguarandi)	Amenazadas
Ateles geoffroyi (mono araña)	Peligro de extinción



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 79 de 191

Especie	Estatus de protección
Tamandua mexicana (oso hormiguero)	Peligro de extinción
Eira barbara (Viejo de monte)	Peligro de extinción
Leopardus pardalis (Ocelote)	Peligro de extinción
Leopardus wiedii (Gato tigre)	Peligro de extinción
Panthera onca (jaguar)	Peligro de extinción
Caluromys derbianus (Tlacuache dorado)	Peligro de extinción

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 80 de 191
---	---	---

6. ANALISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

6.1. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO

6.1.1. ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS

6.1.1.1. Características físico – químicas del GLP

Propiedades químicas

El gas LP es un gas inflamable y se clasifica con un grado de riesgo por inflamabilidad muy alto (4), por lo que cuenta con el potencial para formar mezclas explosivas, con el aire o el oxígeno, además de sustancias oxidantes como el cloro, flúor y óxido nitroso.

El gas LP al mezclarse con el aire y oxígeno resulta explosivo al ubicarse dentro del rango de explosividad:

Límite superior de inflamabilidad o explosividad (LSE): 9.3%

Límite inferior de inflamabilidad o explosividad (LIE): 1.8%

0% aire + 100 % GLP	Zona A	
90.7% aire + 9.3% de GLP	Zona Explosiva	LSE
98.2% aire + 1.8% GLP		LIE
100% aire + 0% GLP	Zona B	

En condiciones ideales de homogeneidad (zonas A y B), las mezclas de aire con menos de 1.8% y más de 9.3% de gas licuado no explotarán, aún en presencia de una fuente de ignición. Sin embargo, a nivel práctico deberá desconfiarse de las mezclas cuyo contenido se acerque a la zona explosiva, donde sólo se necesita una fuente de ignición para desencadenar una explosión.

Asimismo, dicha mezcla se puede encender con una energía de ignición relativamente baja.

Propiedades físicas

En fase gas a presión atmosférica, el GLP es significativamente más pesado que el aire, lo cual implica que éste fluye hacia abajo desplazando el aire por encima de éste, acumulándose éste en espacios cerrados o

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 81 de 191
---	--	--

que pudiesen generar un confinamiento de este. Y en el caso de que no existiese una ventilación adecuada, la acumulación del GLP persistiría por varias horas.

El GLP es incoloro y casi inodoro y está constituido por una mezcla de propano (60%) y butano (40%).

Al gas LP se le adiciona el odorizante etil-mercaptano que le da su olor característico. Solo es necesario adicionar 500 g de este en un volumen de 37 850 litros de GLP.

Siendo el porcentaje de la concentración del mercaptano en la mezcla de gas LP tan pequeño, que este no es lo suficiente como para modificar las propiedades de la mezcla original, salvo se debe tener especial cuidado en que nunca exceda a la quinta parte del nivel inferior de combustibilidad, a su vez el mercaptano no produce alteraciones en el poder combustible del gas LP.

De acuerdo con la Hoja de Datos de Seguridad de PEMEX, la densidad del gas LP es:

- Densidad de los vapores (aire = 1) a 15.5 °C es 2.01 veces más pesado que el aire.
- Densidad del líquido (agua = 1) a 15.5 °C es de 0.540 g/ml.

Su densidad como líquido se aproxima a la mitad del agua, esto significa que, si se vierte el gas sobre el agua, éste flotara sobre la superficie antes de evaporarse. El líquido respecto a su volumen tiene una proporción de 1 a 250 partes sobre el volumen del gas, y es, por lo tanto, ½ veces tan denso como el aire y no se dispersa tan fácilmente.

Además, es importante señalar que, al igual que con otras sustancias, la densidad del gas LP tiene una fuerte dependencia de la temperatura, más allá de los cambios que pudieran provocar el cambio en la presión a la cual se encuentra sometido.

Dependiendo de la composición del gas LP, se prevé que un litro de éste en fase líquida produzca aproximadamente 260 a 350 litros en fase gas.

El gas LP, no es tóxico, pero en altas concentraciones puede causar asfixia, debido a que desplaza el aire. En concentraciones muy elevadas, y cuando se ha mezclado con el aire, el vapor de gas LP resulta anestésico y posteriormente asfixiante. Al diluirse o reducirse el oxígeno disponible; éste puede causar graves quemaduras frías a la piel debido a su rápida evaporación, ocasionando la disminución de la temperatura.

La Hoja de Seguridad del gas LP se muestra en el **Anexo G**.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 82 de 191
---	--	--

6.1.1.2. Técnica HAZID

Para realizar el análisis preliminar de peligros se aplicó la metodología HAZID, se presenta el estudio de HAZID el cual contempla Falla mecánicas, fallas de equipos, fallas de factor humano, etc, como principales componentes de los riesgos que se presentarían en la instalación.

La técnica HAZID (Hazard Identification Analysis) fue creada por el departamento de defensa de Estados Unidos para visualizar los peligros de los nuevos diseños de los sistemas militares. En la actualidad es una herramienta muy utilizada en la industria para identificar riesgos inherentes al proceso en etapas tempranas de un nuevo proyecto.

Definición

La revisión HAZID es una metodología para identificar peligros para planificar, eliminar o mitigar su potencial impacto. La identificación de peligros es un paso importante en la evaluación y administración de riesgos.

El método HAZID es adecuado para todos los tipos de industrias y puede ser aplicada a la mayoría de los sistemas. Varios métodos han sido desarrollados para permitir a HAZID cubrir cada fase de un proyecto, incluyendo la fase conceptual, selección de opciones, ingeniería básica, etc.

Objetivos

Las revisiones HAZID identificarán los peligros y salvaguardas en una etapa temprana en el diseño de una instalación. El objetivo es doble: La administración de los riesgos a la Salud, Seguridad y Medio Ambiente durante el desarrollo del proyecto y la trazabilidad como un resultado de un registro exhaustivo de la administración de riesgos.

¿Cuál es la metodología básica de las revisiones HAZID?

En pocas palabras, la metodología HAZID sigue los siguientes pasos:

- Las instalaciones son divididas en secciones llamadas áreas.
- Para cada área una lista de palabras guía son aplicadas sistemáticamente para identificar riesgos potenciales.
- Para cada riesgo, el equipo determina sus causas, consecuencias y salvaguardas.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 83 de 191
---	--	--

- El equipo concluye con la aceptabilidad del escenario o acciones de proceso para mejora o investigación.

Esto es solamente el proceso básico que puede ser desarrollado incluyendo jerarquización de riesgos, categorización de acciones, selección de escenarios, comparación de opciones, etc.

¿Qué se necesita para realizar una revisión HAZID?

Las revisiones HAZID pueden ser desarrolladas basadas en los planos de localización de equipos, diagramas de flujo de proceso, procedimientos operacionales, u otro documento.

¿Cuál es el alcance de una revisión HAZID?

El alcance de una revisión HAZID puede variar significativamente de acuerdo con objetivos, fase del proyecto, disponibilidad de la información, tipo de proceso y la organización en general dentro de tú compañía.

¿Cuánto dura una revisión HAZID?

Dependiendo de la complejidad del proyecto y el alcance definido, las revisiones se pueden realizar en un día a una o dos semanas.

Los resultados de la metodología HAZID se muestran en el **anexo B**.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 84 de 191
---	--	--

6.1.2. ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE PROYECTOS E INSTALACIONES SIMILARES

29/06/2018, Tula de Allende, Hidalgo

Tula de Allende, Hgo. - La madrugada de este viernes se controló una fuga de Gas LP en una de las líneas que abastece las esferas TE-126 y TE-127 de la Terminal de Distribución de Pemex Logística.

La nube de hidrocarburo fue contenida por el personal de contraincendios de Pemex, mediante la colocación de cortinas de agua.

En coordinación con Protección Civil municipal y como medida precautoria se llevó a cabo el bloqueo temporal del tránsito vehicular del tramo carretero Jorobas – Tula. Una vez verificado que ya no existen vapores de hidrocarburo en el área se retiró el bloqueo a las 5:30 de la mañana.

Derivado del incidente no hubo personas evacuadas ni lesionadas.

Pemex mantiene los equipos en posición segura y se analiza la causa raíz del incidente.

20/01/2015, Cuajimalpa, Ciudad de México

La mañana del jueves 29 de enero, se registró una explosión en el Hospital Materno Infantil ubicado en la Delegación Cuajimalpa, en el Distrito Federal, la cual fue causada por una falla en la pipa que suministraba gas a esa institución. El saldo de este accidente dejó cinco personas muertas y 73 heridos

Causa: Desgaste de dos tornillos en la junta de la bomba de trasiego de gas, ubicada en la parte media inferior del autotanque, ocasionó la fuga, que duró 25 minutos, lo que formó una nube de gas que tuvo su punto de ignición dentro del nosocomio.

18/07/2017, Cd. Madero, Tamaulipas

Cd. Madero, Tamaulipas. El día de hoy a las 14:30 horas, personal especializado de Pemex controló un escape de gas licuado de petróleo durante un muestreo que se realizaba en una válvula automática en la planta Catalítica 1, de la Refinería “Francisco I. Madero”. No se registraron lesionados ni hubo afectaciones a las instalaciones.

Personal especializado de la refinería controló el incidente en cuestión de minutos. La planta se encuentra operando normalmente.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 85 de 191
---	--	--

08/05/2013, San Pedro Xalostoc, Ecatepec, Estado de México

La explosión de una pipa de gas que se desprendió de un tractocamión e impactó contra varias casas aledañas a la autopista federal México-Pachuca provocó la muerte a 22 personas –entre ellas 10 menores de edad– y lesiones a otras 31; causó daños a 45 viviendas y 30 vehículos, que se incendiaron, además del desalojo de unos cien habitantes de San Pedro Xalostoc.

A las 5:30 horas de este martes, el chofer del tractocamión de doble semirremolque perdió el control del vehículo debido al exceso de velocidad con que circulaba, cerca del kilómetro 14 de la carretera en dirección al Distrito Federal.

La pipa trasera del vehículo –con capacidad para 35 mil litros de gas LP, igual que la delantera– se estrelló contra el muro de contención, se desprendió de la primera, pegó contra una vivienda, estalló, voló sobre la autopista y cayó encima de una casa del lado contrario de la carretera.

La onda expansiva que provocó la explosión y las llamas se propagaron unos 500 metros a la redonda, calcinando vehículos que circulaban por la zona y unas 45 viviendas de San Pedro Xalostoc, donde vivían 180 personas, a ambos lados de la autopista.

La autopista fue cerrada a la circulación en ambos sentidos. Sobre la cinta asfáltica se improvisó un hospital para atender a los lesionados, así como una morgue.

El Ejército Mexicano y la Marina aplicaron el plan DN-III.

Bomberos de Tlalnepantla, Ecatepec y del Distrito Federal controlaron el fuego, removieron escombros y pasaron la carga del contenedor delantero a otra pipa. Durante las labores de rescate se suspendió el suministro de agua. Después de más de 10 horas la carretera fue reabierto a la circulación.

19/11/1984, San Juan Ixhuatepec, Estado de México.

Se cree que uno de los contenedores de 54 m³ fue sobrellenado y produjo una ruptura en una tubería de 20cm de diámetro conduciendo el gas de alimentación que venía desde refinerías remotas. Los registros definitivamente mostraron una disminución en la presión iniciando a las 5:10. La emisión continuó por algunos minutos y los testigos oculares indican que se formó una nube de alrededor de 2m de alto. La nube cubrió un área de alrededor de 200x150 m² que se movía lentamente. El viento prevalecía en calma, alrededor de 0.4m/s, soplando en dirección sureste durante una madrugada particularmente fría de

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 86 de 191
---	--	--

invierno. Cuando la nube explotó y se incendió, la afectación cubrió no solo a la planta sino a las casas-habitación vecinas, muchas de las cuales estaban construidas con tabique, pero con techos de madera o cartón corrugado. El fuego eventualmente produjo una serie de explosiones lo que representó un efecto dominó de grandes dimensiones. Mas explosiones fueron producidas después del BLEVE, cuando el vapor penetró en las casas vecinas causando la explosión de los tanques de gas domésticos de 30kg. La explosión dejó un cráter de 200m de radio con, oficialmente, 503 personas muertas y 7,000 heridas.

3 de abril de 1977, Planta Umm Said NGL, Qatar.

Un tanque de 260.000 barriles que contenía alrededor de 236.000 barriles de propano refrigerado a -44 ° C falló masivamente. La ola de propano líquido barrió los diques e inundó el área de proceso de 51.000 barriles por día antes de incendiarse. También se destruyó un tanque adyacente que contenía 125.000 barriles de butano refrigerado, al igual que la mayor parte del área de proceso. El fuego ardió fuera de control durante dos días y se extinguió a los ocho días.

Seis personas murieron en el incidente y las pérdidas por daños a la propiedad se estimaron en \$ 76 millones (1977) \$ 179 millones (2001)

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 87 de 191
---	--	--

6.1.3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

6.1.3.1. HAZOP

El estudio de Peligros y Operabilidad (HAZOP, por sus siglas en ingles HAZard and OPerability) es una técnica recomendada para identificar los problemas de seguridad y de operabilidad que se pudiesen presentar en una instalación durante su operación normal, arranque y paro. En este análisis, un grupo multidisciplinario de especialistas usa un enfoque sistemático, basado en la aplicación sucesiva de palabras guía a puntos o nodos de estudio (bombas, compresores, líneas, recipientes), para proporcionar una estructura de razonamiento lógico facilitando la identificación de posibles desviaciones en la intención de diseño del nodo de estudio, con el objeto de conocer sus causas, consecuencias y acciones requeridas para minimizar riesgos durante la operación.

El uso de la metodología de análisis cualitativo de riesgo HAZOP requiere de una fuente de información detallada referente al diseño y operación del proceso. Esta práctica es aplicable a todas las fases de vida de la planta, tanto para un diseño o tecnología nueva como para instalaciones ya existentes.

Esta técnica se desarrolla mediante 3 etapas principales:

Etapas 1: Preparación del estudio.

- Definir el propósito, objetivos y alcance del estudio de la manera más explícita posible.
- Definir de manera específica las consecuencias que serán consideradas (daños al personal, daños al medio ambiente, pérdidas económicas, o una combinación).
- Seleccionar a los miembros del equipo. El líder HAZOP debe asegurarse de la disponibilidad de un equipo de tamaño adecuado y experimentado. Un equipo de HAZOP debe contar con un líder de grupo, un secretario, Ingeniero de proceso/supervisor, Ingeniero de mantenimiento mecánico y eléctrico/supervisor, Ingeniero instrumentista/supervisor, Ingeniero de seguridad/supervisor, ayudante de operación, miembros de apoyo.
- Recopilar información del proceso. Diagramas de Flujo de Proceso, Diagramas de Tubería e Instrumentación, Planos de localización General de Equipos, Instructivos de Operación, Manuales de fabricación de equipos, puntos de ajuste de instrumentos, filosofía operacional, etc.
- Procesar la información y planear el estudio. Los nodos o secciones de estudio deben definirse siguiendo el flujo de proceso y haciendo uso de los DTI's. Los líderes desarrollaran una lista preliminar de desviaciones y prepararan una hoja de trabajo para guardar las respuestas a las desviaciones de los miembros del equipo.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 88 de 191
---	--	--

- f) Organizar las sesiones. Cada sección o nodo de estudio tomara un promedio de 30 a 60 minutos. Cada sesión debe durar al menos de 4 a 6 horas (de preferencia por la mañana).

Etapas 2: Desarrollo del estudio.

- a) Seleccionar puntos o nodos de estudio (líneas de proceso, recipientes y/o equipos de proceso, en líneas de transferencia siempre que cambie un parámetro) siguiendo el sentido de flujo del proceso y continuando con servicios auxiliares.
- b) Establecer la intención de diseño del equipo. Esta incluye una descripción del diseño y operación normal en cada nodo de estudio, así como, funciones de nodo, composiciones del proceso y rangos de valores numéricos de todos los parámetros de importancia. (Cabe mencionar que, si la instalación está funcionando fuera de la capacidad de su intención de diseño, esto representa un riesgo potencial).
- c) Seleccionar la palabra guía combinada con un parámetro de proceso para definir la desviación en un nodo de estudio (escenario) y asignarle un número de identificación (revisar todas las palabras guía con cada parámetro y entonces, cambiar de parámetro).
- d) Listar las posibles causas que originan la desviación.
- e) Para cada causa liste las posibles consecuencias.
- f) Listar todas las protecciones existentes para prever la ocurrencia de la causa o mitigar las consecuencias asociadas.
- g) Considerar y recomendar las acciones necesarias para mitigar las causas.
- h) Por último, se pondera la frecuencia de la causa y la severidad de la consecuencia con el fin de jerarquizar el riesgo identificado.
- i) El riesgo identificado es representado dentro de una Matriz de Riesgo en la cual se definen regiones que abarcan diferentes periodos de tiempos Estos tiempos son periodos en los cuales una acción correctiva debe ser tomada para cada escenario, ya sea un plan de acción, la definición de una solución o la asignación de un responsable para realizar una tarea específica que corrija o disminuya el valor de riesgo de dicho escenario.
- j) Se establece la siguiente desviación del nodo, hasta concluir con todas las combinaciones posibles.
- k) Analizar un nuevo nodo o punto de estudio.

El proceso de análisis se resume en la Figura 6.1.3-1.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 89 de 191
---	---	---

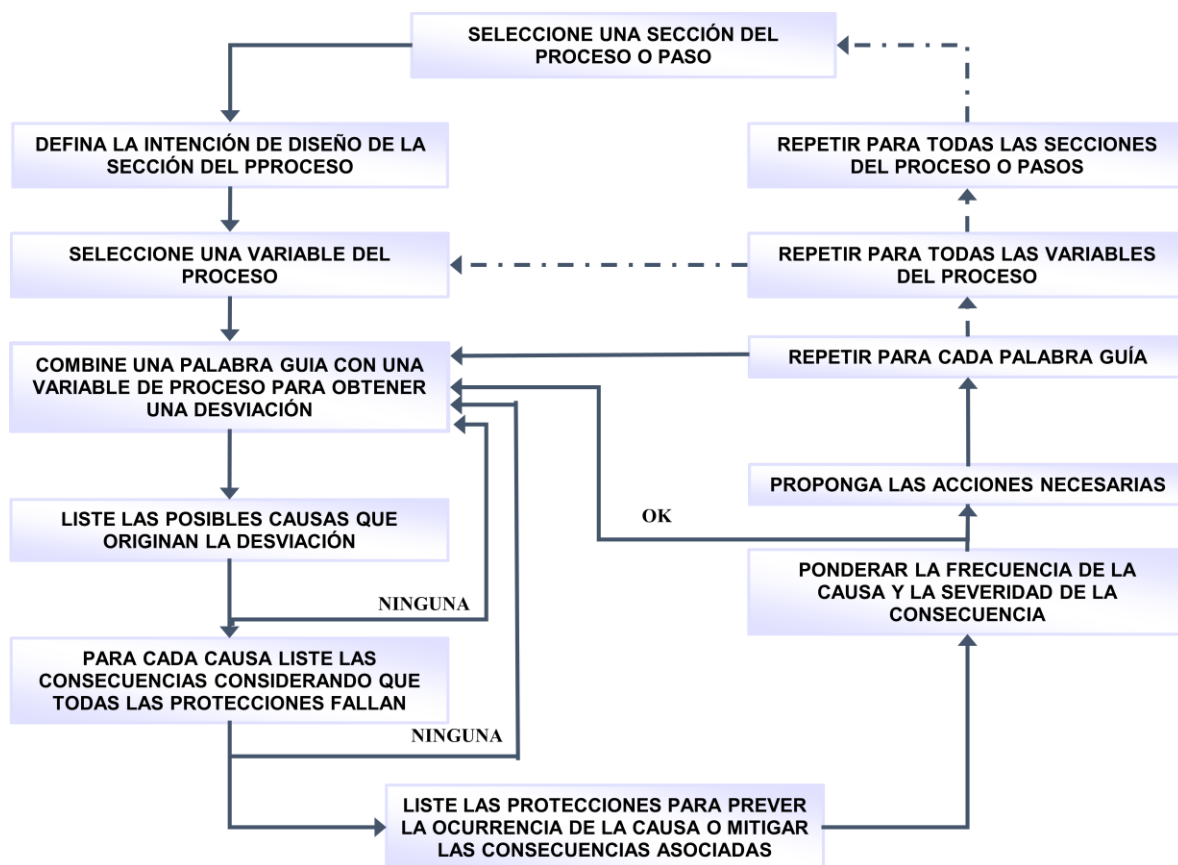


Figura 6.1.3-1 Proceso de análisis del estudio de Peligros y Operabilidad.

Etapas 3: Documentación de los resultados.

Los resultados de las reuniones de HAZOP se documentan en forma tabular considerando un formato estandarizado en donde se indica el nombre, el número de nodo, su intención de diseño y 5 columnas con los conceptos descritos anteriormente.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 90 de 191
---	--	--

6.1.4. JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

La jerarquización de riesgos es parte de las actividades de la gestión de riesgos. Una vez identificados los principales riesgos de la instalación, debe conocerse cuáles de éstos son los que por la magnitud de sus consecuencias fatalidades, No. de accidentes con lesiones, liberación de hidrocarburos, daños a bienes o por su nivel de recurrencia o frecuencia en que se presentan deben ser atendidos de manera inmediata o prioritaria. Lo anterior permite asignar prioridades a las recomendaciones indicadas en la identificación de peligros, lo que permite a la organización, enfocar mejor sus recursos.

La jerarquización parte primero de asignar a los escenarios identificados una categoría de la magnitud de las consecuencias y otra categoría al nivel de la recurrencia o frecuencia con que se presentan dichos escenarios.

La evaluación cualitativa de las consecuencias se realizará conforme a los criterios indicados en la Tabla 6.1.4-1. La evaluación cualitativa de las probabilidades se realizará conforme a los criterios indicados en la Tabla 6.1.4-2.

En la Figura 6.1.4-1 se presenta la matriz de riesgo. En esta matriz se definen tres regiones de riesgo:

- **Región de Riesgo No Tolerable “A” (región roja):** Los riesgos de este tipo deben provocar acciones inmediatas para implantar las recomendaciones generadas en el análisis de riesgos. El costo no debe ser una limitación y el hacer nada no es una opción aceptable. Estos riesgos representan situaciones de emergencia y deben establecerse Controles Temporales Inmediatos. Las acciones deben reducirlos a una región de Riesgo ALARP y en el mejor de los casos, hasta riesgo tolerable.
- **Región de Riesgo ALARP “M” (región amarilla):** Los riesgos que se ubiquen en esta región deben de estudiarse a detalle mediante análisis de tipo costo-beneficio para que se pueda tomar una decisión en cuanto a que se tolere el riesgo o se implanten recomendaciones que permitan reducirlos a la región de riesgo tolerable.
- **Región de Riesgo Tolerable “B” (región verde):** El riesgo es de bajo impacto y es tolerable, aunque pudieran tomarse acciones para reducirlo. Se debe continuar con las medidas preventivas que permiten mantener estos niveles de riesgo en valores tolerables.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 91 de 191
---	---	---

Tabla 6.1.4-1 Clases de consecuencias para la evaluación de riesgos

Gravedad de las Consecuencias						
Consecuencias	Criterio	1	2	3	4	5
Fatalidades	Personas fallecidas	>10	1 a 10	0	0	0
Accidentes con Lesiones	Personas Lesionadas	>100	10 a 100	1 a 10	1	0
Liberación de Hidrocarburos	Toneladas	>100	10 a 100	1 a 10	0.1 a 1	<0.1
Daño a Bienes	USD	>10 000 000	1 000 000 a 10 000 000	100 000 a 1 000 000	10 000 a 100 000	<10 000

FUENTE: NORMA Oficial Mexicana NOM-013-SECRE-2012. Lunes 30 de septiembre de 2013 DIARIO OFICIAL.

Tabla 6.1.4-2 Clasificación de probabilidades de ocurrencia del evento-anual

Clase de Probabilidad	Frecuencia de Ocurrencia Anual	Frecuencia de Ocurrencia
1	$>10^{-1}$	Más de una vez en 10 años
2	10^{-1} a 10^{-2}	De una vez en 10 años a una vez en 100 años
3	10^{-2} a 10^{-3}	De una vez en 100 años a una vez en 1 000 años
4	10^{-3} a 10^{-4}	De una vez en 1 000 años a una vez en 10 000 años
5	10^{-4} a 10^{-5}	De una vez en 10 000 años a una vez en 100 000 años
6	10^{-5} a 10^{-6}	De una vez en 100 000 años a una vez en 1 000 000 años
7	$< 10^{-6}$	Menos de una vez en 1 000 000 años

FUENTE: NORMA Oficial Mexicana NOM-013-SECRE-2012. Lunes 30 de septiembre de 2013 DIARIO OFICIAL.

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 92 de 191
---	---	---

Frecuencia de ocurrencia acumulada anual		Clasificación de consecuencias				
Clase de Probabilidad	Rango	5	4	3	2	1
1	$>10^{-1}$	M	M	A	A	A
2	10^{-1} a 10^{-2}	B	M	M	A	A
3	10^{-2} a 10^{-3}	B	B	M	M	A
4	10^{-3} a 10^{-4}	B	B	B	M	M
5	10^{-4} a 10^{-5}	B	B	B	B	M
6	10^{-5} a 10^{-6}	B	B	B	B	B
7	$< 10^{-6}$	B	B	B	B	B
Clasificación B: Bajo, Gestión mediante la mejora continua. M: Medio, Incorporar salvaguardas y medidas de reducción del riesgo y mitigación de consecuencias A: Alto, Intolerable, riesgo no aceptable						

FUENTE: NORMA Oficial Mexicana NOM-013-SECRE-2012. Lunes 30 de septiembre de 2013 DIARIO OFICIAL.

Figura 6.1.4-1 Matriz de determinación del nivel de riesgo dentro de los límites de la terminal

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 93 de 191
---	--	--

6.1.5. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

La información usada en el análisis HAZOP se lista a continuación y se presenta en el **Anexo A**.

Plano No.	Nombre:	Fecha:
Plano No. 1	Proyecto Civil	Noviembre 2018
Plano No. 2	Proyecto Civil Detalles	Noviembre 2018
Plano No. 2	Proyecto Civil Planimétrico	Noviembre 2018
Plano No. 1	Proyecto Mecánico	Noviembre 2018
Plano No. 1	Proyecto Eléctrico	Noviembre 2018
Plano No. 2	Proyecto Eléctrico	Noviembre 2018
Plano No. 3	Proyecto Eléctrico	Noviembre 2018
Plano No. 1	Proyecto Sistema Contra Incendio	Noviembre 2018
Plano No. 2	Proyecto Sistema Contra Incendio Extintores	Noviembre 2018

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 94 de 191
---	--	--

Los nodos analizados fueron los siguientes:

- Nodo: 1. Recipiente de almacenamiento de gas LP No. 1.
- Nodo: 2. Recipiente de almacenamiento de gas LP No. 2.
- Nodo: 3. Cabezal de succión de compresor.
- Nodo: 4. Línea de gas LP vapor de la toma de recepción.
- Nodo: 5. Semirremolque.
- Nodo 6. Línea de trasvase de gas LP líquido de la toma de recepción.
- Nodo 7. Cabezal de succión de bombas de suministro.
- Nodo 8. Línea de gas LP líquido de la toma de suministro No. 1.
- Nodo 9. Línea de gas LP líquido de la toma de suministro No. 2.
- Nodo 10. Autotanque.
- Nodo 11: Línea de retorno de vapores.
- Nodo 12. Línea de retorno de gas LP líquido.
- Nodo 13. Línea de gas LP vapor a futuro.
- Nodo 14. Línea de gas LP líquido a futuro.
- Nodo 15. Sistema de aire comprimido.
- Nodo 16. Sistema de suministro de energía eléctrica.
- Nodo 17. Sistema contra incendios.

Los nodos marcados se presentan en el **anexo B**.

Las hojas de trabajo resultantes del análisis HAZOP se presentan en el **Anexo B**.

En las figuras 6.1.5-1, 6.1.5-2, 6.1.5-3 y 6.1.5-4 se muestran las matrices de riesgos resultantes para cada una de las categorías de consecuencia evaluadas (Personas fallecidas, personas lesionadas, liberación de hidrocarburos y daños a bienes).

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 95 de 191
---	---	---

Frecuencia de ocurrencia acumulada anual		Clasificación de consecuencias				
Clase de Probabilidad	Rango	5	4	3	2	1
1	$>10^{-1}$	1				
2	10^{-1} a 10^{-2}	23				
3	10^{-2} a 10^{-3}	17				
4	10^{-3} a 10^{-4}	40		1	19	
5	10^{-4} a 10^{-5}	2			16	
6	10^{-5} a 10^{-6}					
7	$< 10^{-6}$					
Clasificación B: Bajo, Gestión mediante la mejora continua. M: Medio, Incorporar salvaguardas y medidas de reducción del riesgo y mitigación de consecuencias A: Alto, Intolerable, riesgo no aceptable						

FUENTE: NORMA Oficial Mexicana NOM-013-SECRE-2012. Lunes 30 de septiembre de 2013 DIARIO OFICIAL.

Figura 6.1.5-1 Personas Fallecidas.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 96 de 191
---	---	---

Frecuencia de ocurrencia acumulada anual		Clasificación de consecuencias				
Clase de Probabilidad	Rango	5	4	3	2	1
1	$>10^{-1}$	1				
2	10^{-1} a 10^{-2}	14	9			
3	10^{-2} a 10^{-3}	12	5			
4	10^{-3} a 10^{-4}	2	28	30		
5	10^{-4} a 10^{-5}		8	10		
6	10^{-5} a 10^{-6}					
7	$< 10^{-6}$					
Clasificación B: Bajo, Gestión mediante la mejora continua. M: Medio, Incorporar salvaguardas y medidas de reducción del riesgo y mitigación de consecuencias A: Alto, Intolerable, riesgo no aceptable						

FUENTE: NORMA Oficial Mexicana NOM-013-SECRE-2012. Lunes 30 de septiembre de 2013 DIARIO OFICIAL.

Figura 6.1.5-2 Personas Lesionadas.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 97 de 191
---	---	---

Frecuencia de ocurrencia acumulada anual		Clasificación de consecuencias				
Clase de Probabilidad	Rango	5	4	3	2	1
1	$>10^{-1}$	1				
2	10^{-1} a 10^{-2}	23				
3	10^{-2} a 10^{-3}	15		1	1	
4	10^{-3} a 10^{-4}	49		9	2	
5	10^{-4} a 10^{-5}	10		2	6	
6	10^{-5} a 10^{-6}					
7	$< 10^{-6}$					
Clasificación B: Bajo, Gestión mediante la mejora continua. M: Medio, Incorporar salvaguardas y medidas de reducción del riesgo y mitigación de consecuencias A: Alto, Intolerable, riesgo no aceptable						

FUENTE: NORMA Oficial Mexicana NOM-013-SECRE-2012. Lunes 30 de septiembre de 2013 DIARIO OFICIAL.

Figura 6.1.5-3 Liberación de Hidrocarburos.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 98 de 191
---	---	---

Frecuencia de ocurrencia acumulada anual		Clasificación de consecuencias				
Clase de Probabilidad	Rango	5	4	3	2	1
1	$>10^{-1}$	1				
2	10^{-1} a 10^{-2}	23				
3	10^{-2} a 10^{-3}	17	2			
4	10^{-3} a 10^{-4}	33	18	7		
5	10^{-4} a 10^{-5}	10	2		6	
6	10^{-5} a 10^{-6}					
7	$< 10^{-6}$					
Clasificación B: Bajo, Gestión mediante la mejora continua. M: Medio, Incorporar salvaguardas y medidas de reducción del riesgo y mitigación de consecuencias A: Alto, Intolerable, riesgo no aceptable						

FUENTE: NORMA Oficial Mexicana NOM-013-SECRE-2012. Lunes 30 de septiembre de 2013 DIARIO OFICIAL.

Figura 6.1.5-4 Daños a bienes.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 99 de 191
---	--	--

En la aplicación de la metodología HAZOP se identificaron los siguientes riesgos:

- Nodo 1. Recipiente de almacenamiento de gas LP No. 1.
 - Escenario 1.3.1. Fuga por represionamiento debido al sobrellenado del recipiente de almacenamiento.
 - Escenario 1.7.1. Fuga de gas LP por corrosión.
 - Escenario 1.8.1. Ruptura por falla de soldadura.
- Nodo 2. Recipiente de almacenamiento de gas LP No. 2.
 - Escenario 2.3.1. Fuga por represionamiento debido al sobrellenado del recipiente de almacenamiento.
 - Escenario 2.7.1. Fuga de gas LP por corrosión.
 - Escenario 2.8.1. Ruptura por falla de soldadura.
- Nodo 3. Cabezal de succión del compresor.
 - Escenario 3.9.1. Fuga de gas LP por corrosión.
- Nodo: 4. Línea de gas LP vapor de la toma de recepción.
 - Escenario 4.1.1. Fugas de gas LP en uniones bridadas y/o roscadas debido al represionamiento por descarga bloqueada.
 - Escenario 4.10.1. Fuga de gas LP por falla de sellos.
 - Escenario 4.10.2. Fuga de gas LP por corrosión.
 - Escenario 4.10.3. Ruptura de manguera que origina fuga de gas LP.
- Nodo: 5. Semirremolque.
 - Escenario 5.1.1. Fugas de gas LP en uniones bridadas y/o roscadas debido al represionamiento por descarga bloqueada.
 - Escenario 5.7.1. Fuga de gas LP por corrosión.
 - Escenario 5.7.2. Ruptura de manguera que origina fuga de gas LP por desplazamiento del semirremolque.
- Nodo 6. Línea de trasvase de gas LP líquido de la toma de recepción.
 - Escenario 6.7.1. Fuga de gas LP por corrosión.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 100 de 191
---	--	---

Escenario 6.7.2. Ruptura de manguera que origina fuga de gas LP.

- Nodo 7. Cabezal de succión de bombas de suministro.

Escenario 7.9.1. Fuga de gas LP por corrosión.

- Nodo 8. Línea de gas LP líquido de la toma de suministro No. 1.

Escenario 8.1.1. Fuga de gas LP en uniones bridadas y/o roscadas debido al represionamiento por descarga bloqueada.

Escenario 8.8.1. Fuga de gas LP por falla de sellos mecánicos.

Escenario 8.8.2. Fuga de gas LP por corrosión.

Escenario 8.8.3. Ruptura de manguera que origina fuga de gas LP.

- Nodo 9. Línea de gas LP líquido de la toma de suministro No. 2.

Escenario 9.1.1. Fuga de gas LP en uniones bridadas y/o roscadas debido al represionamiento por descarga bloqueada.

Escenario 9.8.1. Fuga de gas LP por falla de sellos mecánicos.

Escenario 9.8.2. Fuga de gas LP por corrosión.

Escenario 9.8.3. Ruptura de manguera que origina fuga de gas LP.

- Nodo 10. Autotank.

Escenario 10.1.1. Fugas de gas LP en uniones bridadas y/o roscadas debido al represionamiento por descarga bloqueada.

Escenario 10.3.1. Fuga de gas LP por represionamiento debido al sobrellenado del autotank.

Escenario 10.7.1. Fuga de gas LP por corrosión.

Escenario 10.7.2. Ruptura de manguera que origina fuga de gas LP por desplazamiento del autotank.

- Nodo 11: Línea de retorno de vapores.

Escenario 11.9.1. Fuga de gas LP por corrosión.

Escenario 11.9.2. Ruptura de manguera que origina fuga de gas LP.

- Nodo 12. Línea de retorno de gas LP líquido.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 101 de 191
---	--	---

Escenario 12.9.1. Fuga de gas LP por corrosión.

- Nodo 13. Línea de gas LP vapor.

Escenario 13.9.1. Fuga de gas LP por corrosión.

- Nodo 14. Línea de gas LP líquido.

Escenario 14.9.1. Fuga de gas LP por corrosión.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 102 de 191
---	---	--

Tabla 6.1.5-1. Evaluación de los escenarios de riesgo identificados en el análisis HAZOP

No.	DESCRIPCIÓN	PERSONAS FALLECIDAS			PERSONAS LESIONADAS			LIBERACION DE HIDROCARBUROS			DAÑOS A BIENES		
		F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R
1.3.1	Fuga por represionamiento debido al sobrellenado del recipiente de almacenamiento No. 1.	3	5	B	3	5	B	3	5	B	3	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	5	B	4	5	B	4	4	B
	Explosión.	4	5	B	4	3	B	4	5	B	4	4	B
1.7.1	Fuga de gas LP en tanque de almacenamiento por corrosión.	2	5	B	2	4	M	3	5	B	3	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	3	B	4	5	B	4	4	B
	Explosión.	4	2	M	4	3	B	4	5	B	4	5	B
1.8.1	Ruptura del tanque de almacenamiento por falla de soldaduras.	3	5	B	3	3	M	3	3	M	3	4	B
	Incendio.	4	5	B	4	3	B	4	3	B	4	3	B
	Explosión.	4	2	M	4	3	B	4	3	B	4	3	B
	BLEVE	5	2	B	5	2	B	5	2	B	5	2	B
2.3.1	Fuga por represionamiento debido al sobrellenado del recipiente de almacenamiento No. 1.	3	5	B	3	5	B	3	5	B	3	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	5	B	4	5	B	4	4	B
	Explosión.	4	5	B	4	3	B	4	5	B	4	4	B



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

**Planta de Distribución de gas LP Riviera I
Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo**

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 103 de 191

No.	DESCRIPCIÓN	PERSONAS FALLECIDAS			PERSONAS LESIONADAS			LIBERACION DE HIDROCARBUROS			DAÑOS A BIENES		
		F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R
2.7.1	Fuga de gas LP en tanque de almacenamiento por corrosión.	2	5	B	2	4	M	3	5	B	3	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	3	B	4	5	B	4	4	B
	Explosión.	4	2	M	4	3	B	4	5	B	4	5	B
2.8.1	Ruptura del tanque de almacenamiento por falla de soldaduras.	3	5	B	3	3	M	3	3	M	3	4	B
	Incendio.	4	5	B	4	3	B	4	3	B	4	3	B
	Explosión.	4	2	M	4	3	B	4	3	B	4	3	B
	BLEVE	5	2	B	5	2	B	5	2	B	5	2	B
3.9.1	Fuga de gas LP en el cabezal de succión del compresor por corrosión.	2	5	B	2	4	M	2	5	B	2	5	B
	Incendio	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	4	B
	Explosión	4	2	M	4	3	B	4	5	B	4	4	B
4.1.1	Fuga de gas LP en línea de gas LP vapor de la toma de suministro por falla de empaques en uniones bridadas y/o roscadas debido al represionamiento por descarga bloqueada.	3	5	B	3	4	B	3	5	B	3	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	4	B
	Explosión.	4	2	M	4	3	B	4	5	B	4	4	B

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

Planta de Distribución de gas LP Riviera I
Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 104 de 191

No.	DESCRIPCIÓN	PERSONAS FALLECIDAS			PERSONAS LESIONADAS			LIBERACION DE HIDROCARBUROS			DAÑOS A BIENES		
		F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R
4.10.1	Fuga de gas LP por falla de sellos del compresor.	2	5	B	2	4	M	2	5	B	2	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión.	4	2	M	4	3	B	4	5	B	4	5	B
4.10.2	Fuga de gas LP en línea de gas LP vapor de la toma de suministro por corrosión.	2	5	B	2	4	M	2	5	B	2	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión.	4	2	M	4	3	B	4	5	B	4	5	B
4.10.3	Ruptura de manguera de línea de gas LP vapor de la toma de suministro	3	5	B	3	5	B	3	5	B	3	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión	5	2	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
5.1.1	Fugas de gas LP en uniones bridadas y/o roscadas en Semirremolque debido al represionamiento por descarga bloqueada.	3	5	B	3	4	B	3	2	M	3	4	B
	Incendio.	4	5	B	4	3	B	4	2	M	4	3	B
	Explosión.	4	2	M	4	3	B	4	2	M	4	3	B
5.7.1	Fuga de gas LP en tubería de semirremolque por corrosión.	3	5	B	3	4	B	3	5	B	3	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 105 de 191

No.	DESCRIPCIÓN	PERSONAS FALLECIDAS			PERSONAS LESIONADAS			LIBERACION DE HIDROCARBUROS			DAÑOS A BIENES		
		F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R
	Explosión.	4	2	M	4	3	B	4	5	B	4	5	B
5.7.2	Ruptura de manguera en toma de recepción por desplazamiento del semirremolque.	3	5	B	3	4	B	3	5	B	3	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión.	4	2	M	4	3	B	4	5	B	4	5	B
6.8.1	Fuga de gas LP en línea de trasvase de gas LP líquido de la toma de recepción por corrosión.	2	5	B	2	5	B	2	5	B	2	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión.	4	2	M	4	4	B	4	5	B	4	5	B
6.8.2	Ruptura de manguera en línea de trasvase de gas LP líquido de la toma de recepción.	3	5	B	3	5	B	3	5	B	3	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión.	5	2	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
7.9.1	Fuga de gas LP en cabezal de succión de bombas por corrosión.	2	5	B	2	4	M	2	5	B	2	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión.	4	2	M	4	3	B	4	5	B	4	5	B

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

**Planta de Distribución de gas LP Riviera I
Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo**

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 106 de 191

No.	DESCRIPCIÓN	PERSONAS FALLECIDAS			PERSONAS LESIONADAS			LIBERACION DE HIDROCARBUROS			DAÑOS A BIENES		
		F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R
8.1.1	Fuga de gas LP en uniones bridadas y/o roscadas de la tubería de gas LP líquido de la toma de suministro No. 1 por descarga bloqueada.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Incendio.	5	5	B	5	4	B	5	5	B	5	5	B
	Explosión.	5	2	B	5	3	B	5	5	B	5	5	B
8.8.1	Fuga de gas LP en Bomba de suministro No. 1 por falla de sellos mecánicos.	2	5	B	2	5	B	2	5	B	2	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión.	5	2	B	5	3	B	5	5	B	5	5	B
8.8.2	Fuga de gas LP en la tubería de gas LP líquido de la toma de suministro No. 1 por corrosión.	2	5	B	2	4	M	2	5	B	2	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión.	4	2	M	4	3	B	4	5	B	4	5	B
8.8.3	Ruptura de manguera en línea de de gas LP líquido de la toma de suministro No. 1	3	5	B	3	5	B	3	5	B	3	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión.	5	2	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

**Planta de Distribución de gas LP Riviera I
Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo**

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 107 de 191

No.	DESCRIPCIÓN	PERSONAS FALLECIDAS			PERSONAS LESIONADAS			LIBERACION DE HIDROCARBUROS			DAÑOS A BIENES		
		F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R
9.1.1	Fuga de gas LP en uniones bridadas y/o roscadas de la tubería de gas LP líquido de la toma de suministro No. 2 por descarga bloqueada.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Incendio.	5	5	B	5	4	B	5	5	B	5	5	B
	Explosión.	5	2	B	5	3	B	5	5	B	5	5	B
9.8.1	Fuga de gas LP en Bomba de suministro No. 2 por falla de sellos mecánicos.	2	5	B	2	5	B	2	5	B	2	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión.	5	2	B	5	3	B	5	5	B	5	5	B
9.8.2	Fuga de gas LP en la tubería de gas LP líquido de la toma de suministro No. 2 por corrosión.	2	5	B	2	4	M	2	5	B	2	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión.	4	2	M	4	3	B	4	5	B	4	5	B
9.8.3	Ruptura de manguera en línea de de gas LP líquido de la toma de suministro No. 2	3	5	B	3	5	B	3	5	B	3	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión.	5	2	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

**Planta de Distribución de gas LP Riviera I
Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo**

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 108 de 191

No.	DESCRIPCIÓN	PERSONAS FALLECIDAS			PERSONAS LESIONADAS			LIBERACION DE HIDROCARBUROS			DAÑOS A BIENES		
		F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R
10.1.1	Fugas de gas LP en uniones bridadas y/o roscadas del autotank debido al represionamiento por descarga bloqueada.	3	5	B	3	4	B	3	3	M	3	4	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	3	B	4	4	B
	Explosión	4	2	M	4	3	B	4	3	B	4	4	B
10.3.1	Fuga por represionamiento debido al sobrellenado del autotank.	3	5	B	3	5	B	3	5	B	3	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión	4	2	M	4	3	B	4	5	B	4	5	B
10.7.1	Fuga de gas LP en autotank por corrosión.	2	5	B	2	4	M	2	5	B	2	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión	4	2	M	4	3	B	4	5	B	4	5	B
10.7.2	Ruptura de manguera que origina fuga de gas LP por desplazamiento del autotank.	3	5	B	3	5	B	3	5	B	3	5	B
	Incendio.	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión	5	2	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
11.9.1	Fuga de gas LP en la tubería de retorno de vapores por corrosión.	2	5	B	2	4	M	2	5	B	2	5	B

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

Planta de Distribución de gas LP Riviera I
Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 109 de 191

No.	DESCRIPCIÓN	PERSONAS FALLECIDAS			PERSONAS LESIONADAS			LIBERACION DE HIDROCARBUROS			DAÑOS A BIENES		
		F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R
	Incendio	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión	4	2	M	4	3	B	4	5	B	4	5	B
11.9.2	Ruptura de manguera que origina fuga de gas LP.	3	5	B	3	5	B	3	5	B	3	5	B
	Incendio	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión	5	2	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
12.9.1	Fuga de gas LP en la tubería de retorno de líquido por corrosión.	2	5	B	2	4	M	2	5	B	2	5	B
	Incendio	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión	4	2	M	4	3	B	4	5	B	4	5	B
13.9.1	Fuga de gas LP en la tubería de gas LP vapor por corrosión.	2	5	B	2	5	B	2	5	B	2	5	B
	Incendio	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
14.9.1	Fuga de gas LP en la tubería de gas LP líquido por corrosión.	2	5	B	2	5	B	2	5	B	2	5	B
	Incendio	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B
	Explosión	4	5	B	4	4	B	4	5	B	4	5	B

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 110 de 191
---	--	---

6.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS

6.2.1. ANÁLISIS DETALLADO DE FRECUENCIAS

El análisis detallado de frecuencias tiene como objetivo la estimación de la probabilidad o la frecuencia de algunas de las situaciones (consecuencias) no deseadas identificadas durante la evaluación cualitativa de riesgos. Esta estimación tiene a su vez el objetivo de evaluar la reducción de riesgos asociada con la implantación de las recomendaciones del equipo multidisciplinario.

6.2.1.1. *Estimación de frecuencia por corrosión*

La probabilidad de Falla para los escenarios de pérdida de integridad de tubería y equipos existentes, se determinó usando la metodología indicada en el API-RP-581, 2008.

La probabilidad de falla se calcula usando la ecuación 1:

$$P_f(t) = gff \times D_f(t) \times F_{MS} \quad (1)$$

Donde:

gff, es la frecuencia de falla genérica.

D_f(t), factor de daño, y

F_{MS}, factor de Administración de Seguridad de los Procesos.

La frecuencia de falla genérica de un tipo de componente se estima usando los registros de todas las plantas dentro de una compañía o de varias instalaciones para una industria de proceso, de referencias bibliográficas y bases de datos de confiabilidad. Los valores que se presentan son la frecuencia de falla genérica para un componente específico sujeto a un mecanismo de daño específico.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 111 de 191
---	---	--

El API-RP-581 utiliza cuatro tamaños de orificios discretos y una frecuencia asociada para modelar y evaluar los escenarios de liberación de hidrocarburos a la atmósfera que cubren toda la gama de eventos (es decir, desde pequeña fuga hasta la ruptura).

El factor de daño ajusta la frecuencia de falla genérica basado en los mecanismos de daño activos del componente; y considera la susceptibilidad al mecanismo de daño y/o a la velocidad a la que el daño se acumula. El factor de daño también toma en cuenta los datos históricos de inspección y la efectividad de las inspecciones del pasado y del futuro. El factor de Administración de Seguridad de los Procesos aplica controles administrativos a operaciones que involucren materiales peligrosos de manera que los riesgos del proceso estén identificados, entendidos y controlados y las lesiones e incidentes relacionadas con el proceso puedan ser eliminadas.

Puesto que la tubería a instalarse es nueva, la probabilidad de falla por pérdida de integridad mecánica es igual a la Frecuencia de Falla Genérica.

Tabla 6.2.1.1-1. Frecuencia de falla genérica para diferentes tamaños de orificio

Equipo	Frecuencia de falla/año			
	¼ in	1 in	4 in	Ruptura
Tubería 1 in Ø	2.8×10^{-5}	0	0	2.6×10^{-6}
Tubería 2 in Ø	2.8×10^{-5}	0	0	2.6×10^{-6}
Tubería 4 in Ø	8×10^{-6}	2.0×10^{-5}	0	2.6×10^{-6}

Ref. Table 4.1 page 2-16, Risk-Based Inspection Technology, API Recommended Practice 581, Second Edition, September 2008

Para los casos de corrosión se considerará una frecuencia de falla de 2.8×10^{-5} , que de acuerdo a la tabla 7.1-2 le corresponde un valor de frecuencia de 5.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 112 de 191
---	--	---

6.2.1.2. Árbol de eventos

El análisis de árbol de eventos evalúa los accidentes posibles que pueden resultar de un evento iniciador específico, sea una falla de equipo o una anomalía en el proceso. Mientras que el análisis de árbol de fallas es un proceso deductivo, el análisis de árbol de eventos es un proceso inductivo (es decir, el analista comienza con un evento iniciador y desarrolla las secuencias posibles de eventos ulteriores, considerando la posibilidad de éxito o fracaso de cada una de las salvaguardas o medidas de protección existentes, hasta llegar a los posibles accidentes originados por dicho evento iniciador).

Los árboles de eventos son una modificación de los árboles de decisión que se usan tradicionalmente en negocios. El árbol de eventos es una herramienta que registra la secuencia del accidente y define las relaciones entre el evento iniciador y los eventos subsecuentes, y como la combinación de estos puede resultar en un accidente. Después, si es necesario, clasifica jerárquicamente los accidentes, e identifica los accidentes más importantes mediante una evaluación cuantitativa posterior.

Un árbol de eventos es un método gráfico que muestra los diferentes escenarios de accidente que pueden resultar a partir de un evento iniciador específico. El evento iniciador se coloca al lado izquierdo del árbol de eventos. El recorrido del árbol de eventos va de izquierda a derecha y cada rama representa el éxito o fracaso de los mecanismos de protección existentes o consideraciones fenomenológicas que afectan a la naturaleza de las consecuencias del accidente. Cada recorrido del árbol de eventos representa un escenario de accidente diferente. Cada recorrido consiste en el evento iniciador y en una combinación específica de éxitos o fracasos de los mecanismos de protección o de las condiciones fenomenológicas. En cada rama, la suma de la probabilidad de éxito más la probabilidad de fracaso debe ser igual a 1.

El procedimiento general para realizar un análisis de árbol de eventos consta de 7 pasos:

- Identificar el evento iniciador de interés.
- Identificar los mecanismos de protección (salvaguardas) destinados a tratar el evento iniciador, ya sea anulándolo o mitigándolo.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 113 de 191
---	--	---

- Construir el árbol de eventos.
- Describir las secuencias de eventos de los posibles accidentes.
- Determinar los subconjuntos mínimos de las secuencias de accidente.
- Realizar el análisis cuantitativo.
- Documentar los resultados del estudio.

A continuación, se describen cada uno de los pasos:

1. **Identificar el evento iniciador de interés.** El evento iniciador es una falla del equipo o sistema, un error humano (error de operador, del diseño, de los sistemas administrativos, etc.), o una anomalía en el proceso que puede ocasionar resultados diversos, dependiendo de cómo los operadores y el sistema respondan al evento. Si el evento seleccionado resulta directamente en un accidente específico, entonces es más apropiado realizar un análisis de árbol de fallas para determinar las causas de dicho evento. En la mayoría de las aplicaciones de árbol de eventos, el evento iniciador se “anticipa”; es decir, el diseño de la instalación incluye sistemas, barreras o procedimientos cuya intención es responder o mitigar los efectos del evento iniciador.
2. **Identificar los mecanismos de protección (salvaguardas) destinados a tratar el evento iniciador, ya sea anulándolo o mitigándolo.** Los mecanismos de protección, o salvaguardas, son los sistemas de seguridad, los procedimientos, las acciones de los operadores, etc. que responden al evento iniciador. Se pueden considerar como las defensas de la instalación contra el evento iniciador. Los mecanismos de protección incluyen:
 - Los sistemas de seguridad que responden automáticamente al evento iniciador, incluyendo los sistemas de paro automático.
 - Las alarmas que alertan al operador de cuando ocurre el evento iniciador.

- Las acciones de los operadores en respuesta a las alarmas o requeridas por los procedimientos.
- Las barreras o métodos de contención destinados a limitar los efectos del evento iniciador.

Estos mecanismos de protección influyen en el efecto final del accidente. El analista debe identificar todos los mecanismos de protección que puedan cambiar el resultado del evento iniciador, en el orden cronológico en que se espera que ocurran. La descripción de los mecanismos de protección debe establecer el propósito o intención del mecanismo de protección. El análisis de árbol de eventos considera el éxito o fracaso de los mecanismos de protección.

- 3. Construir el árbol de eventos.** El árbol de eventos muestra el desarrollo (generalmente cronológico) de los accidentes, empezando por el evento iniciador y procediendo a través de los éxitos y/o fracasos de los distintos mecanismos de protección o funciones fenomenológicas. El evento iniciador se coloca en la esquina izquierda de la página y los mecanismos de protección o funciones fenomenológicas se colocan, generalmente en orden cronológico, en el borde superior de la página (Figura 6.2.1.2-1). La línea negra que empieza debajo del evento iniciador señala la secuencia del accidente. Por ejemplo, la secuencia de falla del evento SG1, falla de SG2 y éxito de SG3 resulta en la consecuencia 3.

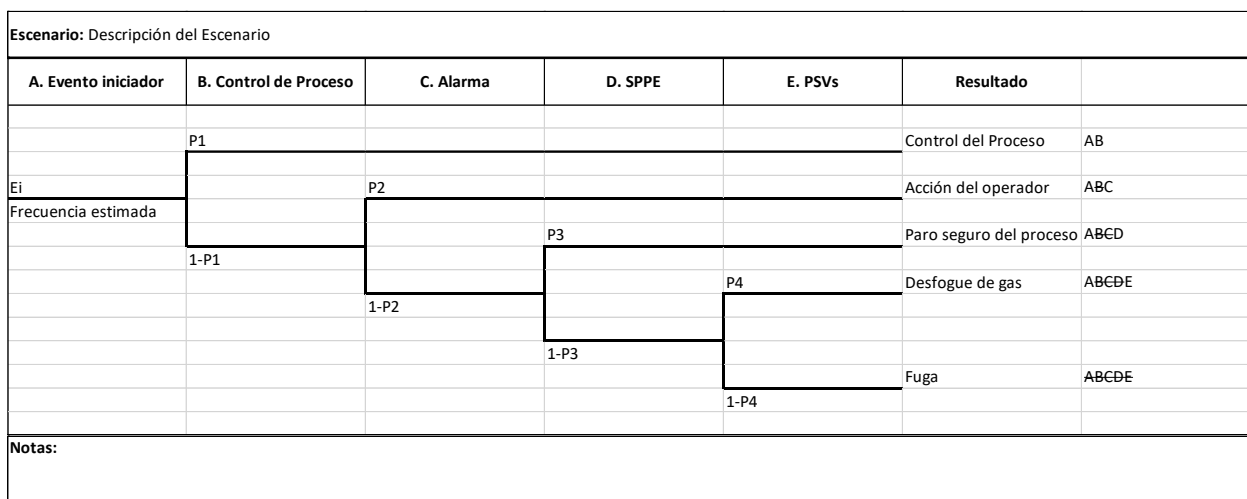


Figura 6.2.1.2-1. Ejemplo de Árbol de Eventos.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 115 de 191
---	--	---

El próximo paso es evaluar las salvaguardas. Sólo se consideran dos posibilidades: éxito del mecanismo de protección y fracaso del mecanismo de protección. El analista asume que ha ocurrido el evento iniciador y decide si el éxito o fracaso del mecanismo de protección considerado afecta al curso del accidente. Si la salvaguarda afecta al accidente, entonces se inserta un nodo ramificado para distinguir entre el éxito y el fracaso del mecanismo de protección. Normalmente, el éxito se considera en la rama de arriba y el fracaso en la rama de abajo. Si el desempeño de la salvaguarda no afecta el desarrollo del accidente, entonces la línea negra continúa sin nodos hasta el próximo mecanismo de protección. Cada nodo que se desarrolla en el árbol de eventos añade recorridos adicionales que deben ser evaluados individualmente para cada uno de los subsecuentes sistemas de seguridad.

4. **Describir las secuencias de eventos de los posibles accidentes.** Un paso muy importante del procedimiento de árbol de eventos es describir las secuencias de eventos del accidente. Estas secuencias representan los diferentes resultados que pueden producirse como consecuencia de un evento iniciador. Algunas secuencias pueden representar una recuperación segura, un retorno a la operación normal, o un paro a tiempo de las operaciones. Desde el punto de vista de seguridad, las secuencias más importantes son aquellas que resultan en accidentes.

El analista debe examinar los éxitos y los fracasos de los mecanismos de protección en cada una de las secuencias y describir con precisión el resultado que se espera en cada secuencia. Esta descripción debe de ser lo más precisa posible. Una vez que las secuencias han sido descritas, el analista puede clasificar jerárquicamente los accidentes de acuerdo a la gravedad de los resultados de los mismos. La estructura del árbol de eventos muestra la progresión del accidente, y de esta manera, ayuda a determinar los procedimientos o medidas de seguridad adicionales más efectivos necesarios para protegerse contra estos accidentes.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 116 de 191
---	--	---

5. **Determinar los subconjuntos de corte mínimos de las secuencias de accidente.** Las secuencias de accidente de un árbol de eventos se pueden analizar de la misma manera que los árboles de fallas para resolver los subconjuntos de corte mínimos. Cada secuencia de accidente representa la unión lógica del evento iniciador y el éxito o fracaso de los sistemas de seguridad existentes. De esta manera, cada secuencia puede considerarse como un árbol de fallas con la descripción del accidente como evento SUPERIOR seguido de una puerta lógica Y que preside sobre el evento iniciador y los fallos de los mecanismos de protección pertinentes. Frecuentemente, la lógica del evento iniciador y/o de las fallas de los sistemas de seguridad es compleja y es necesario elaborar árboles de fallas individuales para cada una de las fallas de los sistemas. El árbol de eventos define las diferentes combinaciones que pueden conducir a accidentes con consecuencias de interés. El analista combina la información del árbol de eventos y de los distintos árboles de fallas para combinarlos en los árboles de fallas más grandes de cada una de las secuencias de accidente de interés. Los analistas aplican entonces los métodos cualitativos estándar expuestos en la sección siguiente para resolver los árboles de fallas de las secuencias de accidente en sus subconjuntos de corte mínimos.

6. **Realizar el análisis cuantitativo.** Cuando hay información disponible, se puede realizar un análisis cuantitativo adicional para calcular la probabilidad del accidente, a partir de las probabilidades individuales de los eventos. Este análisis proporciona información adicional para clasificar jerárquicamente los accidentes y asignar prioridades para instalar medidas de seguridad adicionales.

Cada recorrido del árbol de eventos representa un escenario de accidente diferente. Un recorrido consiste en el evento iniciador y una combinación específica de éxitos o fracasos de los mecanismos de protección. La suma de las probabilidades de éxito o fracaso de cada rama debe ser igual a 1. En muchas situaciones, la frecuencia de cada escenario de accidente es el producto de la frecuencia del evento iniciador y la probabilidad en cada rama del árbol a través del recorrido para ese escenario de accidente.

Por ejemplo, para calcular la probabilidad de que se presente una fuga en el árbol de la Figura 11.1-2, habría que multiplicar las probabilidades de las ramas en el recorrido; es decir: $(E_i)(1-P_1)(1-P_2)(1-P_3)(1-P_4)$.

Escenario: Descripción del Escenario						
A. Evento iniciador	B. Control de Proceso	C. Alarma	D. SPPE	E. PSVs	Resultado	
	P1				Control del Proceso	AB
Ei		P2			Acción del operador	ABC
Frecuencia estimada			P3		Paro seguro del proceso	ABED
	1-P1			P4	Desfogue de gas	ABEDE
		1-P2				
			1-P3			
				1-P4	Fuga	ABEDE
Notas:						

Figura 6.2.1.2-2. Ejemplo de Árbol de Eventos.

Para calcular las frecuencias y probabilidades del evento iniciador y del éxito o fracaso de los mecanismos de protección o de las condiciones fenomenológicas se utilizan:

- Discusiones con el personal de la instalación con experiencia en la operación que se está estudiando y se consulta la frecuencia de operaciones en bitácoras y registros
- Bancos de datos de las fallas industriales.
- Bancos de datos de confiabilidad humana.
- Severidad de Accidentes de Transporte.

Aplicación del árbol de eventos.

La evaluación detallada de frecuencias es importante para asegurar que las suposiciones que hizo el equipo de análisis durante el desarrollo de las matrices de riesgo son razonables. Si el análisis de frecuencia de un escenario indica valores mayores o menores que las categorías de frecuencia que el

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 118 de 191
---	--	---

equipo de análisis ha asignado a dicho escenario, entonces el equipo de análisis debe revisar las suposiciones y los datos utilizados y ajustar las categorías de frecuencias como corresponda.

Una vez seleccionados y agrupados por tipo de evento iniciador y por área o equipo asociado, se desarrollaron los árboles de eventos para cada evento iniciador estimando la frecuencia de ocurrencia para cada secuencia de accidentes de interés.

Desarrollo

Los eventos iniciadores para cada escenario son los indicados en las hojas de trabajo HAZOP.

Árbol de eventos para descarga de gas L.P.

Hay varios eventos potenciales cuando se libera gas LP. La probabilidad de un evento es diferente de la probabilidad de fuga. La probabilidad de un evento representa la probabilidad de que un fenómeno físico sea observado después de que ha ocurrido la fuga de gas L.P. Los eventos potenciales para fugas de gas L.P. son:

- Dispersión segura.
- Chorro de fuego (CHOF).
- Explosión de nube de vapor (VCE)
- Flamazo (FF)
- Bola de fuego (BOLF)
- Charco de Fuego (CHAF)
- BLEVE

Los factores que definen los eventos que se desarrollarán después de una descarga de gas L.P. son la probabilidad de ignición y el tiempo de ignición.

La probabilidad de ignición es función de los siguientes parámetros del material que se descarga:

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 119 de 191
---	--	---

- Temperatura de auto ignición (AIT).
- Temperatura Flash.
- Rango de inflamabilidad.
- Índice de inflamabilidad NFPA.

Los árboles de eventos que se pueden presentar en una descarga de gas L.P. son los siguientes:

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 121 de 191
---	---	--

Escenario: Emisión continua de gas L.P. a una temperatura mayor a la temperatura de autoignición (AIT)				
Evento iniciador	Ignición directa	Ignición Tardía	Condiciones para explosión	Resultado
				Chorro de fuego
				VCE
Estado final gas				Flamazo
				Dispersión segura
Notas:				

Figura 6.2.1.2-5. Árbol de eventos para la emisión continua de gas L.P. a una temperatura mayor a la AIT.

Escenario: Emisión instantánea de gas L.P. a una temperatura mayor a la temperatura de autoignición (AIT)					
Evento iniciador	Ignición directa	Ignición Tardía	Condiciones para BLEVE	Condiciones para explosión	Resultado
					BLEVE
					VCE
Estado final gas					Flamazo
					VCE
					Flamazo
					Dispersión segura
Notas:					

Figura 6.2.1.2-6. Árbol de eventos para la emisión instantánea de gas L.P. a una temperatura mayor a la AIT.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 122 de 191
---	--	---

La probabilidad de ignición a condiciones ambientales puede ser calculada usando la ecuación 3.122. La probabilidad está en función del flujo de descarga, para el caso de emisión instantánea se considera un flujo de 25.22 kg/s. La ecuación es función del peso molecular MW, la constante C_4 igual a 2.205 y el flujo de descarga en kg/s.

$$poi_{v,n}^{amb} = \frac{\left(1.16928 - 0.39309 \cdot \ln[MW] + 0.053213 \cdot \ln[C_4 \cdot rate_{v,n}^{flam}] + 0.033904 \cdot \ln[MW]^2 + 0.0028936 \cdot \ln[C_4 \cdot rate_{v,n}^{flam}]^2 - 0.0067701 \cdot \ln[MW] \cdot \ln[C_4 \cdot rate_{v,n}^{flam}] \right)}{\left(1 + 0.0010843 \cdot \ln[MW] + 0.094276 \cdot \ln[C_4 \cdot rate_{v,n}^{flam}] + 0.029813 \cdot \ln[MW]^2 + 0.0031951 \cdot \ln[C_4 \cdot rate_{v,n}^{flam}]^2 - 0.058105 \cdot \ln[MW] \cdot \ln[C_4 \cdot rate_{v,n}^{flam}] \right)} \quad (3.122)$$

Ref. API RP 581 Risk Based Inspection Technology, Second Edition, September 2008, página 3.87

La probabilidad de ignición para una descarga de gas a una temperatura igual o mayor a la temperatura de autoignición, puede ser calculada usando la ecuación 3.124. Esta ecuación solo es función del peso molecular MW.

$$poi_v^{ait} = \max \left[0.7, 0.7 + 0.2 \left(\frac{170.0 - MW}{170.0 - 2.0} \right) \right] \quad (3.124)$$

Ref. API RP 581 Risk Based Inspection Technology, Second Edition, September 2008, página 3.87

La probabilidad de ignición a las condiciones actuales de la descarga de gas se determina usando la ecuación 3.126, esta ecuación es función de la temperatura de almacenamiento T_s en °K y la temperatura de autoignición en °K, la constante C_{16} tiene un valor de 30.89.

$$poi_{v,n} = poi_{v,n}^{amb} + (poi_v^{ait} - poi_{v,n}^{amb}) \left(\frac{T_s - C_{16}}{AIT - C_{16}} \right) \quad (3.126)$$

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 123 de 191
---	--	---

Ref. API RP 581 Risk Based Inspection Technology, Second Edition, September 2008, página 3.87

Las probabilidades de los eventos de explosión y flamazo tienen como referencia la tabla 6.3.

Probabilidad de VCE para una emisión continua de gas 0.5.

Probabilidad de VCE para una emisión instantánea de gas 0.25.

Ref. API RP 581 Risk Based Inspection Technology, Second Edition, September 2008, página 3.124

En el **Anexo D** se presentan los árboles de eventos para cada uno de los escenarios de riesgo.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 124 de 191
---	---	--

6.2.1.3. Resultados de la frecuencia calculada

En la tabla 6.2.1.3-1 se presentan los resultados de la frecuencia calculada, para los diferentes escenarios y su ponderación equivalente en la matriz de riesgo usada en las sesiones HAZOP.

Tabla 6.2.1.3-1. Resultados de frecuencia calculada.

Referencia en HAZOP	Escenario	frecuencia calculada	Categoría de frecuencia Matriz de riesgo	Categoría de frecuencia HAZOP
1.3.1	Fuga por represionamiento debido al sobrellenado del recipiente de almacenamiento No. 1.	1.0E-05	5	3
	Incendio.	3.9E-06	6	4
	Explosión.	1.86E-06	6	4
1.7.1	Fuga de gas LP en recipiente de almacenamiento No. 1 por corrosión.	2.8E-05	5	2
	Incendio.	1.09E-05	5	4
	Explosión.	5.21E-06	6	4
1.8.1	Ruptura del recipiente de almacenamiento No. 1 por falla de soldaduras.	1.0E-06	6	4
	Incendio.	4.0E-08	7	5
	Explosión.	2.3E-07	7	5
2.3.1	Fuga por represionamiento debido al sobrellenado del recipiente de almacenamiento No. 2.	1.0E-05	3	3
	Incendio.	3.9E-06	4	4
	Explosión.	1.86E-06	4	4



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 125 de 191

Referencia en HAZOP	Escenario	frecuencia calculada	Categoría de frecuencia Matriz de riesgo	Categoría de frecuencia HAZOP
2.7.1	Fuga de gas LP en recipiente de almacenamiento No. 2 por corrosión.	2.8E-05	5	2
	Incendio.	1.09E-05	5	4
	Explosión.	5.21E-06	6	4
2.8.1	Ruptura del recipiente de almacenamiento No. 2 por falla de soldaduras.	1.0E-06	6	4
	Incendio.	4.0E-08	7	5
	Explosión.	2.3E-07	7	5
3.9.1	Fuga de gas LP en el cabezal de succión del compresor por corrosión.	2.80E-05	5	2
	Incendio.	1.09E-05	5	4
	Explosión.	5.21E-06	6	4
4.1.1	Fuga en línea de gas LP vapor de la toma de recepción debido al represionamiento por descarga bloqueada.	2.0E-04	4	3
	Incendio	7.8E-05	5	4
	Explosión	3.72E-05	5	4
4.10.1	Fuga de gas LP en compresor por falla de sellos.	3.3E-04	4	2
	Incendio	1.29E-04	4	4
	Explosión	6.21E-05	5	4

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 126 de 191

Referencia en HAZOP	Escenario	frecuencia calculada	Categoría de frecuencia Matriz de riesgo	Categoría de frecuencia HAZOP
4.10.2	Fuga de gas LP en línea de gas LP vapor de la toma de recepción por corrosión.	2.8E-05	5	2
	Incendio	1.09E-05	5	3
	Explosión	5.21E-06	6	3
4.10.3	Ruptura de manguera en boca terminal de gas LP vapor de la toma de recepción.	3.3E-05	5	3
	Incendio.	1.32E-06	6	4
	Explosión.	7.60E-06	6	5
5.1.1	Fuga de gas LP en semirremolque debido a que no se alinea la descarga de gas LP líquido.	2.0E-04	4	3
	Incendio.	7.8E-05	5	4
	Explosión.	3.7E-05	5	4
5.7.1	Fuga de gas LP semirremolque por corrosión.	2.80E-05	5	3
	Incendio.	1.09E-05	5	4
	Explosión.	5.21E-06	6	4
5.7.2	Ruptura de manguera por desplazamiento del semirremolque, que origina fuga de gas LP.	2.00E-03	3	3
	Incendio.	8.00E-05	5	4

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 127 de 191

Referencia en HAZOP	Escenario	frecuencia calculada	Categoría de frecuencia Matriz de riesgo	Categoría de frecuencia HAZOP
	Explosión.	4.61E-04	4	4
6.7.1	Fuga de gas LP en línea de trasvase de gas LP líquido de la toma de recepción por corrosión.	2.8E-05	5	2
	Incendio.	1.09E-05	5	4
	Explosión.	5.21E-06	6	5
6.7.2	Ruptura de manguera en boca terminal de gas LP líquido de la toma de recepción.	1.80E-04	5	3
	Incendio.	7.20E-06	6	4
	Explosión.	4.15E-05	5	5
7.9.1	Fuga de gas LP en el cabezal de succión de bombas de suministro por corrosión.	2.80E-05	5	2
	Incendio.	1.09E-05	5	4
	Explosión.	5.21E-06	6	4
8.1.1	Fuga en la línea de gas LP líquido de la toma de suministro No. 1 por sobrepresión por descarga bloqueada.	2.00E-05	5	4
	Incendio.	7.80E-06	6	5
	Explosión.	3.72E-06	6	5
8.8.1	Fuga de gas LP en bomba de suministro No. 1 por falla de sellos mecánicos.	8.00E-04	4	2
	Incendio.	3.12E-04	4	4

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 128 de 191

Referencia en HAZOP	Escenario	frecuencia calculada	Categoría de frecuencia Matriz de riesgo	Categoría de frecuencia HAZOP
	Explosión.	1.49E-04	4	4
8.8.2	Fuga de gas en la línea de gas LP líquido de la toma de suministro No. 1 por corrosión.	2.80E-05	5	2
	Incendio.	1.09E-05	5	4
	Explosión.	5.21E-06	6	4
8.8.3	Ruptura de manguera en boca terminal de gas LP líquido de la toma de suministro No. 1.	8.00E-05	5	3
	Incendio.	3.20E-06	6	4
	Explosión.	1.84E-05	5	5
9.1.1	Fuga en la línea de gas LP líquido de la toma de suministro No. 2 por sobrepresión por descarga bloqueada.	2.00E-05	5	4
	Incendio.	7.80E-06	6	5
	Explosión.	3.72E-06	6	5
9.8.1	Fuga de gas LP en bomba de suministro No. 2 por falla de sellos mecánicos.	8.00E-04	4	2
	Incendio.	3.12E-04	4	4
	Explosión.	1.49E-04	4	4
9.8.2	Fuga de gas en la línea de gas LP líquido de la toma de suministro No. 2 por corrosión.	2.80E-05	5	2

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 129 de 191

Referencia en HAZOP	Escenario	frecuencia calculada	Categoría de frecuencia Matriz de riesgo	Categoría de frecuencia HAZOP
	Incendio.	1.09E-05	5	4
	Explosión.	5.21E-06	6	4
9.8.3	Ruptura de manguera en boca terminal de gas LP líquido de la toma de suministro No. 2.	8.00E-05	5	3
	Incendio.	3.20E-06	6	4
	Explosión.	1.84E-05	5	5
10.1.1	Fuga de gas LP en autotank debido a que no se alinea la válvula de retorno de vapores.	2.00E-04	4	4
	Incendio.	7.80E-05	5	5
	Explosión.	3.72E-05	5	5
10.3.1	Fuga por represionamiento debido al sobrellenado del autotank.	1.0E-04	4	3
	Incendio.	3.9E-05	5	4
	Explosión.	1.86E-05	5	4
10.7.1	Fuga de gas LP en autotank por corrosión.	2.80E-05	5	2
	Incendio.	1.09E-05	5	4
	Explosión.	5.21E-06	6	4
10.7.2	Ruptura de manguera por desplazamiento del autotank, que origina fuga de gas LP.	2.00E-03	3	3

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 130 de 191

Referencia en HAZOP	Escenario	frecuencia calculada	Categoría de frecuencia Matriz de riesgo	Categoría de frecuencia HAZOP
	Incendio.	8.00E-05	5	4
	Explosión.	4.61E-04	4	5
11.9.1	Fuga en línea de retorno de gas LP vapor de la toma de suministro por corrosión.	2.80E-05	5	2
	Incendio.	1.09E-05	5	4
	Explosión.	5.21E-06	6	4
11.9.2	Ruptura de manguera en boca terminal de la línea de retorno de gas LP vapor.	8.00E-05	5	3
	Incendio.	3.20E-06	6	4
	Explosión.	1.84E-05	5	5
12.9.1	Fuga en línea de retorno de gas LP líquido por corrosión.	2.8E-05	5	2
	Incendio.	1.09E-05	5	4
	Explosión.	5.21E-06	6	4
13.9.1	Fuga en línea de gas LP vapor por corrosión.	2.8E-05	5	2
	Incendio.	1.09E-05	5	4
	Explosión.	5.21E-06	6	4
14.9.1	Fuga en línea de gas LP líquido por corrosión.	2.8E-05	5	2
	Incendio.	1.09E-05	5	4

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 131 de 191
---	---	--

Referencia en HAZOP	Escenario	frecuencia calculada	Categoría de frecuencia Matriz de riesgo	Categoría de frecuencia HAZOP
	Explosión.	5.21E-06	6	4

CONDICIONES REQUERIDAS PARA QUE SE PRODUZCA UN BLEVE

Sobrecalentamiento y despresurización

Mientras que la explosión de un tanque que contiene un líquido inflamable presurizado casi siempre conducirá a una bola de fuego, la explosión no siempre se puede considerar estrictamente un BLEVE. Para calificar como este tipo de explosión, deben cumplirse las siguientes condiciones (Reid, 1979: Man 'as, 1984, Bestrate'n y Turmo, 1991a, Birk, 1995):

Sobrecalentamiento significativo del líquido. La mayoría de los gases licuados bajo ataque de fuego (GLP, amoníaco, cloro) cumplen esta condición; También puede ser satisfecho por otros líquidos contenidos en recipientes cerrados que sufren un calentamiento anómalo, por ejemplo, debido a un incendio; y como se ha indicado antes, el agua también puede estar en esta condición tras la despresurización instantánea.

Despresurización instantánea. Este fenómeno suele estar relacionado con el tipo de falla del recipiente. La caída repentina de presión en el recipiente como causa de falla provoca el sobrecalentamiento del líquido. Si el sobrecalentamiento del líquido es significativo, el flasheo puede ser explosivo.

Cuando se cumplen estas dos condiciones, se produce una evaporación prácticamente instantánea de los contenidos, con la formación de un gran número de núcleos hirviendo en toda la masa líquida (nucleación homogénea). En estas condiciones, la velocidad a la que el volumen aumenta es extraordinaria y la explosión es por lo tanto muy violenta. Estrictamente hablando, este es el fenómeno asociado con la explosión BLEVE.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 132 de 191
---	--	---

El instante en que un BLEVE puede ocurrir en un tanque expuesto al fuego depende de los siguientes factores:

1. Flujo térmico del fuego, que será una función de la distancia de la llama a el tanque y dependerá de si hay choque de llama y el tipo de llama (fuego de la piscina, incendio, etc.)
2. Diámetro del tanque
3. Nivel de llenado del tanque
4. Capacidad de liberación de las válvulas de seguridad
5. Existencia de una capa (con cierto espesor) de material aislante (protección pasiva)

La frecuencia que se usará para el evento de BLEVE será la siguiente:

Type of release	Failure rate (per vessel year)
BLEVE	1.0E-05

Fuente: HSE Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessments. PCAG chp_6K Version 12. 28/06/12

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 133 de 191
---	--	---

6.2.2. ANÁLISIS DETALLADO DE CONSECUENCIAS

6.2.2.1. Selección de escenarios de riesgos identificados en las sesiones HAZOP

Para la estimación de consecuencias se seleccionaron los siguientes escenarios de riesgos, identificados en las sesiones de trabajo HAZOP y también los indicados en el punto 6.9 “Evaluación de Consecuencias”, de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SESH-2014, Plantas de distribución de gas L.P. Diseño, construcción y condiciones seguras en su operación.

Estos escenarios son representativos de los posibles casos de fuga de gas LP que se pudiesen presentar.

CLAVE	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA HAZOP
PD-RIVIERA I-CMP-001	Fuga de gas L.P. en conexiones del recipiente de almacenamiento No. 1 por corrosión, diámetro equivalente del orificio 0.6	1.7.1
PD-RIVIERA I-CA-002	Ruptura de manguera en boca terminal de gas LP líquido de la toma de recepción., diámetro equivalente del orificio 2”.	6.8.2 NOM-001-SESH-2014
PD-RIVIERA I-CMP-003	Fuga de gas L.P. en tubería de trasvase de gas LP líquido de la toma de recepción por corrosión, diámetro equivalente del orificio 0.4”.	6.81
PD-RIVIERA I-CA-004	Ruptura de la manguera en boca terminal de gas LP líquido de la toma de suministro, diámetro equivalente del orificio 2”.	8.8.2 NOM-001-SESH-2014
PD-RIVIERA I-CMP-005	Fuga de gas L.P. en tubería de gas LP líquido de la toma de suministro por corrosión, diámetro equivalente del orificio 0.4”.	10.7.2
PD-RIVIERA I-PC-006	BLEVE del tanque de almacenamiento por fuego externo.	1.8.1 NOM-001-SESH-2014

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 134 de 191
---	---	---

6.2.2.2. Cálculo de inventarios:

Escenario PD-RIVIERA I-CMP-001. Para estimar el inventario en el caso de fuga de Gas L.P. en el Tanque de Almacenamiento, se consideraron las siguientes condiciones de operación 133.4 psig y 25.8 °C. Se consideró un diámetro equivalente de fuga de 0.6 pulgadas y un tiempo de fuga de 600s considerando el tiempo de respuesta del personal operativo.

Escenario PD-RIVIERA I-CA-002. Para estimar el inventario del escenario ruptura de la manguera de la toma de recepción se consideró lo siguiente:

Condiciones de operación 133.4 psig y 25.8 °C

Capacidad del compresor: 333.28 GPM (0.02106 m³/s).

Densidad del gas LP líquido a condiciones de P y T: 533 kg/m³.

Caudal másico: (0.02106 m³/s)(533 kg/m³) = 11.22 kg/s.

Tiempo de cierre de válvulas de exceso de flujo 5s.

Masa relevada: (11.22 kg/s)(5s) = 56.14 kg.

Masa contenida en la manguera:

Diámetro de la manguera: 2".

Área: 0.002 m².

Considerando una longitud de 7m.

Volumen contenido: 0.014 m³.

Masa contenida: (0.014 m³)(533 kg/m³) = 7.518 kg.

Masa total relevada: 56.14 kg + 7.518 kg = 63.66 kg.

Escenario PD-RIVIERA I-CMP-003. Para estimar el inventario en el caso de fuga de Gas L.P. en la toma de recepción, se consideraron las siguientes condiciones de operación 133.4 psig y 25.8 °C. Se consideró un diámetro equivalente de fuga de 0.4 pulgadas y un tiempo de fuga de 600s considerando el tiempo de respuesta del personal operativo.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 135 de 191
---	--	---

Escenario PD-RIVIERA I-CA-004. Para estimar el inventario del escenario ruptura de la manguera en toma de suministro se consideró lo siguiente:

Condiciones de operación 133.4 psig y 25.8 °C

Capacidad de la bomba No. 1: 140 gpm (0.00883 m³/s).

Densidad del gas LP líquido a condiciones de P y T: 537 kg/m³.

Caudal másico: (0.00883 m³/s)(537 kg/m³) = 4.7426 kg/s.

Tiempo de cierre de válvulas de exceso de flujo 5s.

Masa relevada: (4.7426 kg/s)(5s) = 23.713 kg.

Masa contenida en la manguera:

Diámetro de la manguera: 2".

Área: 0.002 m².

Considerando una longitud de 8m.

Volumen contenido: 0.016 m³.

Masa contenida: (0.016 m³)(537 kg/m³) = 8.707 kg.

Masa total relevada: 23.713 kg + 8.707 kg = 32.42 kg.

Escenario PD-RIVIERA I-CMP-005. Para estimar el inventario en el caso de fuga en toma de suministro se consideraron las siguientes condiciones de operación 133.4 psig y 25.8 °C. Se consideró un diámetro equivalente de fuga de 0.4 pulgadas y un tiempo de fuga de 600s considerando el tiempo de respuesta del personal operativo.

Escenario PD-RIVIERA I-PC-006. BLEVE Tanque de almacenamiento. Se considera que el tanque se encuentra lleno al 60% y que alcanza la presión de diseño 199.0 psig. La masa contenida a condiciones de P y T es de 90,000 kg.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 136 de 191
---	---	--

6.2.2.3. Planteamiento de escenarios

Escenario PD-RIVIERA I-CMP-001

I. DATOS GENERALES										
Elaboró:	Francisco Morales Hernández			Fecha:	Enero 2021		Software de Simulación	PHAST		
Proyecto:	Planta de Distribución de gas LP Riviera I									
II. DATOS DEL ESCENARIO										
Clave.	PD-RIVIERA I-CMP-001				Tipo de caso			Región de riesgo del caso alternativo		
Descripción:	Fuga de gas LP en conexiones al recipiente de almacenamiento por corrosión.				Peor Caso	Caso más Probable	Caso alternativo	No Tolerable	ALARP	Tolerable
						X				
Modelo empleado en la simulación										
Dardo de fuego (jet fire)	BLEVE/Bola de fuego (Fireball)	Charco de fuego (Pool fire)	Flamazo de nube de vapor (Flash fire)	Explosión de nube de vapor		Explosión física de recipiente a alta presión		Nube tóxica		
				Confinada (CVCE)	No Confinada (UVCE)					
X			X		X					X
III. SUSTANCIA(S) INVOLUCRADA(S)										
Nombre de la sustancia:	Gas Licuado de Petróleo GLP									
Composición				Propiedades						
Componente	% mol	% peso	% vol.	LFL %	UFL %	IDLH ppm	TLV-TWA ppm	Densidad kg/m3	Presión de vapor Kpa	
n-Propano	60	--	--	9.5	2.2	2100	1000	1.868 @ 20°C	853 @ 21.1°C	
n-Butano	40	--	--	8.4	1.8	N/D	800	2.544 @ 20°C	213.7 @ 21.1 °C	
IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN										
Cilindro		Esfera	Tubería		Otro (especifique)					
X										
Longitud (m)	Diámetro (m)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Dimensiones					
29.9	3.38									
Condiciones de operación					Estado físico					
Presión (psia)	Temperatura (°C)	Flujo en caso de tubería (m³/h @ NPT)					Líquido	Vapor	Líquido/vapor	
133.4	25.8				En el recipiente		X			
					En el punto de fuga				X	
Tipo de fuga					Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente					
Orificio en cuerpo o tubería	Falla catastrófica (rotura total)	Liberación en válvula de alivio	Cizalla de tubería	Otro (especifique)	Tierra seca	Tierra húmeda	Concreto	Otro (especifique)		
X							X			
Características orificio de fuga				Punto de fuga				Dique		
Diámetro (plg)	Área (plg²)	Coefficiente de pérdida del orificio		Elevación del punto de liberación (m)		Altura hidráulica (m)		Área del dique (m²)		
0.6	0.282	0.6		2.1				Sin dique		

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 137 de 191
---	---	--

Dirección de la fuga						Tipo de liberación	
Vertical	Horizontal	Hacia abajo	Golpea contra	Inclinada	Grados	Continua	Masiva
	X				0	X	
Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que se deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s)				Inventario fugado (kg)		Tasa de liberación (kg/s)	
				2,118		3.53	
V. CONDICIONES ATMOSFERICAS Y TIPO DE SUELO							
Estabilidad atmosférica		B					
Temperatura atmosférica (°C)		25.8					
Presión atmosférica (mmHg)		760					
Porcentaje de humedad relativa		85					
Dirección de vientos dominantes		Noreste-Sureste		Velocidad del viento (m/s)		3.5	
Tipo de suelo (rugosidad empleada)		0.3					

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)									
Radios por toxicidad (m)		Radios por radiación térmica (m)				Radios por sobrepresión (m)			
Alto Riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento
IDLH 2100 ppm	TLV _{15 min} 1000 ppm		12.5 kW/m²	5 kW/m²	1.4 kW/m²		3.0 psi	1.0 psi	0.5 psi
197	254	Dardo de fuego	32.2	40	58.1	UVCE	17.7	25.9	36.1

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 138 de 191
---	---	--

Escenario PD-RIVIERA I-CA-002

I. DATOS GENERALES										
Elaboró:	Francisco Morales Hernández			Fecha:	Enero 2021		Software de Simulación	PHAST		
Proyecto:	Planta de Distribución de gas LP Riviera I									
II. DATOS DEL ESCENARIO										
Clave.	PD-RIVIERA I-CA-002				Tipo de caso			Región de riesgo del caso alternativo		
Descripción:	Ruptura de manguera en boca terminal de gas LP líquido de la toma de recepción.				Peor Caso	Caso más Probable	Caso alternativo	No Tolerable	ALARP	Tolerable
							X			X
Modelo empleado en la simulación										
Dardo de fuego (jet fire)	BLEVE/Bola de fuego (Fireball)	Charco de fuego (Pool fire)	Flamazo de nube de vapor (Flash fire)	Explosión de nube de vapor		Explosión física de recipiente a alta presión		Nube tóxica		
				Confinada (CVCE)	No Confinada (UVCE)					
	X	X	X		X			X		
III. SUSTANCIA(S) INVOLUCRADA(S)										
Nombre de la sustancia:	Gas Licuado de Petróleo GLP									
Composición				Propiedades						
Componente	% mol	% peso	% vol.	LFL %	UFL %	IDLH ppm	TLV-TWA ppm	Densidad kg/m3	Presión de vapor Kpa	
n-Propano	60	--	--	9.5	2.2	2100	1000	1.868 @ 20°C	853 @ 21.1°C	
n-Butano	40	--	--	8.4	1.8	N/D	800	2.544 @ 20°C	213.7 @ 21.1 °C	
IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN										
Cilindro		Esfera	Tubería		Otro (especifique)					
					X		Manguera			
Altura (m)	Diámetro (m)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Dimensiones		2 pulgadas de diámetro y 7 metros de longitud			
Condiciones de operación					Estado físico					
Presión (psia)	Temperatura (°C)	Flujo en caso de tubería (m³/h @ NPT)					Líquido	Vapor	Líquido/vapor	
					En el recipiente		X			
133.4	25.8	88.9			En el punto de fuga				X	
Tipo de fuga					Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente					
Orificio en cuerpo o tubería	Falla catastrófica (rotura total)	Liberación en válvula de alivio	Cizalla de tubería	Otro (especifique)	Tierra seca	Tierra húmeda	Concreto	Otro (especifique)		
	X						X			
Características orificio de fuga				Punto de fuga			Dique			
Diámetro (plg)	Área (plg²)	Coeficiente de pérdida del orificio		Elevación del punto de liberación (m)		Altura hidráulica (m)	Área del dique (m²)			
2	3.14			0.6		No aplica	Sin dique			

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 139 de 191
---	---	--

Dirección de la fuga						Tipo de liberación	
Vertical	Horizontal	Hacia abajo	Golpea contra	Inclinada	Grados	Continua	Masiva
	X				0		X
Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que se deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s)				Inventario fugado (kg)		Tasa de liberación (kg/s)	
5				63.6			
V. CONDICIONES ATMOSFERICAS Y TIPO DE SUELO							
Estabilidad atmosférica		B					
Temperatura atmosférica (°C)		25.8					
Presión atmosférica (mmHg)		760					
Porcentaje de humedad relativa		85					
Dirección de vientos dominantes		Noreste-Sureste	Velocidad del viento (m/s)		3.5		
Tipo de suelo (rugosidad empleada)		0.3					

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)									
Radios por toxicidad (m)		Radios por radiación térmica (m)				Radios por sobrepresión (m)			
Alto Riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento
IDLH 2100 ppm	TLV _{15 min} 1000 ppm		12.5 kW/m ²	5 kW/m ²	1.4 kW/m ²		3.0 psi	1.0 psi	0.5 psi
145.6	119.2	Bola de fuego	37.9	66.5	109.7	UVCE	25.3	41.4	61.7
		Charco de fuego	10.2	14.3	23.0				

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 140 de 191
---	---	--

Escenario PD-RIVIERA I-CMP-003

I. DATOS GENERALES										
Elaboró:	Francisco Morales Hernández			Fecha:	Enero 2021		Software de Simulación	PHAST		
Proyecto:	Planta de Distribución de Gas Licuado de Petróleo Riviera I									
II. DATOS DEL ESCENARIO										
Clave.	PD-RIVIERA I-CMP-001				Tipo de caso			Región de riesgo del caso alternativo		
Descripción:	Fuga de gas LP en tubería de trasvase de gas LP líquido de la toma de recepción por corrosión.				Peor Caso	Caso más Probable	Caso alternativo	No Tolerable	ALARP	Tolerable
						X				
Modelo empleado en la simulación										
Dardo de fuego (jet fire)	BLEVE/Bola de fuego (Fireball)	Charco de fuego (Pool fire)	Flamazo de nube de vapor (Flash fire)	Explosión de nube de vapor		Explosión física de recipiente a alta presión		Nube tóxica		
				Confinada (CVCE)	No Confinada (UVCE)					
X			X		X			X		
III. SUSTANCIA(S) INVOLUCRADA(S)										
Nombre de la sustancia:	Gas Licuado de Petróleo GLP									
Composición				Propiedades						
Componente	% mol	% peso	% vol.	LFL %	UFL %	IDLH ppm	TLV-TWA ppm	Densidad kg/m3	Presión de vapor Kpa	
n-Propano	60	--	--	9.5	2.2	2100	1000	1.868 @ 20°C	853 @ 21.1°C	
n-Butano	40	--	--	8.4	1.8	N/D	800	2.544 @ 20°C	213.7 @ 21.1 °C	
IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN										
Cilindro		Esfera	Tubería		Otro (especifique)					
			X							
Altura (m)	Diámetro (m)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Dimensiones					
			5	0.0508						
Condiciones de operación					Estado físico					
Presión (psia)	Temperatura (°C)	Flujo en caso de tubería (m³/h @ NPT)					Líquido	Vapor	Líquido/vapor	
					En el recipiente		X			
133.4	25.8				En el punto de fuga				X	
Tipo de fuga					Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente					
Orificio en cuerpo o tubería	Falla catastrófica (rotura total)	Liberación en válvula de alivio	Cizalla de tubería	Otro (especifique)	Tierra seca	Tierra húmeda	Concreto	Otro (especifique)		
X							X			
Características orificio de fuga				Punto de fuga				Dique		
Diámetro (plg)	Área (plg²)	Coeficiente de pérdida del orificio		Elevación del punto de liberación (m)		Altura hidráulica (m)		Área del dique (m²)		
0.4	0.125	0.6		0.6		No aplica		Sin dique		

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 141 de 191
---	---	--

Dirección de la fuga						Tipo de liberación	
Vertical	Horizontal	Hacia abajo	Golpea contra	Inclinada	Grados	Continua	Masiva
	X				0	X	
Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que se deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s)				Inventario fugado (kg)		Tasa de liberación (kg/s)	
				600		942	
1.57							
V. CONDICIONES ATMOSFERICAS Y TIPO DE SUELO							
Estabilidad atmosférica		B					
Temperatura atmosférica (°C)		25.8					
Presión atmosférica (mmHg)		760					
Porcentaje de humedad relativa		85					
Dirección de vientos dominantes		Noreste-Sureste	Velocidad del viento (m/s)		3.5		
Tipo de suelo (rugosidad empleada)		0.3					

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)									
Radios por toxicidad (m)		Radios por radiación térmica (m)				Radios por sobrepresión (m)			
Alto Riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento
IDLH 2100 ppm	TLV _{15 min} 1000 ppm		12.5 kW/m²	5 kW/m²	1.4 kW/m²		3.0 psi	1.0 psi	0.5 psi
144.3	180.0	Dardo de fuego	22.1	27.4	39.8	UVCE	16.2	22.7	30.9

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 142 de 191
---	---	--

Escenario PD-RIVIERA I-CMP-004

I. DATOS GENERALES										
Elaboró:	Francisco Morales Hernández			Fecha:	Enero 2021		Software de Simulación	PHAST		
Proyecto:	Planta de Distribución de Gas Licuado de Petróleo Riviera I									
II. DATOS DEL ESCENARIO										
Clave.	PD-RIVIERA I-CA-004				Tipo de caso			Región de riesgo del caso alternativo		
Descripción:	Ruptura de manguera en boca toma de gas LP líquido de toma de suministro.				Peor Caso	Caso más Probable	Caso alternativo	No Tolerable	ALARP	Tolerable
							X			X
Modelo empleado en la simulación										
Dardo de fuego (jet fire)	BLEVE/Bola de fuego (Fireball)	Charco de fuego (Pool fire)	Flamazo de nube de vapor (Flash fire)	Explosión de nube de vapor		Explosión física de recipiente a alta presión		Nube tóxica		
				Confinada (CVCE)	No Confinada (UVCE)					
	X	X	X		X			X		
III. SUSTANCIA(S) INVOLUCRADA(S)										
Nombre de la sustancia:	Gas Licuado de Petróleo GLP									
Composición				Propiedades						
Componente	% mol	% peso	% vol.	LFL %	UFL %	IDLH ppm	TLV-TWA ppm	Densidad kg/m3	Presión de vapor Kpa	
n-Propano	60	--	--	9.5	2.2	2100	1000	1.868 @ 20°C	853 @ 21.1°C	
n-Butano	40	--	--	8.4	1.8	N/D	800	2.544 @ 20°C	213.7 @ 21.1 °C	
IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN										
Cilindro		Esfera	Tubería		Otro (especifique)		Manguera			
Altura (m)	Diámetro (m)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Dimensiones		2 pulgadas de diámetro y 7 metros de longitud			
Condiciones de operación					Estado físico					
Presión (psia)	Temperatura (°C)	Flujo en caso de tubería (m³/h @ NPT)					Líquido	Vapor	Líquido/vapor	
133.4	25.8				En el recipiente		X			
					En el punto de fuga				X	
Tipo de fuga					Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente					
Orificio en cuerpo o tubería	Falla catastrófica (rotura total)	Liberación en válvula de alivio	Cizalla de tubería	Otro (especifique)	Tierra seca	Tierra húmeda	Concreto	Otro (especifique)		
	X						X			
Características orificio de fuga				Punto de fuga				Dique		
Diámetro (plg)	Área (plg²)	Coeficiente de pérdida del orificio		Elevación del punto de liberación (m)	Altura hidráulica (m)		Área del dique (m²)			
2	3.14	0.6		0.6	No aplica		Sin dique			

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 143 de 191
---	---	--

Dirección de la fuga						Tipo de liberación	
Vertical	Horizontal	Hacia abajo	Golpea contra	Inclinada	Grados	Continua	Masiva
	X				0	X	
Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que se deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s)				Inventario fugado (kg)		Tasa de liberación (kg/s)	
5				29.84			
V. CONDICIONES ATMOSFERICAS Y TIPO DE SUELO							
Estabilidad atmosférica		B					
Temperatura atmosférica (°C)		25.8					
Presión atmosférica (mmHg)		760					
Porcentaje de humedad relativa		85					
Dirección de vientos dominantes		Noreste-Sureste	Velocidad del viento (m/s)		3.5		
Tipo de suelo (rugosidad empleada)		0.3					

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)									
Radios por toxicidad (m)		Radios por radiación térmica (m)				Radios por sobrepresión (m)			
Alto Riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento
IDLH 2100 ppm	TLV _{15 min} 1000 ppm		12.5 kW/m ²	5 kW/m ²	1.4 kW/m ²		3.0 psi	1.0 psi	0.5 psi
86.2	106.1	Bola de fuego	29.7	46.9	86.5	UVCE	32.5	23.7	16.6
		Charco de fuego tardío	6.7	9.5	15.2				

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 144 de 191
---	---	--

Escenario PD-RIVIERA I-CMP-005

I. DATOS GENERALES										
Elaboró:	Francisco Morales Hernández			Fecha:	Enero 2021		Software de Simulación	PHAST		
Proyecto:	Planta de Distribución de Gas Licuado de Petróleo Riviera I									
II. DATOS DEL ESCENARIO										
Clave.	PD-RIVIERA I-CMP-005				Tipo de caso			Región de riesgo del caso alternativo		
Descripción:	Fuga de gas LP en tubería de gas LP líquido de la toma de suministro por corrosión.				Peor Caso	Caso más Probable	Caso alternativo	No Tolerable	ALARP	Tolerable
						X				
Modelo empleado en la simulación										
Dardo de fuego (jet fire)	BLEVE/Bola de fuego (Fireball)	Charco de fuego (Pool fire)	Flamazo de nube de vapor (Flash fire)	Explosión de nube de vapor		Explosión física de recipiente a alta presión		Nube tóxica		
				Confinada (CVCE)	No Confinada (UVCE)					
X			X		X			X		
III. SUSTANCIA(S) INVOLUCRADA(S)										
Nombre de la sustancia:	Gas Licuado de Petróleo GLP									
Composición				Propiedades						
Componente	% mol	% peso	% vol.	LFL %	UFL %	IDLH ppm	TLV-TWA ppm	Densidad kg/m3	Presión de vapor Kpa	
n-Propano	60	--	--	9.5	2.2	2100	1000	1.868 @ 20°C	853 @ 21.1°C	
n-Butano	40	--	--	8.4	1.8	N/D	800	2.544 @ 20°C	213.7 @ 21.1 °C	
IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN										
Cilindro		Esfera	Tubería		Otro (especifique)					
			X							
Altura (m)	Diámetro (m)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Dimensiones					
			5	0.0508						
Condiciones de operación					Estado físico					
Presión (psia)	Temperatura (°C)		Flujo en caso de tubería (m³/h @ NPT)				Líquido	Vapor	Líquido/vapor	
133.4	25.8				En el recipiente		X			
					En el punto de fuga				X	
Tipo de fuga					Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente					
Orificio en cuerpo o tubería	Falla catastrófica (rotura total)	Liberación en válvula de alivio	Cizalla de tubería	Otro (especifique)	Tierra seca	Tierra húmeda	Concreto	Otro (especifique)		
X							X			
Características orificio de fuga				Punto de fuga			Dique			
Diámetro (plg)	Área (plg²)	Coeficiente de pérdida del orificio		Elevación del punto de liberación (m)		Altura hidráulica (m)	Área del dique (m²)			
0.4	0.125	0.6		0.6		No aplica	Sin dique			

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 145 de 191
---	---	--

Dirección de la fuga						Tipo de liberación	
Vertical	Horizontal	Hacia abajo	Golpea contra	Inclinada	Grados	Continua	Masiva
	X				0	X	
Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que se deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s)				Inventario fugado (kg)		Tasa de liberación (kg/s)	
600				942		1.57	
V. CONDICIONES ATMOSFERICAS Y TIPO DE SUELO							
Estabilidad atmosférica		B					
Temperatura atmosférica (°C)		25.8					
Presión atmosférica (mmHg)		760					
Porcentaje de humedad relativa		85					
Dirección de vientos dominantes		Noreste-Sureste	Velocidad del viento (m/s)		3.5		
Tipo de suelo (rugosidad empleada)		0.3					

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)									
Radios por toxicidad (m)		Radios por radiación térmica (m)				Radios por sobrepresión (m)			
Alto Riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento
IDLH 2100 ppm	TLV _{15 min} 1000 ppm		12.5 kW/m ²	5 kW/m ²	1.4 kW/m ²		3.0 psi	1.0 psi	0.5 psi
144.3	180.0	Dardo de fuego	22.1	27.4	39.8	UVCE	16.2	22.7	30.9

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 146 de 191
---	---	--

Escenario PD-RIVIERA I-PC-006

I. DATOS GENERALES										
Elaboró:	Francisco Morales Hernández			Fecha:	Enero 2021		Software de Simulación	PHAST		
Proyecto:	Planta de Distribución de Gas Licuado de Petróleo Riviera I									
II. DATOS DEL ESCENARIO										
Clave.	PD-RIVIERA I-PC-006				Tipo de caso			Región de riesgo del caso alternativo		
Descripción:	BLEVE del recipiente de almacenamiento No. 1				Peor Caso	Caso más Probable	Caso alternativo	No Tolerable	ALARP	Tolerable
					X					
Modelo empleado en la simulación										
Dardo de fuego (jet fire)	BLEVE/Bola de fuego (Fireball)	Charco de fuego (Pool fire)	Flamazo de nube de vapor (Flash fire)	Explosión de nube de vapor		Explosión física de recipiente a alta presión		Nube tóxica		
				Confinada (CVCE)	No Confinada (UVCE)					
	X				X					
III. SUSTANCIA(S) INVOLUCRADA(S)										
Nombre de la sustancia:	Gas Licuado de Petróleo GLP									
Composición				Propiedades						
Componente	% mol	% peso	% vol.	LFL %	UFL %	IDLH ppm	TLV-TWA ppm	Densidad kg/m3	Presión de vapor Kpa	
n-Propano	60	--	--	9.5	2.2	2100	1000	1.868 @ 20°C	853 @ 21.1°C	
n-Butano	40	--	--	8.4	1.8	N/D	800	2.544 @ 20°C	213.7 @ 21.1 °C	
IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN										
Cilindro		Esfera	Tubería		Otro (especifique)					
X			X							
Longitud (m)	Diámetro (m)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Dimensiones					
29.9	3.38									
Condiciones de operación					Estado físico					
Presión (psia)	Temperatura (°C)	Flujo en caso de tubería (m³/h @ NPT)					Líquido	Vapor	Líquido/vapor	
195.99	81.0				En el recipiente			X		
					En el punto de fuga			X		
Tipo de fuga					Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente					
Orificio en cuerpo o tubería	Falla catastrófica (rotura total)	Liberación en válvula de alivio	Cizalla de tubería	Otro (especifique)	Tierra seca	Tierra húmeda	Concreto	Otro (especifique)		
	X						X			
Características orificio de fuga				Punto de fuga				Dique		
Diámetro (plg)	Área (plg²)	Coeficiente de pérdida del orificio		Elevación del punto de liberación (m)		Altura hidráulica (m)		Área del dique (m²)		
				2		No aplica		Sin dique		

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 147 de 191
---	---	--

Dirección de la fuga						Tipo de liberación	
Vertical	Horizontal	Hacia abajo	Golpea contra	Inclinada	Grados	Continua	Masiva
X					90		X
Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que se deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s)				Inventario fugado (kg)		Tasa de liberación (kg/s)	
5.1				90,000			
V. CONDICIONES ATMOSFERICAS Y TIPO DE SUELO							
Estabilidad atmosférica		B					
Temperatura atmosférica (°C)		25.8					
Presión atmosférica (mmHg)		760					
Porcentaje de humedad relativa		85					
Dirección de vientos dominantes		Noreste-Sureste	Velocidad del viento (m/s)		3.5		
Tipo de suelo (rugosidad empleada)		0.3					

VII. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)									
Radios por toxicidad (m)		Radios por radiación térmica (m)				Radios por sobrepresión (m)			
Alto Riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento	Modelo	Alto riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento
IDLH 2100 ppm	TLV _{15 min} 1000 ppm		12.5 kW/m ²	5 kW/m ²	1.4 kW/m ²		3.0 psi	1.0 psi	0.5 psi
--	--	Bola de fuego	444.4	679.7	1201.8	BLEVE	112.9	214.7	365.0

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 148 de 191
---	--	---

6.2.2.4. Criterios para la estimación de consecuencias

Para determinar los radios de afectación por onda expansiva, se utilizarán los niveles de sobrepresión de 0.5 psi para la zona de amortiguamiento y 1 psi para la zona de alto riesgo.

Para determinar los radios de afectación por radiación térmica se utilizarán los niveles de radiación térmica de 1.4 kW/m² (400 BTU/ft²hr) para la zona de amortiguamiento y 5 kW/m² (1500 BTU/ft²hr) para la zona de alto riesgo.

Para determinar los radios de afectación por concentración de materiales tóxicos se utilizaran los valores de concentración referenciados al TLV₈ o TLV₁₅ para la zona de amortiguamiento y valores de concentración referenciados al IDLH para la zona de alto riesgo.

Los efectos a las instalaciones y al personal se estimarán usando los parámetros establecidos en las tablas 6.2.2.4-1, 6.2.2.4-2 y 6.2.2.4-3.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 149 de 191
---	---	--

Tabla 6.2.2.4-1. Efectos por onda expansiva para cada valor de pico por sobrepresión

PRESIÓN (Psig)	DAÑO
0.02	Ruido molesto (137 dB de frecuencia 10-15 Hz)
0.03	Ruptura ocasional de grandes ventanales bajo tensión
0.04	Ruido fuerte (143 dB), falla de cristales por ondas sónicas
0.1	Ruptura de ventanas pequeñas bajo tensión
0.15	Presión típica para ruptura de cristales
0.3	"Distancia segura" (probabilidad 0.95 sin daño serio más allá de este valor), límite de proyectiles; algún daño a techos de casas; 10% de ventanas rotas
0.4	Daño estructural secundario limitado
0.5 - 1.0	Generalmente se estrellan grandes y pequeñas ventanas, daño ocasional a marcos de ventanas
0.7	Daño menor a estructuras de casas
1.0	Demolición parcial de casas, se vuelven inhabitables, <i>máxima velocidad de viento de 79.7 Km/h</i>
1-2	Destrozo de asbesto corrugado; ceden fijaciones de paneles de aluminio o acero corrugado, falla segura seguida por deformación; ceden fijaciones de paneles de madera (estándar en viviendas), golpe en paneles
1.3	Marcos de acero de edificios con revestimiento levemente distorsionados
2	Colapso parcial de paredes y techos de casas
2-3	Muros de bloque y concreto, no reforzados, destruidos
2.3	Límite inferior de daño estructural serio
2.5	50 % de destrucción de casas de ladrillo
3	Máquinas pesadas (3000 lb en edificios industriales sufren daños pequeños, estructuras de acero torcidos y desprendidos de sus cimientos, <i>máxima velocidad de viento de 178.6 Km/h</i>
3-4	Edificios de paneles de acero sin estructura o de autoformación demolidos; ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo
4	Ruptura de revestimiento de edificios industriales ligeros
5	Postes de teléfono de madera se rompen; prensa hidráulica alta (40 000 lb) en edificios levemente dañada, <i>máxima velocidad de viento de 260.8 Km/h</i>
5-7	Destrucción casi completa de casas
7	Vagones de ferrocarril de carga pesada volcados
7-8	Paneles de ladrillo de 8-12 pulgadas de grosor, no reforzados, ceden por deslizamiento o curvatura
9	Furgones con carga totalmente destruidos
10	Probable destrucción de edificios, maquinaria pesada (7000 lb) desplazada y muy dañada, maquinaria muy pesada (12 000 lb) sobrevive, <i>máxima velocidad de viento de 294 Km/h.</i>
300	Límite de orilla de cráter.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 150 de 191
---	---	--

Tabla 6.2.2.4-2. Efectos al personal por Radiación Térmica

Intensidad de Radiación (KW/m ²)	Efecto observado
1.6	No causará molestias por exposición prolongada
4	Suficiente para ocasionar dolor al personal si no alcanzan a ponerse a salvo en 20 segundos, sin embargo, es probable la aparición de ampulla (quemaduras de segundo grado); letalidad de 0%
9.5	Umbral de dolor alcanzado luego de 8 segundos, quemaduras de segundo grado luego de 20 segundos
12.5	Energía mínima requerida para el encendido guiado de madera, fusión de tubería de plástico
25	Energía mínima requerida para encender madera a exposiciones indefinidamente prolongadas (no guiadas)
37.5	Suficiente para ocasionar daño a equipo de proceso

Tabla 6.2.2.4-3. Tiempo de exposición necesario para alcanzar el umbral de dolor (API 521)

Intensidad de radiación (Btu/hr/ft ²)	Intensidad de radiación kW/m ²	Tiempo para alcanzar el umbral de dolor (s)
500	1.74	60
740	2.33	40
920	2.90	30
1500	4.73	16
2200	6.94	9
3000	9.46	6
3700	11.67	4
6300	19.87	2

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 151 de 191
---	---	---

6.2.2.5. **Resultados**

Los resultados obtenidos sobrestiman los radios de afectación, ya que no se considera las variaciones de presión en el sistema.

Escenario PD-RIVIERA I- CMP-001. Fuga de gas LP en conexiones del Recipiente de Almacenamiento No. 1 por corrosión, diámetro equivalente del orificio 0.6”.

Se descargan 3.53 kg/s. La nube de vapor formada se dispersará corriente abajo del puerto de emisión en dirección NE-SE. La nube alcanza su límite inferior de inflamabilidad (LFL) a los 21.8m. El 0.5LFL se alcanza a los 51.5m. Concentraciones de 2100 ppm con un tiempo promedio de 1800s se alcanza hasta los 197m a nivel piso y concentraciones de 1000 ppm ponderado con un tiempo promedio de 900s se alcanza hasta los 254m a nivel de piso. El personal que se localice en el área de almacenamiento puede sufrir de mareos, vómitos, convulsiones o sofocación dependiendo del tiempo que inhale gas LP.

En caso de encontrar una fuente de ignición temprana se originará un incendio de chorro (CHOF). Las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento por radiación térmica están delimitadas en un radio de 40.0m y 58.1m respectivamente. El personal que se localice en las áreas de tomas de recepción y suministro puede sufrir quemaduras de segundo y tercer grado. El personal de vigilancia y oficinas no se verán afectados.

En caso de que la nube se ponga en contacto con una fuente de ignición tardía se originara una explosión de nube de vapor no confinada (UVCE). Las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento por sobrepresión están delimitadas en un radio de 25.9m y 36.1m respectivamente. Las ondas de sobrepresión podrían provocar la muerte al personal que se localice en las tomas de recepción y suministro. Podría desplazarse el tanque y romperse las tuberías. El personal de vigilancia y oficinas no se verán afectados.

De acuerdo con la matriz de riesgos le corresponderían los siguientes valores de consecuencias.

Evento	Fatalidades	Lesiones	Liberación HC	Daños a Bienes
Fuga	5	4	4	5
Incendio	2	3	4	4
Explosión	2	3	3	3

Escenario PD-RIVIERA I- CA-002. Ruptura de la manguera en boca terminal de gas LP líquido de la toma de recepción, diámetro equivalente del orificio 2”.

Se descargan casi de manera instantánea 63.6 kg. La nube de vapor formada se dispersará corriente abajo del puerto de emisión en dirección NE-SE. La nube alcanza su límite inferior de inflamabilidad (LFL) a los 18.1m. El 0.5LFL se alcanza a los 50.2m. Concentraciones de 2100 ppm con un tiempo promedio de 1800s

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 152 de 191
---	---	---

se alcanza hasta los 119m a nivel de piso y concentraciones de 1000 ppm ponderado con un tiempo promedio de 900s se alcanza hasta los 145m a nivel de piso. El personal que se localice en el área de almacenamiento puede sufrir mareos, vómitos, convulsiones o sofocación dependiendo del tiempo que inhale gas LP.

En caso de encontrar una fuente de ignición temprana se originará una bola de fuego (BOLF). Las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento por radiación térmica están delimitadas en un radio de 66.5m y 109.7m respectivamente. El personal que se localice en las áreas de toma de recepción y tomas de suministro puede sufrir quemaduras de segundo y tercer grado. El personal de vigilancia y oficinas no se verán afectados.

En caso de encontrar una fuente de ignición tardía se originará charco de fuego (CHAF). Las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento por radiación térmica están delimitadas en un radio de 14.3m y 23.0m respectivamente. El personal que se localice en la toma de recepción puede sufrir quemaduras de segundo grado. El personal de vigilancia y oficinas no se verán afectados.

En caso de que la nube se ponga en contacto con una fuente de ignición se originara una explosión de nube de vapor no confinada (UVCE). Las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento por sobrepresión están delimitadas en un radio de 41.4m y 61.7m respectivamente. La explosión podría provocar la muerte del personal que se localice en la toma de recepción, provocar la ruptura de la tubería de la toma de recepción, ruptura del semirremolque y desplazamiento de los recipientes de almacenamiento. Adicionalmente no se tienen afectaciones a oficinas y caseta de vigilancia.

De acuerdo con la matriz de riesgos le corresponderían los siguientes valores de consecuencias.

Evento	Fatalidades	Lesiones	Liberación HC	Daños a Bienes
Fuga	5	4	4	5
Incendio	2	3	4	4
Explosión	2	3	3	3

Escenario PD- PD-RIVIERA I- CMP-003. Fuga de gas LP en tubería de trasvase de gas LP líquido de la toma de recepción por corrosión, diámetro equivalente del orificio 0.4".

Se descargan 1.57 kg/s. La nube de vapor formada se dispersará corriente abajo del puerto de emisión en dirección NE-SE. La nube alcanza su límite inferior de inflamabilidad (LFL) a los 14.1m. El 0.5LFL se alcanza a los 43.8m. Concentraciones de 2100 ppm con un tiempo promedio de 1800s se alcanza hasta los 144m y concentraciones de 1000 ppm ponderado con un tiempo promedio de 900s se alcanza hasta los

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 153 de 191
---	---	---

180m. El personal que se localice en el área de almacenamiento puede sufrir mareos, vómitos, convulsiones o sofocación dependiendo del tiempo que inhale gas LP.

En caso de encontrar una fuente de ignición temprana se originará un incendio de chorro (CHOF). Las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento por radiación térmica están delimitadas en un radio de 27.4m y 39.8m respectivamente. El personal que se localice en la toma de recepción podría sufrir de quemaduras de 2do grado.

En caso de que la nube se ponga en contacto con una fuente de ignición tardía se originara una explosión de nube de vapor no confinada (UVCE). Las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento por sobrepresión están delimitadas en un radio de 22.7m y 30.9m respectivamente. La explosión podría provocar la muerte del personal que se localice en la toma de recepción, provocar la ruptura de tuberías y desplazar los recipientes de almacenamiento. El personal de vigilancia y oficinas no se verán afectados.

De acuerdo con la matriz de riesgos le corresponderían los siguientes valores de consecuencias.

Evento	Fatalidades	Lesiones	Liberación HC	Daños a Bienes
Fuga	5	4	4	5
Incendio	2	3	4	4
Explosión	2	3	3	3

Escenario PD- PD-RIVIERA I- CA-004. Ruptura de la manguera en boca terminal de gas LP líquido de la toma de suministro, diámetro equivalente del orificio 2".

Se descargan casi de manera instantánea 32.42 kg. La nube de vapor formada se dispersará corriente abajo del puerto de emisión en dirección NE-SE. La nube alcanza su límite inferior de inflamabilidad (LFL) a los 13.1m. El 0.5LFL se alcanza a los 30.7m. Concentraciones de 2100 ppm con un tiempo promedio de 1800s se alcanza hasta los 86m y concentraciones de 1000 ppm ponderado con un tiempo promedio de 900s se alcanza hasta los 106m. El personal que se localice en el área de almacenamiento puede sufrir mareos, vómitos, convulsiones o sofocación dependiendo del tiempo que inhale gas LP.

En caso de encontrar una fuente de ignición temprana se originará una bola de fuego (BOLF). Las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento por radiación térmica están delimitadas en un radio de 46.9m y 86.5m respectivamente. El personal que se localice en las tomas de suministro y toma de recepción podría sufrir de quemaduras de 2do grado.

En caso de encontrar una fuente de ignición tardía se originará charco de fuego (CHAF). Las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento por radiación térmica están delimitadas en un radio de 9.5m y 15.2m

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 154 de 191
---	---	---

respectivamente. El personal que se localice en la toma de suministro puede sufrir quemaduras de segundo grado. El personal de vigilancia y oficinas no se verán afectados.

En caso de que la nube se ponga en contacto con una fuente de ignición tardía se originara una explosión de nube de vapor no confinada (UVCE). Las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento por sobrepresión están delimitadas en un radio de 23.7m y 32.5m respectivamente. La explosión podría provocar la muerte del personal que se localice en la toma de suministro, provocar la ruptura de la tubería de la toma de suministro, ruptura de autotank y desplazamiento de recipientes de almacenamiento.

De acuerdo con la matriz de riesgos le corresponderían los siguientes valores de consecuencias.

Evento	Fatalidades	Lesiones	Liberación HC	Daños a Bienes
Fuga	5	4	4	5
Incendio	2	3	4	4
Explosión	2	3	3	3

Escenario PD- PD-RIVIERA I- CMP-005. Fuga de gas LP en tubería de gas LP líquido de la toma de suministro por corrosión, diámetro equivalente del orificio 0.4”.

Se descargan 1.57 kg/s. La nube de vapor formada se dispersará corriente abajo del puerto de emisión en dirección NE-SE. La nube alcanza su límite inferior de inflamabilidad (LFL) a los 14.1m. El 0.5LFL se alcanza a los 43.8m. Concentraciones de 2100 ppm con un tiempo promedio de 1800s se alcanza hasta los 180m y concentraciones de 1000 ppm ponderado con un tiempo promedio de 900s se alcanza hasta los 144m. El personal que se localice en el área de almacenamiento puede sufrir mareos, vómitos, convulsiones o sofocación dependiendo del tiempo que inhale gas LP.

En caso de encontrar una fuente de ignición temprana se originará un incendio de chorro (CHOF). Las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento por radiación térmica están delimitadas en un radio de 27.4m y 39.8m respectivamente. El personal que se localice en la toma de suministro podría sufrir de quemaduras de 2do grado.

En caso de que la nube se ponga en contacto con una fuente de ignición tardía se originara una explosión de nube de vapor no confinada (UVCE). Las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento por sobrepresión están delimitadas en un radio de 22.7m y 30.9m respectivamente. La explosión podría provocar la muerte del personal que se localice en la toma de suministro, provocar la ruptura de la tubería de la toma de suministro y desplazamiento de recipientes de almacenamiento.

De acuerdo con la matriz de riesgos le corresponderían los siguientes valores de consecuencias.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 155 de 191
---	---	--

Evento	Fatalidades	Lesiones	Liberación HC	Daños a Bienes
Fuga	5	4	4	5
Incendio	2	3	4	4
Explosión	2	3	3	3

Escenario PD- PD-RIVIERA I- PC-006. BLEVE del tanque de almacenamiento por fuego externo.

En el caso de que no se pueda controlar algún incendio, se puede presentar un BLEVE, cuyos efectos al personal y a las instalaciones están relacionados con radiación térmica y sobrepresión.

El área de fatalidades por radiación térmica (37.5 kW/m^2) alcanza un radio de 258m. Niveles de 12.5 kW/m^2 alcanzan los 444m, el personal que se localice en esta área sufrirá quemaduras de 2do grado. Las zonas de alto riesgo (5 kW/m^2) y de amortiguamiento (1.4 kW/m^2) por radiación térmica están delimitadas en un radio de 680m y 1201m respectivamente. El personal que se localice en la Planta de Distribución morirá por quemaduras. Las personas que se localicen en un radio de 500m sufrirán quemaduras de 2do grado.

El área de afectación por ondas de sobrepresión alcanzara niveles de sobrepresión de hasta 5 psig en un radio de 83m, en esta área se presentan fatalidades. Las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento por sobrepresión están delimitadas en un radio de 214m y 365m respectivamente. La explosión provocará la destrucción de oficinas y caseta de vigilancia provocando la muerte del personal de la Planta de Distribución. Los efectos llegan hasta la carretera pudiendo ocasionar rotura de cristales de los automóviles que en su momento circulen.

De acuerdo con la matriz de riesgos le corresponderían los siguientes valores de consecuencias.

Evento	Fatalidades	Lesiones	Liberación HC	Daños a Bienes
BLEVE	2	2	2	2

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 156 de 191
---	--	---

7. REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

En el **Anexo D** se presentan las gráficas y en el **Anexo E** se presentan las memorias de cálculo generadas por el simulador PHAST.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 157 de 191
---	--	---

8. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO

8.1. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 158 de 191
---	---	--

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación ¹	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
PD-RIVIERA I-CMP-001	Población	Radiación	Alto Riesgo	Sin afectación	Paro de Emergencia eléctrico con acción a paro de motores. Paro neumático con acción a válvulas neumáticas de cierre remoto en cada boquilla del recipiente. Sistema de tierras para prever descargas eléctricas. Anillos de aspersión de agua contra incendios. Hidrantes con manguera contra incendios.	Plan de respuesta a emergencias interno.
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
	Personal	Radiación	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
	Instalaciones/Producción	Radiación	Alto Riesgo (daño a equipos)	Recipiente de almacenamiento No. 2		
				Toma de suministro		
				Toma de recepción		
			Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Cuarto de Bombas		
		Sobrepresión	Alto Riesgo (daño a equipos)	Recipiente de almacenamiento No. 2		
				Toma de suministro		

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
 Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 159 de 191
---	---	--

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación ¹	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
				Toma de recepción		
			Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		

Nota 1. La descripción de la afectación esta referenciada solo a las distancias a las cuales se alcanzan la zona de alto riesgo y de amortiguamiento para los eventos de Radiación, Toxicidad y Sobrepresión.

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
 Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 160 de 191
---	---	--

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación ¹	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
PD-RIVIERA I-CA-002	Población	Radiación	Alto Riesgo	Sin afectación	Separador Mecánico. Válvulas de exceso de flujo. Paro de Emergencia eléctrico con acción a paro de motores. Paro neumático con acción a válvulas neumáticas de cierre remoto en cada boquilla del recipiente. Sistema de tierras para prever descargas eléctricas. Anillos de aspersión de agua contra incendios. Hidrantes con manguera contra incendios.	Plan de respuesta a emergencias interno.
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Vegetación en terreno propiedad de la empresa		
			Amortiguamiento	Vegetación en terreno propiedad de la empresa		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
	Personal	Radiación	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
	Instalaciones/Producción	Radiación	Alto Riesgo (daño a equipos)	Recipiente de almacenamiento No. 1		
				Recipiente de almacenamiento No. 2		
			Alto Riesgo	Cuarto de bombas		

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
 Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 161 de 191
---	---	--

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación ¹	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
			Amortiguamiento	Malla ciclónica y barda perimetral		
		Sobrepresión	Alto Riesgo (daño a equipos)	Recipiente de almacenamiento No. 1		
				Recipiente de almacenamiento No. 2		
				Toma de suministro		
			Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Malla ciclónica		

Nota 1. La descripción de la afectación esta referenciada solo a las distancias a las cuales se alcanzan la zona de alto riesgo y de amortiguamiento para los eventos de Radiación, Toxicidad y Sobrepresión.

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
 Tel. 55 1253 7216



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 162 de 191

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación ¹	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
PD-RIVIERA I-CMP-003	Población	Radiación	Alto Riesgo	Sin afectación	Paro de Emergencia eléctrico con acción a paro de motores. Paro neumático con acción a válvulas neumáticas de cierre remoto en cada boquilla del recipiente. Sistema de tierras para prever descargas eléctricas. Anillos de aspersión de agua contra incendios. Hidrantes con manguera contra incendios.	Plan de respuesta a emergencias interno.
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
	Personal	Radiación	Alto Riesgo	Lesiones al Personal que se localice en la toma de suministro		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Lesiones al Personal que se localice en la toma de suministro		
			Amortiguamiento	Lesiones al Personal que se localice en la toma de suministro		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
	Instalaciones/Producción	Radiación	Alto Riesgo (daño a equipos)	Recipiente de almacenamiento No. 1		
				Recipiente de almacenamiento No. 2		

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 163 de 191
---	---	--

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación ¹	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
			Alto Riesgo	Recipiente de almacenamiento No. 1		
				Recipiente de almacenamiento No. 2		
				Toma de suministro		
		Sobrepresión	Amortiguamiento	Sin afectaciones		
			Alto Riesgo (daño a equipos)	Recipiente de almacenamiento No. 1		
				Recipiente de almacenamiento No. 2		
			Alto Riesgo	Recipiente de almacenamiento No. 1		
				Recipiente de almacenamiento No. 2		
				Toma de suministro		
			Amortiguamiento	Recipiente de almacenamiento No. 1		
				Recipiente de almacenamiento No. 2		

Nota 1. La descripción de la afectación esta referenciada solo a las distancias a las cuales se alcanzan la zona de alto riesgo y de amortiguamiento para los eventos de Radiación, Toxicidad y Sobrepresión.

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
 Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 164 de 191
---	---	--

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación ¹	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
PD-RIVIERA I-CA-004	Población	Radiación	Alto Riesgo	Sin afectación	Separador Mecánico. Válvulas de exceso de flujo. Paro de Emergencia eléctrico con acción a paro de motores. Paro neumático con acción a válvulas neumáticas de cierre remoto en cada boquilla del recipiente. Sistema de tierras para prever descargas eléctricas. Anillos de aspersión de agua contra incendios. Hidrantes con manguera contra incendios.	Plan de respuesta a emergencias interno.
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Vegetación en terreno propiedad de la empresa		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
	Personal	Radiación	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
	Instalaciones/Producción	Radiación	Alto Riesgo (daño a equipos)	Recipiente de almacenamiento No. 1		
				Recipiente de almacenamiento No. 2		
			Alto Riesgo	Cuarto de bombas		
			Amortiguamiento	Barda perimetral		

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
 Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 165 de 191
---	---	--

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación ¹	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
		Sobrepresión	Alto Riesgo (daño a equipos)	Recipiente de almacenamiento No. 1		
				Recipiente de almacenamiento No. 2		
			Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		

Nota 1. La descripción de la afectación esta referenciada solo a las distancias a las cuales se alcanzan la zona de alto riesgo y de amortiguamiento para los eventos de Radiación, Toxicidad y Sobrepresión.

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
 Tel. 55 1253 7216



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 166 de 191

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación ¹	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
PD-RIVIERA I-CMP-005	Población	Radiación	Alto Riesgo	Sin afectación	Paro de Emergencia eléctrico con acción a paro de motores. Paro neumático con acción a válvulas neumáticas de cierre remoto en cada boquilla del recipiente. Sistema de tierras para prever descargas eléctricas. Anillos de aspersión de agua contra incendios. Hidrantes con manguera contra incendios.	Plan de respuesta a emergencias interno.
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
	Personal	Radiación	Alto Riesgo	Lesiones al personal que se localice en la toma de recepción		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Toxicidad	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
	Instalaciones/Producción	Radiación	Alto Riesgo (daño a equipos)	Recipiente de almacenamiento No. 1		
				Recipiente de almacenamiento No. 2		
			Alto Riesgo	Toma de recepción		
			Amortiguamiento	Sin afectaciones		
		Sobrepresión	Alto Riesgo (daño a	Recipiente de		

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 167 de 191
---	---	--

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación ¹	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
			equipos)	almacenamiento No. 1 Recipiente de almacenamiento No. 2		
			Alto Riesgo	Toma de recepción		
			Amortiguamiento	Sin afectación		

Nota 1. La descripción de la afectación esta referenciada solo a las distancias a las cuales se alcanzan la zona de alto riesgo y de amortiguamiento para los eventos de Radiación, Toxicidad y Sobrepresión.

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 168 de 191
---	---	--

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
PD-RIVIERA I-PC-006	Población	Radiación	Alto Riesgo	Sin afectación	Anillos de aspersión de agua contra incendios. Hidrantes con manguera contra incendios. PSV's en recipientes de almacenamiento.	Plan de Respuesta a Emergencias externo
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Personas que transiten por carretera 357		
		Toxicidad	Alto Riesgo	No aplica		
			Amortiguamiento	No aplica		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Vegetación y fauna		
			Amortiguamiento	Vegetación y fauna		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Vegetación y fauna		
			Amortiguamiento	Vegetación y fauna		
		Toxicidad	Alto Riesgo	No aplica		
			Amortiguamiento	No aplica		
	Personal	Radiación	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Sin afectación		
			Amortiguamiento	Sin afectación		
		Toxicidad	Alto Riesgo	No aplica		
			Amortiguamiento	No aplica		
	Instalaciones/Producción	Radiación	Alto Riesgo (daño a equipos)	Recipiente de almacenamiento No. 2		
				Toma de recepción		
				Toma de suministro		
				Cuarto de bombas		
				Oficinas		
				Vigilancia		

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 169 de 191

Clave del escenario	Receptor de riesgo	Tipo de evento	Tipo de Zona	Descripción de la afectación	Descripción de salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
				Estacionamiento		
				Transformador		
				Carretera Federal 307		
				Postes y cables de CFE		
			Alto Riesgo	Hormigón y morteros		
				Carretera Federal 307		
				Postes y cables de CFE		
			Amortiguamiento	Camino de acceso a Maroma Beach		
				Camino de acceso a Hotel Maroma El Dorado		
		Sobrepresión	Alto Riesgo (daño a equipos)	Recipiente de almacenamiento No. 2		
				Toma de recepción		
				Toma de suministro		
				Cuarto de bombas		
				Oficinas		
			Alto Riesgo	Camino de acceso a la planta		
			Amortiguamiento	Vehículos que transiten por la Carretera federal 307		
				Postes y cableado de CFE		

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 170 de 191
---	--	---

8.2. INTERACCIONES DE RIESGO

Nota: Como evento de efecto domino se presenta el caso de BLEVE del recipiente de almacenamiento No. 1

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 171 de 191
---	---	--

Clave del escenario de riesgo	Equipo/sitio de la planta donde se presenta la fuga	Sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de la afectación ¹	Equipos e instalaciones industriales presentes en el radio de afectación ²	Distancias de los equipos o instalaciones industriales al punto de fuga	Descripción de salvaguardas existentes ³	Recomendaciones para implementar
PD-RIVIERA I-CMP-001	Recipiente de almacenamiento No. 1	Gas LP	Alto riesgo en equipos	Radiación	25.6	Recipiente de almacenamiento No. 2	3.0	Anillos de aspersión. Monitores contra incendio.	Plan de respuesta a emergencias.
						Toma de suministro	15.0		
						Toma de recepción	10.0		
				Sobrepresión	17.7	Recipiente de almacenamiento No. 2	3.0	Área bien ventilada. Eliminación de fuentes de ignición. Orientación de tomas de suministro y toma de recepción.	Plan de respuesta a emergencias.
						Toma de suministro	15.0		
						Toma de recepción	10.0		
			Alto riesgo	Radiación	40.0	Sin afectación	--	--	--
				Sobrepresión	25.9	Recipiente de almacenamiento No. 2	3.0	Igual para alto riesgo en equipos	Plan de respuesta a emergencias.

Nota 1. Alto riesgo en equipos para radiación térmica esta referenciado a la distancia a la cual se alcanzan 37.5 kW/m² y para sobrepresión la distancia a la cual se alcanza una sobrepresión de 3 psi.

Nota 2. Para alto riesgo en equipos se consideran los equipos que quedan dentro del radio de afectación, para alto riesgo los equipos que se afectan para radiación térmica entre 5 kW/m² y 12.5 kW/m² y para sobrepresión los que quedan dentro de 1.0 y 3.0 psi.

Nota 3. Para controlar la fuga se cuenta con paro de emergencia eléctrico con acción a paro de motores y paro neumático con acción a válvulas neumáticas de cierre remoto en cada boquilla del recipiente, sistema de tierras para prever descargas eléctricas, sistema de aspersión de agua e hidrantes con manguera contra incendio.

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 172 de 191
---	---	--

Clave del escenario de riesgo	Equipo/sitio de la planta donde se presenta la fuga	Sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de la afectación ¹	Equipos e instalaciones industriales presentes en el radio de afectación ²	Distancias de los equipos o instalaciones industriales al punto de fuga	Descripción de salvaguardas existentes ³	Recomendaciones para implementar
PD-RIVIERA I-CA-002	Manguera Toma de recepción	Gas LP	Alto riesgo en equipos	Radiación	20.8	Recipiente de almacenamiento No. 1	9.0	Anillos de aspersión. Monitores contra incendio.	Plan de respuesta a emergencias.
						Recipiente de almacenamiento No. 2	7.0		
				Sobrepresión	25.3	Recipiente de almacenamiento No. 1	9.0	Área bien ventilada. Eliminación de fuentes de ignición. Orientación de tomas de suministro y toma de recepción.	Plan de respuesta a emergencias.
						Recipiente de almacenamiento No. 2	7.0		
			Alto riesgo	Radiación	66.5	Recipiente de almacenamiento No. 1	9.0	Igual para alto riesgo en equipos	Plan de respuesta a emergencias.
						Recipiente de almacenamiento No. 2	7.0		
				Sobrepresión	41.4	Sin afectación	--	--	--

Nota 1. Alto riesgo en equipos para radiación térmica esta referenciado a la distancia a la cual se alcanzan 37.5 kW/m² y para sobrepresión la distancia a la cual se alcanza una sobrepresión de 3 psi.

Nota 2. Para alto riesgo en equipos se consideran los equipos que quedan dentro del radio de afectación, para alto riesgo los equipos que se afectan para radiación térmica entre 5 kW/m² y 12.5 kW/m² y para sobrepresión los que quedan dentro de 1.0 y 3.0 psi.

Nota 3. Para controlar la fuga se cuenta con separador mecánico, válvulas de exceso de flujo, paro de emergencia eléctrico con acción a paro de motores y paro neumático con acción a válvulas neumáticas de cierre remoto en cada boquilla del recipiente, sistema de tierras para prever descargas eléctricas, sistema de aspersión de agua e hidrantes con manguera contra incendio.

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 173 de 191
---	---	--

Clave del escenario de riesgo	Equipo/sitio de la planta donde se presenta la fuga	Sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de la afectación ¹	Equipos e instalaciones industriales presentes en el radio de afectación ²	Distancias de los equipos o instalaciones industriales al punto de fuga	Descripción de salvaguardas existentes ³	Recomendaciones para implementar
PD-RIVIERA I-CA-003	Tubería Toma de recepción	Gas LP	Alto riesgo en equipos	Radiación	17.6	Recipiente de almacenamiento No. 1	9.0	Anillos de aspersión. Monitores contra incendio.	Plan de respuesta a emergencias.
						Recipiente de almacenamiento No. 2	7.0		
				Sobrepresión	16.2	Recipiente de almacenamiento No. 1	9.0	Área bien ventilada. Eliminación de fuentes de ignición.	Plan de respuesta a emergencias.
						Recipiente de almacenamiento No. 2	7.0		
			Alto riesgo	Radiación	27.4	Recipiente de almacenamiento No. 1	9.0	Igual para alto riesgo en equipos	Plan de respuesta a emergencias.
						Recipiente de almacenamiento No. 2	7.0		
						Toma de suministro	25.0		
				Sobrepresión	22.7	Recipiente de almacenamiento No. 1	9.0	Igual para alto riesgo en equipos	Plan de respuesta a emergencias.
						Recipiente de almacenamiento No. 2	7.0		

Nota 1. Alto riesgo en equipos para radiación térmica esta referenciado a la distancia a la cual se alcanzan 37.5 kW/m² y para sobrepresión la distancia a la cual se alcanza una sobrepresión de 3 psi.

Nota 2. Para alto riesgo en equipos se consideran los equipos que quedan dentro del radio de afectación, para alto riesgo los equipos que se afectan para radiación térmica entre 5 kW/m² y 12.5 kW/m² y para sobrepresión los que quedan dentro de 1.0 y 3.0 psi.

Nota 2. Para controlar la fuga se cuenta con paro de emergencia eléctrico con acción a paro de motores y paro neumático con acción a válvulas neumáticas de cierre remoto en cada boquilla del recipiente, sistema de tierras para prever descargas eléctricas, sistema de aspersión de agua e hidrantes con manguera contra incendio.

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 174 de 191
---	---	--

Clave del escenario de riesgo	Equipo/sitio de la planta donde se presenta la fuga	Sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de la afectación¹	Equipos e instalaciones industriales presentes en el radio de afectación²	Distancias de los equipos o instalaciones industriales al punto de fuga	Descripción de salvaguardas existentes³	Recomendaciones para implementar
PD-RIVIERA I-CA-004	Manguera Toma de suministro	Gas LP	Alto riesgo en equipos	Radiación	16.2	Recipiente de almacenamiento No. 1	7.0	Anillos de aspersión. Monitores contra incendio.	Plan de respuesta a emergencias.
						Recipiente de almacenamiento No. 2	12.0		
				Sobrepresión	25.3	Recipiente de almacenamiento No. 1	7.0	Área bien ventilada. Eliminación de fuentes de ignición. Orientación de tomas de suministro y toma de recepción.	Plan de respuesta a emergencias.
						Recipiente de almacenamiento No. 2	12.0		
				Toma de recepción	25.0				
			Alto riesgo	Radiación	46.9	Sin afectación	Sin afectación		
						Sobrepresión	23.7	Recipiente de almacenamiento No. 1	7.0
Recipiente de almacenamiento No. 2	12.0								

Nota 1. Alto riesgo en equipos para radiación térmica esta referenciado a la distancia a la cual se alcanzan 37.5 kW/m² y para sobrepresión la distancia a la cual se alcanza una sobrepresión de 3 psi.

Nota 2. Para alto riesgo en equipos se consideran los equipos que quedan dentro del radio de afectación, para alto riesgo los equipos que se afectan para radiación térmica entre 5 kW/m² y 12.5 kW/m² y para sobrepresión los que quedan dentro de 1.0 y 3.0 psi.

Nota 3. Para controlar la fuga se cuenta con separador mecánico, válvulas de exceso de flujo, paro de emergencia eléctrico con acción a paro de motores y paro neumático con acción a válvulas neumáticas de cierre remoto en cada boquilla del recipiente, sistema de tierras para prever descargas eléctricas, sistema de aspersión de agua e hidrantes con manguera contra incendio.

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 175 de 191
---	---	--

Clave del escenario de riesgo	Equipo/sitio de la planta donde se presenta la fuga	Sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de la afectación ¹	Equipos e instalaciones industriales presentes en el radio de afectación ²	Distancias de los equipos o instalaciones industriales al punto de fuga	Descripción de salvaguardas existentes ³	Recomendaciones para implementar
PD-RIVIERA I-CA-005	Tubería Toma de suministro	Gas LP	Alto riesgo en equipos	Radiación	17.6	Recipiente de almacenamiento No. 1	9.0	Anillos de aspersión. Monitores contra incendio.	Plan de respuesta a emergencias.
						Recipiente de almacenamiento No. 2	7.0		
				Sobrepresión	16.2	Recipiente de almacenamiento No. 1	9.0	Área bien ventilada. Eliminación de fuentes de ignición.	Plan de respuesta a emergencias.
						Recipiente de almacenamiento No. 2	7.0		
			Alto riesgo	Radiación	27.4	Toma de recepción	25.0	Igual para alto riesgo en equipos	Plan de respuesta a emergencias.
				Sobrepresión	22.7	Recipiente de almacenamiento No. 1	9.0	Igual para alto riesgo en equipos	Plan de respuesta a emergencias.
						Recipiente de almacenamiento No. 2	7.0		

Nota 1. Alto riesgo en equipos para radiación térmica esta referenciado a la distancia a la cual se alcanzan 37.5 kW/m² y para sobrepresión la distancia a la cual se alcanza una sobrepresión de 3 psi.

Nota 2. Para alto riesgo en equipos se consideran los equipos que quedan dentro del radio de afectación, para alto riesgo los equipos que se afectan para radiación térmica entre 5 kW/m² y 12.5 kW/m² y para sobrepresión los que quedan dentro de 1.0 y 3.0 psi.

Nota 3. Para controlar la fuga se cuenta con paro de emergencia eléctrico con acción a paro de motores y paro neumático con acción a válvulas neumáticas de cierre remoto en cada boquilla del recipiente, sistema de tierras para prever descargas eléctricas, sistema de aspersión de agua e hidrantes con manguera contra incendio.

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 176 de 191

Clave del escenario de riesgo	Equipo/sitio de la planta donde se presenta la fuga	Sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo	Tipo de zona	Tipo de evento	Radio de la afectación ¹	Equipos e instalaciones industriales presentes en el radio de afectación ²	Distancias de los equipos o instalaciones industriales al punto de fuga	Descripción de salvaguardas existentes ³	Recomendaciones para implementar
PD-RIVIERA I-CA-006	Recipiente de almacenamiento No. 1	Gas LP	Alto riesgo en equipos	Radiación	258	Recipiente de almacenamiento No. 2	2.0	Anillos de aspersión. Monitores contra incendio. PSVs	Plan de respuesta a emergencias.
						Toma de recepción	7.0		
						Toma de suministro	8.3		
						Cuarto de bombas	30.0		
						Oficinas	110.0		
						Vigilancia	115.0		
						Estacionamiento	125.0		
						Transformador	140.0		
			Alto riesgo	Radiación	679	Carretera Federal 307	450	Igual para alto riesgo en equipos	Plan de respuesta a emergencias.
						Postes y Cables de CFE	450		
						Hotel El Dorado	510		
						Hormigón y Morteros	520		
				Sobrepresión	214	Vigilancia	115.0	Igual para alto riesgo en equipos	Plan de respuesta a emergencias.
						Estacionamiento	125.0		
						Transformador	140.0		
						Camino de acceso	200.0		

Nota 1. Alto riesgo en equipos para radiación térmica esta referenciado a la distancia a la cual se alcanzan 37.5 kW/m² y para sobrepresión la distancia a la cual se alcanza una sobrepresión de 3 psi.

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 177 de 191
---	---	--

Nota 2. Para alto riesgo en equipos se consideran los equipos que quedan dentro del radio de afectación, para alto riesgo los equipos que se afectan para radiación térmica entre 5 kW/m² y 12.5 kW/m² y para sobrepresión los que quedan dentro de 1.0 y 3.0 psi.

Nota 3. Se analiza el caso de BLEVE en el recipiente No. 1 y se considera que ya se tienen un incendio descontrolado por lo que solo se cuenta con la red de agua contra incendios para enfriamiento del equipo y PSVs para disminuir el sobrepresionamiento del mismo.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 178 de 191
---	---	--

9. REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGOS

No.	DESCRIPCIÓN	PERSONAS FALLECIDAS			PERSONAS LESIONADAS			LIBERACION DE HIDROCARBUROS			DAÑOS A BIENES		
		F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R
1.7.1	Fuga de gas LP en conexiones del recipiente de almacenamiento No. 1 por corrosión.	5	5	B	5	4	B	5	4	B	5	5	B
	Incendio.	5	2	B	5	3	B	5	4	B	4	4	B
	Explosión.	6	2	B	6	3	B	6	3	B	6	3	B
6.7.1	Fuga en tubería de trasvase de gas LP líquido de toma de recepción por corrosión.	5	5	B	5	4	B	5	5	B	5	5	B
	Incendio.	5	2	B	5	3	B	5	5	B	5	5	B
	Explosión.	6	2	B	6	3	B	6	4	B	6	4	B
6.7.2	Ruptura de manguera en línea de gas LP líquido de toma de recepción.	5	5	B	5	4	B	5	5	B	5	5	B
	Incendio.	6	2	B	6	3	B	6	5	B	6	5	B
	Explosión.	6	2	B	6	3	B	6	4	B	6	4	B
8.8.2	Fuga en tubería de gas LP líquido de toma de suministro por corrosión.	5	5	B	5	4	B	5	5	B	5	5	B
	Incendio.	5	2	B	5	3	B	5	5	B	5	5	B
	Explosión.	6	2	B	6	3	B	6	4	B	6	4	B



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

**Planta de Distribución de gas LP Riviera I
Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo**

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 179 de 191

No.	DESCRIPCIÓN	PERSONAS FALLECIDAS			PERSONAS LESIONADAS			LIBERACION DE HIDROCARBUROS			DAÑOS A BIENES		
		F	C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R
8.8.3	Ruptura de manguera en línea de gas LP líquido de la toma de suministro	5	5	B	5	4	B	5	5	B	5	5	B
	Incendio.	6	2	B	6	3	B	6	5	B	6	5	B
	Explosión.	5	2	B	5	3	B	5	4	B	5	4	B
1.8.1	BLEVE del tanque de almacenamiento No. 1.	5	2	B	5	2	B	5	2	B	5	2	B

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 180 de 191
---	--	---

10. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PREVENTIVAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGOS

10.1. SISTEMAS DE SEGURIDAD

Describir a detalle los equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con que contará la instalación, considerados para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.

Incluir un plano a escala mínima 1:5,000 indicando la localización de los equipos, dispositivos, y sistemas de seguridad.

El recipiente de almacenamiento de gas LP No. 1, con una capacidad de 250,000 litros, cuenta con los siguientes dispositivos de seguridad:

- Indicador de nivel marca Magnatel.
- Indicador de temperatura marca Rochester con graduación de -20 a 50 °C.
- Indicador de presión marca Metron con graduación de 0 a 21 kg/cm².
- Válvula de máximo llenado marca Rego modelo 3165 localizada al 85%.
- Válvula de máximo llenado marca Rego modelo 3165 localizada al 90%.
- 3 válvulas internas marca Rego de 76 mm modelo A3213R400 con actuador neumático las cuales actúan como válvulas de exceso de flujo para gas líquido y de control remota.
- 1 válvula internas marca Rego de 51 mm modelo A3212R250 con actuador neumático la cual actúa como válvula de exceso de flujo para gas líquido y de control remota (retorno).
- 2 válvulas internas marca Rego de 51 mm modelo A3212R250 con actuador neumático las cuales actúan como válvulas de exceso de flujo para gas vapor y de control remota (retorno).
- 2 aditamentos múltiples para válvulas o multiport bridadas.
- 4 válvulas de seguridad con tubos de descarga en cada aditamento múltiple.
- Válvulas de bloqueo manual en cada tubería.
- Conector flexible de neopreno en cada tubería.
- Sistema de conexión a tierra.

El recipiente de almacenamiento de gas LP No. 2, con una capacidad de 250,000 litros, cuenta con los siguientes dispositivos de seguridad:

- Indicador de nivel marca Magnatel.
- Indicador de temperatura marca Rochester con graduación de -20 a 50 °C.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 181 de 191
---	--	---

- Indicador de presión marca Metron con graduación de 0 a 21 kg/cm².
- Válvula de máximo llenado marca Rego modelo 3165 localizada al 85%.
- Válvula de máximo llenado marca Rego modelo 3165 localizada al 90%.
- 3 válvulas internas marca Rego de 76 mm modelo A3213R400 con actuador neumático las cuales actúan como válvulas de exceso de flujo para gas líquido y de control remota.
- 1 válvula internas marca Rego de 51 mm modelo A3212R250 con actuador neumático la cual actúa como válvula de exceso de flujo para gas líquido y de control remota (retorno).
- 2 válvulas internas marca Rego de 51 mm modelo A3212R250 con actuador neumático las cuales actúan como válvulas de exceso de flujo para gas vapor y de control remota (retorno).
- 2 aditamentos múltiples para válvulas o multiport bridadas.
- 4 válvulas de seguridad con tubos de descarga en cada aditamento múltiple.
- Válvulas de bloqueo manual en cada tubería.
- Conector flexible de neopreno en cada tubería.
- Sistema de conexión a tierra.

El compresor cuenta con los siguientes dispositivos de seguridad:

- PI en succión y descarga.
- Válvulas de bloqueo manual en succión y descarga.
- Conectores flexibles de neopreno en succión y descarga.
- Interruptor por alto nivel con acción a paro del compresor.
- PSV.
- Sistema de conexión a tierra.

Las bombas para llenado de autotanque cuentan con los siguientes dispositivos de seguridad:

- Válvulas de cierre rápido en línea de succión.
- Conector flexible de neopreno en líneas de succión y de descarga.
- Válvula de recirculación interna.
- Válvula de retorno de gas LP líquido.
- Sistema de conexión a tierra.

La toma de recepción cuenta con dos bocatomas para gas líquido y con una boca toma para gas vapor.

La boca toma para gas vapor cuenta con los siguientes dispositivos de seguridad:

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 182 de 191
---	--	---

- Válvula de cierre de emergencia de actuación remota neumática.
- Válvula de cierre manual.
- Válvula de exceso de flujo.
- Separador mecánico (pull away valve).
- Válvula de cierre manual en manguera.
- Acoplador de llenado en manguera.
- Sistema de conexión a tierra.

Cada boca toma para gas líquido cuenta con los siguientes dispositivos de seguridad:

- Indicador de flujo unidireccional.
- Válvula de no retroceso.
- Válvula de relevo hidrostático.
- Separador mecánico (pull away valve).
- Válvula de cierre manual en manguera.
- Acoplador de llenado en cada manguera.
- Sistema de conexión a tierra.

Se cuenta con dos tomas de suministro y cada toma cuenta con una bocatoma para gas vapor y una boca toma para gas líquido.

La boca toma para gas líquido cuenta con los siguientes dispositivos de seguridad:

- Indicador de flujo unidireccional.
- Válvula de cierre de emergencia de actuación remota neumática.
- Válvula de exceso de flujo.
- Separador mecánico (pull away valve).
- Válvula de cierre manual.
- Acoplador de llenado en cada manguera.
- Sistema de conexión a tierra.

La boca toma para gas vapor cuenta con los siguientes dispositivos de seguridad:

- Válvula de cierre de emergencia de actuación remota neumática.
- Válvula de exceso de flujo.
- Separador mecánico (pull away valve).
- Válvula de cierre manual.
- Acoplador de llenado en cada manguera.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 183 de 191
---	--	---

- Sistema de conexión a tierra.

Para atender eventos de incendio la instalación cuenta con una red de agua contraincendios constituida por bombas, cabezales, aspersores e hidrantes. El agua se almacena en una cisterna y se suministra mediante una bomba de motor eléctrico y una bomba con motor de combustión interna a un sistema de aspersores instalados alrededor de los recipientes de almacenamiento y a cuatro hidrantes con manguera de 30m. Adicionalmente se cuenta con extintores de polvo químico seco de 9 kg de capacidad y con un extintor de carretilla de 50 kg de capacidad.

Se cuenta con un **sistema de paro por emergencia eléctrico** el cual controla los motores eléctricos del área de recepción y de suministro.

También se cuenta con **actuadores accionados neumáticamente** proveniente de un compresor de aire. El sistema cierra todas las válvulas internas con actuador neumático al desalojar o liberar el aire contenido en la red.

En los planos “Proyecto Mecánico” y “Proyecto Sistema Contra Incendio” se indican la localización de los diferentes dispositivos de seguridad y se muestran en el **Anexo A**.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 184 de 191
---	--	---

10.2. MEDIDAS PREVENTIVAS

Como medidas preventivas para prever el deterioro al medio ambiente se consideran las siguientes:

Antes de la puesta en operación de la planta se realizarán las siguientes actividades:

1. Verificación de montaje de equipos, líneas e instrumentos de acuerdo a lo indicado en el proyecto mecánico.
2. Realización de pruebas de hermeticidad en los diferentes circuitos.
3. Realización de pruebas de funcionamiento de los dispositivos de medición y de seguridad.
4. El personal se capacitará en:
 - Conocimiento de las propiedades del gas LP.
 - Ejecución de las diferentes operaciones que se llevan a cabo en la planta.
 - Acciones que debe realizar para la atención de contingencias (fugas e incendio).
 - Manejo de extintores e hidrantes.
 - Primeros auxilios.

Durante la operación de la planta se realizarán las siguientes actividades.

1. Revisión de equipos y dispositivos de medición y de seguridad.
2. Mantenimiento preventivo a equipos y dispositivos de medición y de seguridad.
3. Mantener orden y limpieza en las áreas de trabajo.
4. Llevar a cabo simulacros para atención de contingencias.
5. Administración de cambios de equipos e instrumentos.
6. Estudios de integridad mecánica de líneas y equipos.

Por último, como medida preventiva se propone el siguiente programa de mantenimiento:

Mantenimiento Diario:

- Limpieza exterior de la mica del registro (medidores)
- Revisión ocular (mangueras)
- Revisión ocular del acoplador (mangueras)

Mantenimiento Semanal:

- Revisión ocular (fugas y capuchones) (mangueras)
- Revisión ocular (fugas) (tuberías)

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 185 de 191
---	--	---

Mantenimiento Quincenal:

- Revisión de la tensión de las bandas (bombas)
- Revisión de la tensión de las bandas (compresor)
- Lubricar con glicerina (mangueras)

Mantenimiento Mensual:

- Verificación de continuidad a tierra (recipientes de almacenamiento)
- Medición de la eficiencia de bombeo (bombas)
- Verificación de continuidad a tierra (bombas)
- Verificación de continuidad a tierra (compresor)

Mantenimiento Tres Meses:

- Limpieza del filtro de bombas.
- Limpieza del filtro de compresoras.

Mantenimiento Seis Meses:

- Pintado de tanque de almacenamiento (donde este dañada la pintura).
- Pintado de bombas (donde este dañada la pintura).
- Pintado de compresor (donde este dañada la pintura).
- Pintar en el suelo sentido de circulación.

Mantenimiento Doce Meses:

- Revisar impermeabilidad de los techos.
- Lavar cisterna.
- Pintura tuberías.
- Verificación del sistema de tierras.

Mantenimiento Dieciocho Meses:

- Reemplazo bandas de impulsión de bombas.
- Reemplazo bandas de impulsión de compresor.

Mantenimiento Veinticuatro Meses:

- Reemplazo del manómetro (recipientes de almacenamiento)
- Reemplazo del termómetro (recipientes de almacenamiento)
- Reemplazo obligatorio de los coples flexibles (bombas)
- Reemplazo de coples flexibles (compresor)

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 186 de 191
---	--	---

- Reemplazo obligatorio (mangueras)

Mantenimiento Treinta Meses:

- Pintado total desde primario (recipientes de almacenamiento).
- Pintado total desde primario (bombas).
- Mantenimiento mayor en el taller (bombas).
- Pintado total desde primario (compresoras).
- Mantenimiento mayor en el taller (compresor).

Mantenimiento Sesenta Meses:

- Medición ultrasónica de espesor (recipientes de almacenamiento)
- Reemplazo válvulas de exceso de flujo (a recipientes de almacenamiento)
- Reemplazo válvulas de no-retroceso (a recipientes de almacenamiento)
- Reemplazo obligatorio válvulas de seguridad (recipientes de almacenamiento)
- Reemplazo obligatorio (mangueras)
- Pintar exterior de las construcciones (construcciones y urbanización)
- Pintar interior de las construcciones (construcciones y urbanización)
- Pintura total desde primario (tuberías)
- Reemplazo obligatorio espárragos de bridas (tuberías)
- Reemplazo obligatorio empaques de las bridas (tuberías).
- Lubricación del compresor y bomba, según fabricante.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 187 de 191
---	---	--

10.3. RECOMENDACIONES

No.	Recomendación	Identificación del nodo o sistema	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de riesgo		Responsable	Nivel de riesgo
				No.	Descripción		
1	Implementar programa de inspección de líneas y equipos	Todos los equipos de proceso	Integridad mecánica y aseguramiento de la calidad.		Fuga de gas LP por corrosión.		B
2	Capacitar al personal en la atención de fugas de gas LP	Todos los equipos de proceso	Competencia del personal, capacitación y entrenamiento.		Fuga de gas LP por corrosión.		B
3	Capacitar al personal en la aplicación del procedimiento de operación para trasvase de gas LP de semirremolque a recipientes de Almacenamiento.	Semirremolque	Competencia del personal, capacitación y entrenamiento.	5.1.1	Fuga de gas LP por represionamiento de semirremolque.		B
4	Capacitar al personal en la aplicación del procedimiento de operación para la carga de gas LP a autotanque.	Autotanque	Competencia del personal, capacitación y entrenamiento.	10.1.1	Fuga de gas LP por represionamiento de autotanque.		B
5	Adicionar medidor de flujo volumétrico en líneas de suministro de gas LP	Autotanque	Control de actividades y proceso.	10.3.1	Fuga de gas LP por represionamiento debido al sobrellenado del autotanque.		B
6	Adicionar válvulas de relevo de presión hidrostática a línea de gas LP líquido	Línea de gas LP líquido de 76 mm de diámetro	Control de actividades y proceso.	14.5.1	Fuga de gas LP por expansión térmica.		B

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216



Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos

Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo

Proyecto: Riviera I
Fecha: Enero-2021
Rev. 0
Página: 188 de 191

Escenario de riesgo	Recomendaciones por implementar				Fecha o periodo para su implementación
	No.	Nivel de riesgo	Recomendación	Responsable	
Fuga de gas LP por corrosión.	1	B	Implementar programa de inspección de líneas y equipos.		
Fuga de gas LP por corrosión.	2	B	Capacitar al personal en la atención de fugas de gas LP.		
Fuga de gas LP por represionamiento de semirremolque.	3	B	Capacitar al personal en la aplicación del procedimiento de operación para trasvase de gas LP de semirremolque a recipientes de Almacenamiento.		
Fuga de gas LP por represionamiento de autotank.	4	B	Capacitar al personal en la aplicación del procedimiento de operación para la carga de gas LP a autotank.		
Fuga de gas LP por represionamiento debido al sobrellenado del autotank.	5	B	Adicionar medidor de flujo volumétrico en líneas de suministro de gas LP.		
Fuga de gas LP por expansión térmica.	6	B	Adicionar válvulas de relevo de presión hidrostática a línea de gas LP líquido.		

Gas del Caribe S.A. de C.V.

Av. Paseo de la Reforma 222, Torre 1, oficina 129, Col. Juárez, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06600, CDMX
Tel. 55 1253 7216

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 189 de 191
---	--	---

11. CONCLUSIONES

La Planta de Distribución de Gas Licuado de Petróleo se encuentra ubicada en el predio denominado “TZEK-EL”, Fracción V de la Sección I, Manzana 021, Lote 016, ubicado en Playa del Carmen, Municipio Solidaridad, Estado de Quintana Roo.

El predio del proyecto no se encuentra colindante con asentamientos humanos, áreas naturales protegidas, zonas de reserva ecológica y cuerpos de agua. La zona de asentamientos humanos más cercana al predio es el club de playa Maroma Beach, ubicada a 1.9 Km de distancia aproximadamente.

El cuerpo de agua más cercano es el mar Caribe, localizado aproximadamente a 2.3 kilómetros de distancia.

La zona no es susceptible a fenómenos naturales tales como: Terremotos, corrimientos de tierra, derrumbamientos o hundimientos, erosión o riesgos radiológicos, aunque es bien sabido que el estado de Quintana Roo es una zona de huracanes y tormentas tropicales, con sus consecuentes inundaciones y escurrimientos. Por ello, será necesario tomar medidas en caso de una contingencia como huracán o tormenta tropical.

En lo referente a la localización de los equipos cumplen con las distancias recomendadas por la NOM-001-SESH-2014.

El análisis HAZOP identifico los siguientes escenarios de riesgo:

- Relevos de PSVs por sobrellenado de recipientes de almacenamiento y autotank.
- Fugas de gas LP en uniones bridadas o roscadas por alta presión debido a descarga bloqueada en las operaciones de trasvase de semirremolque a recipientes de almacenamiento y operaciones de llenado de autotank.
- Fugas de gas LP por corrosión.
- Ruptura de manguera por desplazamiento de semirremolque, autotank debido a mala aplicación de procedimientos.

De las figuras 6.1.5-1, 6.1.5-2, 6.1.5-3 y 6.1.5-4 se determina lo siguiente:

- El 83.2.0% de los escenarios de riesgo por fatalidades se clasifica con riesgo bajo y el 16.8% con riesgo medio.
- El 95.0% de los escenarios de riesgo por personas lesionadas se clasifica con riesgo bajo y el 5.0% con riesgo medio.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 190 de 191
---	--	---

- El 95.8% de los escenarios de riesgo por liberación de hidrocarburos se clasifica con riesgo bajo y el 4.2% con riesgo medio.
- El 99.16% de los escenarios de riesgo por daños a bienes se clasifican con riesgo bajo y el 0.84% con riesgo medio.

El análisis detallado de frecuencias determino que los eventos iniciadores de los diferentes escenarios de riesgo están relacionados con error humano durante las operaciones de trasvase de gas LP de semirremolque a recipientes de Almacenamiento y llenado de autotanques, falla de equipos (falla de sellos, corrosión), falla de instrumentos (medidor de nivel, sistema neumático de frenos), etc.

Los eventos con mayor frecuencia son la falla de sellos y falla de instrumentos y se estimó una vez cada diez años, aquí se debe dar énfasis en el programa de mantenimiento preventivo.

Para disminuir el error humano se debe enfocar en la capacitación del personal.

La estimación de consecuencias determinó que los escenarios con diámetros de orificio menores o iguales a 0.6 pulgadas no tienen efectos a componentes ambientales y asentamientos humanos, ya que no rebasan los límites de la propiedad.

Los eventos de ruptura de manguera no tienen efectos a componentes ambientales y asentamientos humanos, ya que no rebasan los límites de la propiedad.

Solo en el caso de que se presente un evento catastrófico se tendrían efectos hacia fuera de los límites de instalación. Aunque la probabilidad de que se presente este evento es muy baja considerando los diferentes sistemas de seguridad con que contará la Planta.

También se determinó que la ubicación de oficinas y caseta de vigilancia son adecuadas respecto a las áreas de proceso como recipientes de almacenamiento, toma de recepción y tomas de suministro.

Para mitigar los eventos de fuga determinados en el Análisis de Riesgo se cuenta con Paro de emergencia eléctrico con acción a paro de motores de bombas de suministro y compresor, Paro neumático con acción de cierre de válvulas con actuador neumático, bloqueo con válvulas manuales, válvulas de exceso de flujo, red de agua contra incendio y extintores a base de polvo químico seco.

Además, se contará con un estricto control para eliminar fuentes de ignición, todos los equipos de proceso estarán aterrizados a una red de tierras, el personal usará ropa de algodón y los vehículos en sus escapes contarán con mata chispas.

	Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos Planta de Distribución de gas LP Riviera I Playa del Carmen-Solidaridad-Quintana Roo	Proyecto: Riviera I Fecha: Enero-2021 Rev. 0 Página: 191 de 191
---	--	---

En base al análisis cuantitativo de riesgos se determinó que el nivel de riesgo de la Planta de Distribución de gas LP localizada en Playa del Carmen, Solidaridad, Quintana Roo es clasificado como bajo.

12. RESUMEN EJECUTIVO

El resumen se presenta en el **Anexo I**.