

CONTENIDO¹

CONTENIDO.....	1
5.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
Descripción General del Proyecto	4
Fecha Programada para el Inicio de Operaciones (proyectos nuevos).....	11
Fecha de Inicio o Reinicio de Operación (instalaciones en operación).....	11
Ubicación del Proyecto.....	11
Criterios, Normas, Códigos.....	13
Descripción de Accesos	15
Autorizaciones Oficiales	16
Programas de Desarrollo Urbano Municipal, Estatal o Nacional	17
Fotografías.....	17
5.1.1.- Proyecto	31
Equipos Principales.....	31
Equipos Auxiliares	34
Características y códigos de diseño.....	35
5.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	38
Descripción Funcional	38
Descripción del Proceso de Carga a Vehículos.....	39
Diagramas Generales	40
Diagramas Específicos	40
Tipo de Proceso	42
Resumen de Sustancias Peligrosas.....	43
5.3.- DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO	45
Aspectos Abióticos	45
Aspectos Bióticos	53
Susceptibilidad de la Zona.....	55
Historial Epidémico y Endémico de Enfermedades Cíclicas	57
Zonas Vulnerables de Población	57
Componentes Ambientales.....	59

¹ La numeración es en base a la Guía Para La Elaboración del Análisis de Riesgo Para el Sector Hidrocarburos (Julio 2020)

Infraestructura Vial e Industrial	60
Uso de Suelo.....	61
5.3.1.- Proyecto	62
Zonas Vulnerables de Población	62
Componentes Ambientales.....	71
Infraestructura Vial e Industrial	71
Uso de Suelo.....	72
5.4.- ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	74
5.4.1.- Identificación de Peligros y Jerarquización de Escenarios de Riesgo	74
5.4.1.2.- Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares	74
5.4.1.3.- Identificación de peligros y de escenarios de riesgo	78
5.4.1.4.- Jerarquización de escenarios de riesgo	81
5.4.2. Análisis cuantitativo de riesgo.....	88
5.4.2.1. Análisis de frecuencias	88
5.4.2.2. Análisis de consecuencias	106
5.5. REPRESENTACIÓN EN PLANOS LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.....	110
5.6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO	111
5.6.1. Análisis de Vulnerabilidad	111
5.6.2. Interacciones de Riesgo.....	121
5.8. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO.....	140
5.8.1. Sistemas de Seguridad	140
5.8.2. Medidas Preventivas	141
5.8.3. Recomendaciones Tecnico-Operativas	144
5.9. CONCLUSIONES	148
5.10. RESUMEN EJECUTIVO.....	152
ÍNDICE DE TABLAS	158
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	160
ÍNDICE DE GRAFICOS	160
ÍNDICE DE DIAGRAMAS	160
ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS	161
ÍNDICE DE PLANOS	161
ANEXOS	162
1. Documentos Oficiales.....	162

2. Autorizaciones Oficiales	163
3. Planos Arquitectónico, Mecánicos, Isométricos y otros	164

5.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto corresponde a una Estación Servicio de Gas Natural Comprimido, en la cual se llevará a cabo la compresión y venta de GNC a vehículos automotores, principalmente de transporte público; la estación se ubicará en un predio con superficie de 2,444.47 m².

El criterio principal para la selección del sitio fue que es un terreno impactado con anterioridad por otras actividades, se ubica a los márgenes de una vialidad importante zona, el creciente parque vehicular que cuenta con este sistema de combustión y la necesidad de consumir un combustible más barato y ecológico.

El Gas Natural será suministrado a la estación por medio de la red de ductos subterráneos que suministran a los hogares a una presión no mayor a los 8 bar; el gas llegará a la Estación de Regulación y Medición (propiedad del proveedor de gas; y este será el único que tendrá acceso a ella y a su manipulación) donde se estabilizará el flujo y se medirá la cantidad que entra. El proyecto estará distribuido por las siguientes áreas:

ESTACION DE REGULACION Y MEDICION (ERM)

El gas natural será suministrado por medio de la red de ductos subterráneos que abastecen a los hogares a una presión no mayor a los 8 bar; llegará a la ERM (propiedad del proveedor de gas; y este será el único que tendrá acceso a ella y a su manipulación) odorizado y en óptimas condiciones de acuerdo con la NOM-0010-ASEA-2016; en la ERM se estabilizará el flujo del gas y se medirá la cantidad que entra.

La ERM se ubicará en el predio del proyecto cerca de la interconexión del distribuidor en un espacio separado del sistema de compresión; la función de esta será evitar que la conexión afecte la red de distribución generando fenómenos de contra presión o vacío; además de que contará con un sistema de medición.

RECINTO DE COMPRESION

Este recinto se encontrará a nivel de piso terminado con piso de concreto armado, delimitado y protegido por muros de block reforzados para resistir y contener explosiones; contará con acceso peatonal con puerta abatible equipada con barras de pánico.

En el recinto se encontrarán los siguientes equipos:

1.- Compresores. - Se contará con 1 compresor, los cuales procesarán el gas que viene de la ERM para elevar su presión original de 7 bar hasta 250 bar; funcionan con motor eléctrico que hace girar los pistones para comprimir el gas.

Ilustración 1. Compresor



2.- Panel Eléctrico y de Control. – Controlará la fuente de alimentación y las funciones del compresor mediante secuencias electromecánicas dependiendo de la etapa, demanda, presión y volumen suministrado.

Ilustración 2. Panel Eléctrico y de Control



3.- Panel de Prioridades. – Gestionará la distribución del gas natural comprimido desde el compresor hasta el almacenamiento; y de este a los dispensarios al vaciar los sectores de almacenamiento de la mejor manera posible y mediante el uso de diferentes líneas de llenado.

Ilustración 3. Panel de Prioridades

4.- Equipo de Almacenamiento. - La unidad de almacenamiento estará conformada por baterías de cilindros que puede variar en número y capacidad; cumplirán con la función de pulmón o cascada para garantizar el suministro y presión constante, fabricados en acero al molibdeno.

Ilustración 4. Pulmón o cascada

Las características de la unidad de almacenamiento son las siguientes:

Tabla 1. Características del almacenamiento

Nombre	Características	Capacidad por cilindro	Total Almacenado	Combustible Almacenado
Unidad de Almacenamiento (Pulmón o Cascada)	Cilindros verticales para almacenar un total de 42 piezas fabricados en Acero de Molibdeno	80 litros aguas	3,360 litros agua	Gas Natural

5.- Purga/Blow Down (Tanque de Recuperación). - Tendrá como función general minimizar los cambios de presión del gas en la línea de entrada durante la aspiración del compresor y recuperar el gas de los cilindros y compresores cuando se detiene la máquina; de esta forma, el gas residual que queda en la tubería de los compresores no fluye a la atmósfera.

El gas llegará al tanque en tubería de acero al carbono y tendrá un volumen suficiente para almacenar el gas descargado de los cilindros y de los separadores durante la compresión, al producirse la detención de las máquinas y estará diseñado para una presión máxima de trabajo de acuerdo con las especificaciones del compresor.

Ilustración 5. Purga/Blow Down

ABASTECIMIENTO O DESPACHO

En esta área se suministrará el combustible a los vehículos proveniente del recinto de compresión mediante tuberías de acero inoxidable.

El suministro se llevará a cabo mediante 3 equipos de despacho llamados surtidores o dispensarios y serán de alto flujo; cada uno tendrá dos posiciones de carga para el servicio de los vehículos.

Ilustración 6. Surtidores o dispensarios



El llenado a los vehículos será mediante mangueras flexibles de alta resistencia, las cuales operarán a una presión de 200 bar.

Los surtidores se instalarán sobre islas con características establecidas en la norma aplicable para el desarrollo de estaciones de servicio de gas natural comprimido. El piso de esta área será de concreto armado, delimitado por una guarnición a nivel de piso, que coincide con la proyección de la cubierta; la cubierta es de lámina galvanizada con pendiente hacia el centro para la captación de agua pluvial, sin plafón ni marquesina, y lámparas anti-exposición; todo soportado en una estructura de acero.

ENFRIAMIENTO

Esta área se ubicará en un espacio separado de los otros equipos; se contará con dos equipos de enfriamiento de agua, su función el enfriamiento de los compresores.

También en esta área se encontrarán los compresores de aire.

Ilustración 7. Equipos de enfriamiento

CUARTO ELECTRICO

Se ubicará en un espacio separado de los demás equipos de la estación al oeste del recinto de compresión.

PATIO DE MANIOBRAS Y ESTACIONAMIENTO

Es el área destinada para la circulación interior de los vehículos; estará conformada por una capa de asfalto de 15 cm de espesor sobre una capa con 25 cm de material tipo sub-base compactado al 98% pp.

La zona destinada para el estacionamiento interior de los vehículos se localizará frente al edificio administrativo y de servicios y estará ubicado de tal forma que la entrada o salida de cualquier vehículo a estacionarse no interfiera con la libre circulación de los demás, ni afecte a los ya estacionados. El número de lugares es superior al indicado en el reglamento de construcción y cuenta con un espacio para discapacitados.

EDIFICIO ADMINISTRATIVO Y DE SERVICIOS

Se ubicará al sureste del predio y contará con las áreas de SITE, bunker, oficinas, comedor, baño, sanitarios públicos, almacén, cuarto de basura y Vigilancia.

Los materiales con los que estarán contruidos serán en su totalidad resistentes al fuego, ya que se usarán prefabricados de cemento y concreto en lozas y muros, con puertas y ventanas metálicas.

Ilustración 8. Distribución de Áreas



Nota: Los extractos del plano arquitectónico no se encuentran a escala.

FECHA PROGRAMADA PARA EL INICIO DE OPERACIONES (PROYECTOS NUEVOS)

Aun no se cuenta con fecha

FECHA DE INICIO O REINICIO DE OPERACIÓN (INSTALACIONES EN OPERACIÓN)

No aplica el proyecto es nuevo

UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se situará en la Av. Hidalgo No. 1899 Poniente, Manzana 1, Colonia Primitivo, C. P. 27000, Municipio de Torreón, Estado de Coahuila de Zaragoza; la ubicación específica y sus coordenadas Geográficas y Universal Transversal Mercator (UTM) del proyecto son:

Ilustración 9. Ubicación del Proyecto

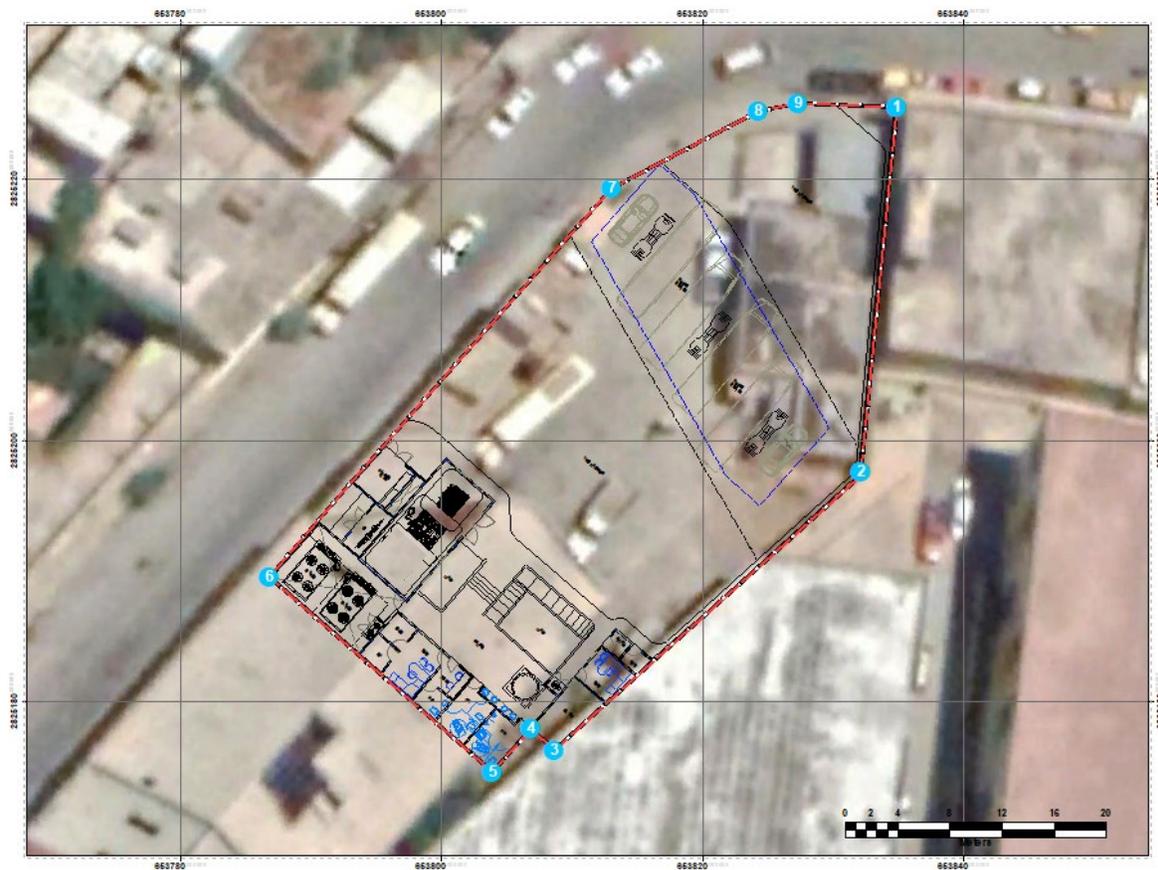


Tabla 2. Coordenadas del Proyecto

VÉRTICES	SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRAFICAS PROYECCION WGS 84 EN GRADOS DECIMALES		SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRAFICAS PROYECCION WGS 84 EN UTM	
	LONGITUD O	LATITUD N	X	Y
1	-103.468921	25.536351	653834.92	2825225.53
2	-103.468951	25.536100	653832.17	2825197.64
3	-103.469187	25.535910	653808.67	2825176.28
4	-103.469205	25.535924	653806.84	2825177.91
5	-103.469235	25.535895	653803.93	2825174.59
6	-103.469403	25.536032	653786.83	2825189.55
7	-103.469138	25.536298	653813.11	2825219.35
8	-103.469026	25.536350	653824.31	2825225.27
9	-103.468996	25.536356	653827.31	2825225.89
Altitud			1,140 msnm	



Plano 1. A y B Localización Macro y Micro

CRITERIOS, NORMAS, CÓDIGOS...

Por tratarse de una Estación Servicio de Gas Natural Comprimido; el diseño, operación y mantenimiento se basa en lo siguiente:

LEYES

- a) Ley de la Comisión Reguladora de Energía.
- b) Ley de la Comisión Nacional de Hidrocarburos.
- c) Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).
- d) Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).
- e) Ley Federal del Trabajo.
- f) Ley General de Salud.
- g) Ley de Protección Civil.
- h) Leyes y reglamentos del municipio o del estado, aplicables a los temas no cubiertos
- i) en estas Especificaciones.

REGLAMENTOS

- a) Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico.
- b) Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental.
- c) Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos.
- d) Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.
- e) Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Protección y Control de la Contaminación de la Atmósfera.
- f) Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.
- g) Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia contra la Contaminación Originada por la Emisión de Ruido.
- h) Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente del Trabajo de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

NORMAS

- a) NOM-001-SECRE-2010, Especificaciones del gas natural.
- b) NOM-002-SECRE-2010 - Instalaciones para el Aprovechamiento del Gas Natural
- c) NOM-006-SECRE-1999, Odorización de gas natural.
- d) NOM-007-SECRE-2010, Transporte de gas natural.
- e) NOM-010-SECRE-2002, Gas Natural Comprimido para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad para estaciones de servicio.
- f) NOM-011-SECRE-2000, Gas Natural para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad en instalaciones vehiculares.
- g) NOM-010-ASEA-2016, Gas Natural Comprimido (GNC). Requisitos mínimos de seguridad para Terminales de Carga y Terminales de Descarga de Módulos de almacenamiento transportables y Estaciones de Suministro de vehículos automotores.
- h) NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.
- i) NOM-022-STPS-2015, Electricidad estática en los centros de trabajo-condiciones de seguridad.
- j) NOM-026-STPS-2008, Colores y Señales de Seguridad e Higiene, e Identificación de Riesgos por Fluidos Conducidos en Tuberías.
- k) NOM-027-STPS-2008, Actividades de soldadura y corte - condiciones de seguridad e higiene.
- l) NOM-031-STPS-2011, Construcción-Condiciones de seguridad y salud en el trabajo.
- m) NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas.
- n) NOM-008-SCFI-1993, Sistema general de unidades y medidas.

CODIGOS

- a) ASME B 16.5: Especificaciones y dimensiones de bridas y conexiones.
- b) ASME B 16.9: Fabricación de conexiones en acero, soldables y de embutir.
- c) ASME B 31.8: Sistemas de tuberías de distribución y transporte de gas.
- d) ASME Sección VIII, Div.1: Reglas para la construcción de recipientes a presión.
- e) NACE RP-01-69-92: Sistemas de control de la corrosión externa en tuberías,
- f) NACE RP01-77-83: Sistemas de Mitigación de los efectos de la corriente alterna en sistemas de control de corrosión y estructuras metálicas.
- g) CSAC 22.3 No. 6 M91: Principios y prácticas de coordinación eléctrica entre tuberías y líneas de transmisión eléctrica.
- h) ASTM B 16.5: Conexiones bridadas y bridas en tuberías.

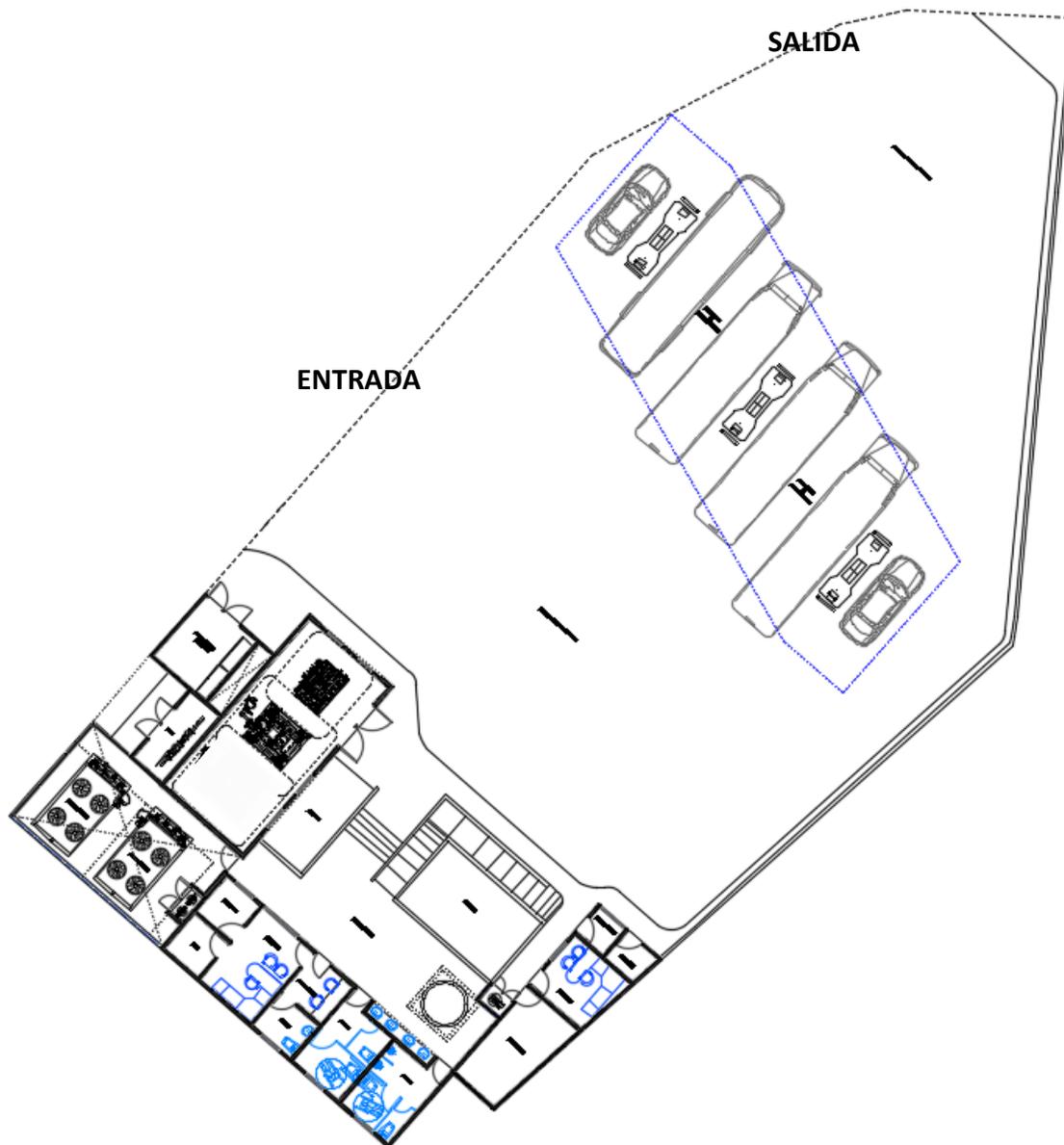
- i) ASTM A 53: Tubos de Acero, negros y galvanizados en caliente.
- j) ASTM A 105: Especificación de acero, contenido de carbono y materiales aleantes.
- k) ASTM A 193: Materiales para espárragos y tornillería para servicio en alta temperatura.
- l) ASTM A 194: Materiales para espárragos y tuercas para servicio en media y alta temperatura.
- m) ASTM A 234: Especificación de materiales para aceros en servicio en temperaturas media y alta.
- n) API 1104: Estándar para soldadura de tuberías e instalaciones relacionadas.
- o) API 5L1: Práctica recomendada para el transporte y manejo de materiales de tuberías.
- p) API 6D: Válvulas en tuberías, tapones, conectores y accesorios.
- q) EPA: Environmental Protection Agency.
- r) NEMA: National Electric Manufactures Association.
- s) NEC: National Electric Code.
- t) NTIE: Normas Técnicas para instalaciones eléctricas.
- u) AIEE: American Institute Electrical Equipament.
- v) NSPM AVII 30, Instalación eléctrica a prueba de explosión.
- w) NSPM C1.1 y C1.2, Válvulas de alivio de presión.
- x) NSPM A1-1, Inspecciones y mantenimiento a extintores.
- y) NFPA 69: Explosion Prevention Systems.
- z) NFPA 328: Manholes, Sewers and Similar Underground Structures.
- aa) NFPA 5113: Cutting and Welding Processes.
- bb) ACI: American Concrete Institute.
- cc) CFR: Code of Federal Regulations for the Transportation of Natural and other Gas by Pipeline, U.S. Departament of Transportation, octubre 1992.

DESCRIPCIÓN DE ACCESOS

Por el lindero oeste en la Av. Hidalgo se encontrará el acceso a la estación de servicio, se contará con reductores de velocidad y marcado con “cebras” para protección a peatones.

En el lindero norte se encuentra la salida, de igual forma con reductores de velocidad y marcado con “cebras”.

Ilustración 10. Extracto de Plano Arquitectónico del Proyecto (Accesos)



AUTORIZACIONES OFICIALES

Se anexan autorizaciones oficiales en apartado de anexos.

PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO MUNICIPAL, ESTATAL O NACIONAL

De acuerdo con la Licencia de Uso de Suelo con número de oficio: **DGOTU/DAU/01174/19**, expediente: **05T/0798-19/U10.2.4**, de fecha 9 de julio de 2019, el Uso de Suelo para el predio del proyecto es **CU1.1 CORREDOR URBANO, HABITACION, COMERCIO Y SERVICIOS**; donde el uso pretendido está **CONDICIONADO** a cumplir con los Lineamientos de Imagen Urbana de la Reglamentación correspondiente, Sujeto a Factibilidad de Servicio e Impacto Vial, Sujeto a Estudio de Impacto Urbano y Sujeto a Estudio de Impacto Ambiental.



Nota: Ver documento de Licencia de Uso de Suelo en apartado ANEXOS.

FOTOGRAFÍAS

Fotografías 1. Fotografías del Predio del Proyecto y su Entorno

VISTA PREDIO



Se observa el predio desde el norte donde se aprecia la colindancia de este con la Av. Hidalgo.



En la fotografía se observa el predio el cual tiene diferentes construcciones en su interior

VISTA NORTE



En la fotografía se observa la colindancia con la Av. Hidalgo

VISTA SUR



Se observa la colindancia desde la Av. Hidalgo con propiedad privada correspondiente a unas bodegas.



Se observa la colindancia desde el interior del predio.

VISTA ESTE



Se observa la colindancia desde la Av. Hidalgo con propiedades privadas que tienen un uso comercial.



Se observa la colindancia desde el interior del predio.

VISTA OESTE



Se observa el lindero del predio el cual colindará con la Av. Hidalgo.

ESTADO ACTUAL INTERIOR DEL PREDIO

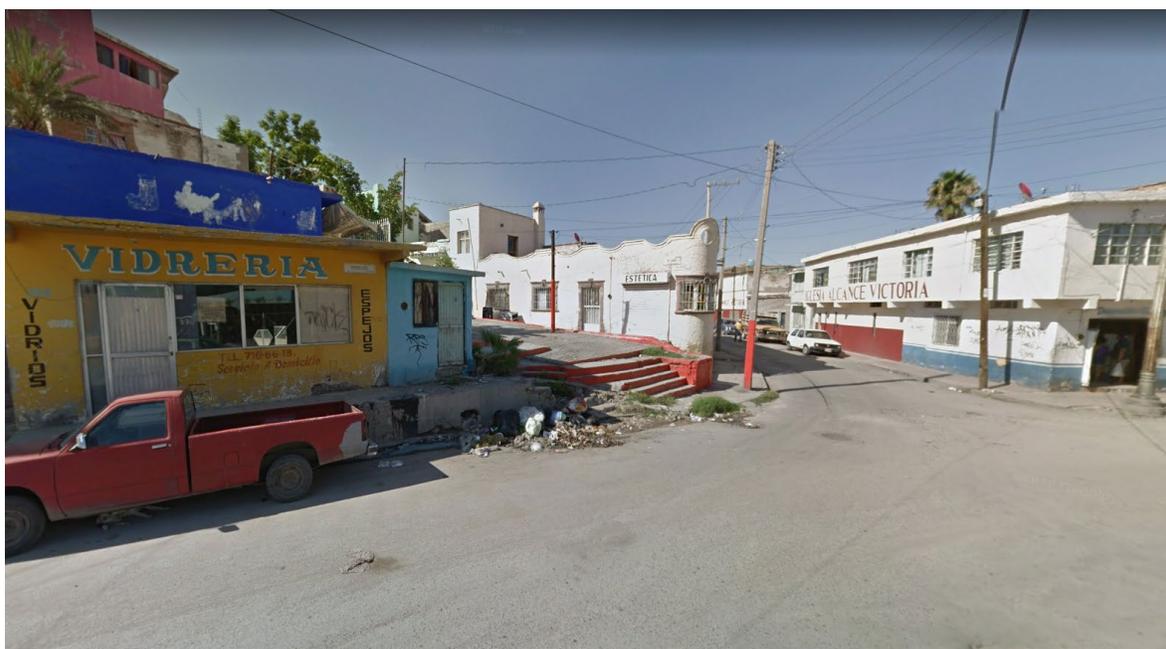






FOTOGRAFIAS DEL ENTORNO

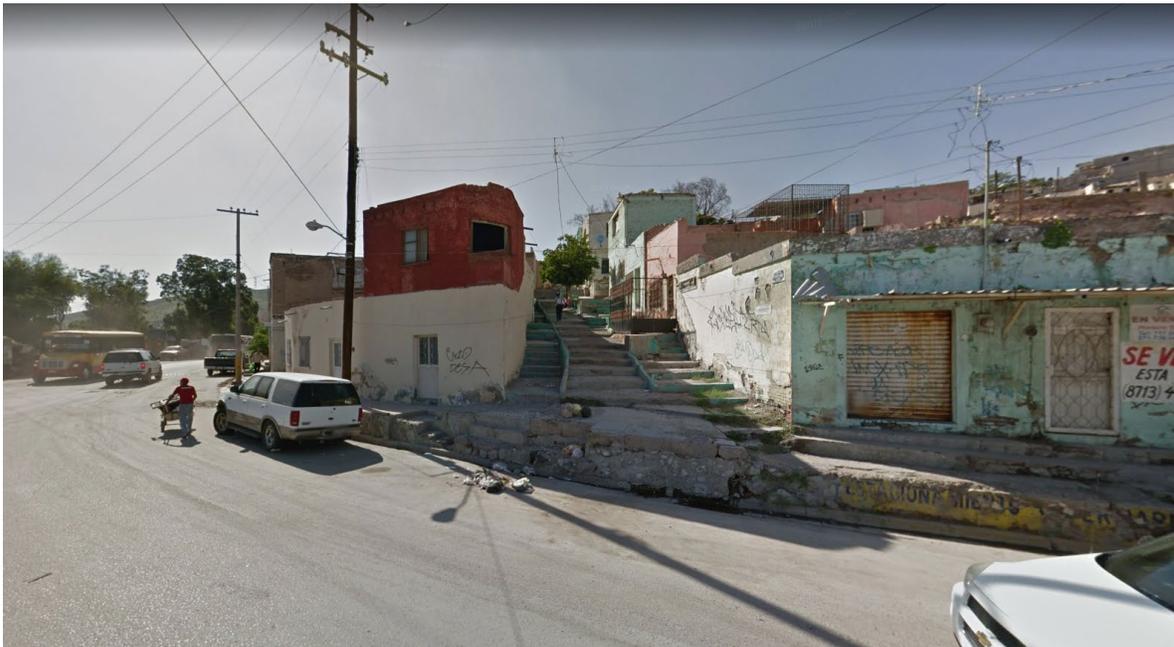
COMERCIOS EN EL ENTORNO







VIVIENDAS EN EL ENTORNO



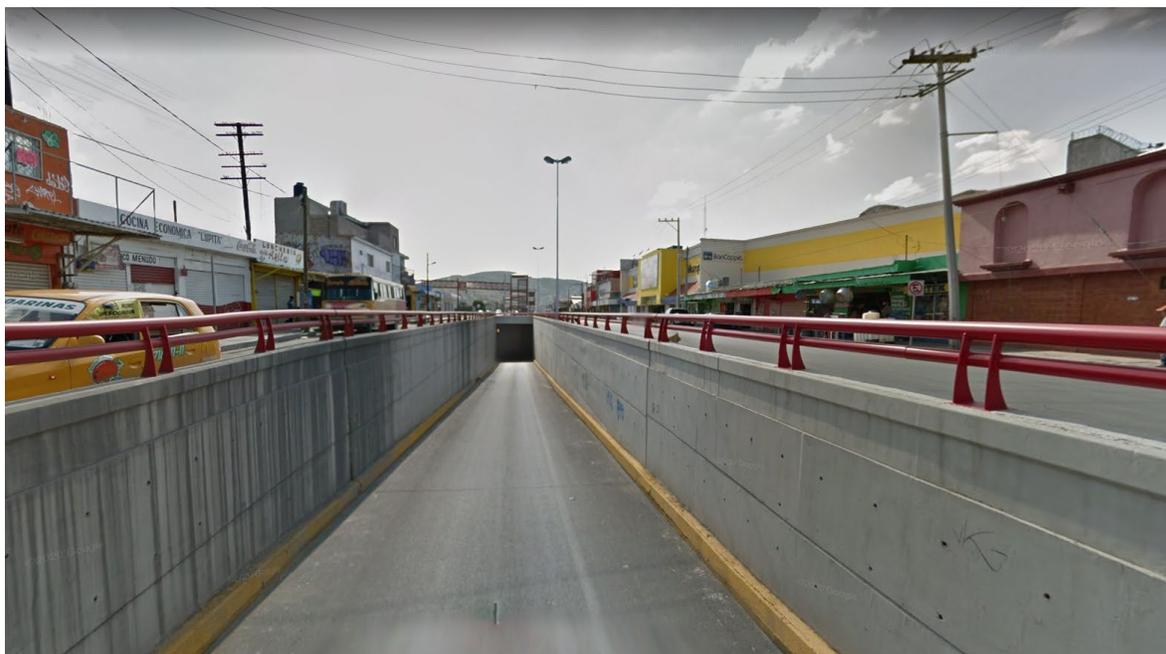


SITIOS DE CONCENTRACION MASIVA

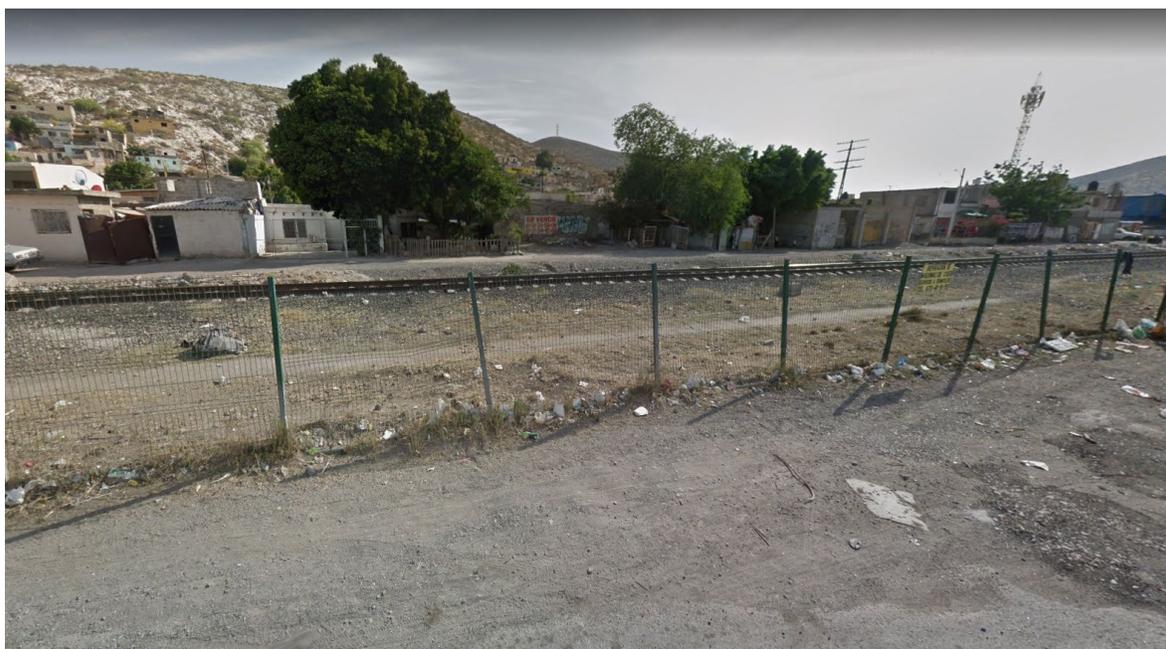


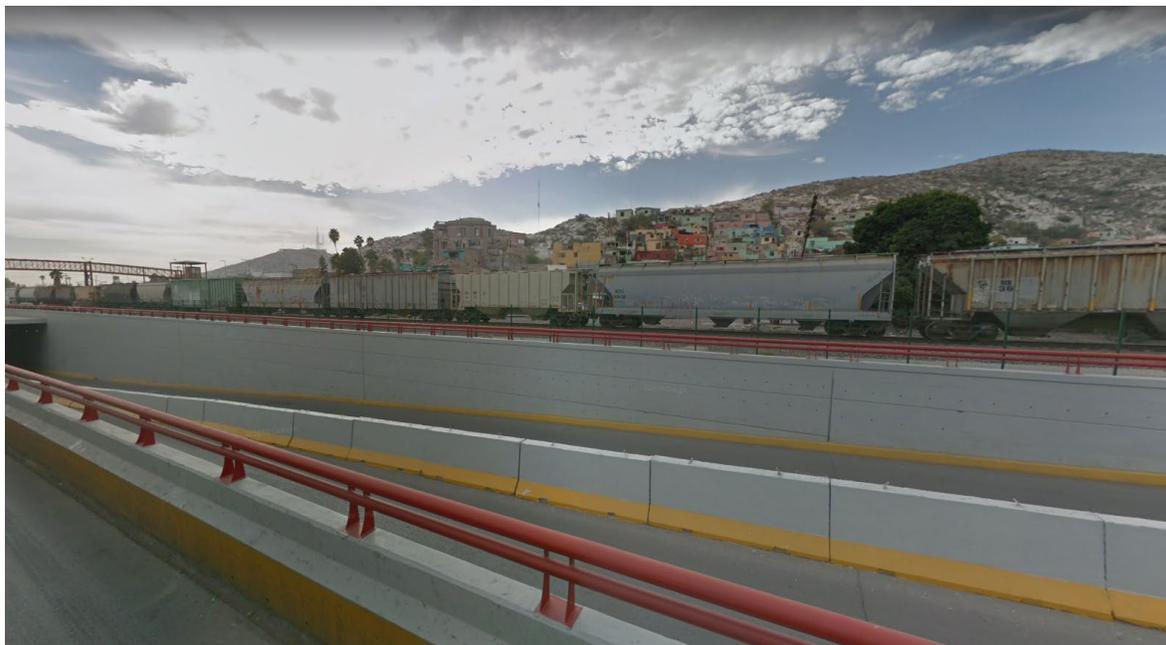


VIALIDADES EN EL ENTORNO



VIAS DEL TREN EN EL ENTORNO





5.1.1.- PROYECTO

EQUIPOS PRINCIPALES

Tabla 3 . Características de EQUIPOS PRINCIPALES

Descripción	TAG	Año de Fab	Capacidad (m ³)	Dimensiones (m)	Código de Diseño	Materiales de Construcción	Sustancia Manejada	Estado Físico de la Sustancia	Presión de Prueba Hidrostática (Kg/cm ²)	Flujo de Diseño y Operación	Presión de Diseño y Operación (Kg/cm ²)	Temperatura de Diseño y Operación ² (°C)	Sistemas de Control, Seguridad y Medios de Contención	Ubicación
										Min/Normal/Max	Min/Normal/Max	Min/Normal/Max		
ESTACION DE REGULACION Y MEDICION	ERM	---	---	1.7 X 3.9	- ASME. - NACE. - CSAC. - ASTM. - API. - EPA. - NSPM. - NFPA. - ACI. - CFR.	Cubierta de chapa con muros de concreto, y puertas metálicas	Gas Natural	Gaseoso	---	2350 sm ³ /hr	7.00	Mínima: 14.6 Normal: 22.7 Máxima: 30.9	- Sistema de medición. - Cuarto separado de los demás equipos. - Tubería de acero al carbón de 4" - El gas que entra esta odorizado. - Válvulas de seguridad. - Filtros. - Manómetros. - Venteos	Ver plano arquitectónico
COMPRESORES	COM-1	---	---	1.78 X 1.95	- NACE. - CSAC. - ASTM. - API. - EPA. - NEMA. - NEC. - NTIE. - AIEE. - NSPM. - NFPA.	Acero tipo 316 bajo en carbón	Gas Natural	Gaseoso	---	2350 sm ³ /hr	254.92	Mínima: 14.6 Normal: 22.7 Máxima: 30.9	- Sistema de enfriamiento de aire-agua. - Panel de control eléctrico. - Cables de interconexión. - Filtros. - Bloques anti vibrantes y tubos flexibles. - Transmisor e indicador de presión. - Transmisor de temperatura. - Válvulas de seguridad. - Válvulas automáticas. - Motor eléctrico separado. - Sistema de paro de emergencia. - Sistema de detectores de mezclas explosivas.	Recinto de Compresión (Ver plano arquitectónico)

² Las temperaturas por considerar para la operación corresponden a las Normales 1981-2010 de la zona donde se establece el proyecto, Estación Meteorológica No. 5026 con nombre PRESA COYOTE, ubicada en el Municipio de Torreón, Estado de Coahuila de Zaragoza a unos 650 m aprox. al norte del proyecto y pertenece a la CONAGUA.

Descripción	TAG	Año de Fab	Capacidad (m ³)	Dimensiones (m)	Código de Diseño	Materiales de Construcción	Sustancia Manejada	Estado Físico de la Sustancia	Presión de Prueba Hidrostática (Kg/cm ²)	Flujo de Diseño y Operación	Presión de Diseño y Operación (Kg/cm ²)	Temperatura de Diseño y Operación ³ (°C)	Sistemas de Control, Seguridad y Medios de Contención	Ubicación
PANEL ELECTRICO Y DE CONTROL	PCE	---	---	0.4 X 1.0	- NACE. - CSAC. - EPA. - NEMA. - NEC. - NTIE. - AIEE. - NSPM. - NFPA.	Cubierta de lámina metálica soportada por estructura	---	---	---	---	---	Mínima: 14.6 Normal: 22.7 Máxima: 30.9	- Cables de alimentación de 3 fases más neutro. - Arranque automático. - Paro automático. - Reinicio para emergencia. - Display de visualización de eventos, alarmas y parámetros de funcionamiento. - Control de secuencias electromagnéticas. - Sistema de paro de emergencia.	Recinto de Compresión (Ver plano arquitectónico)
PANEL DE PRIORIDADES	PP	---	---	---	- ASME. - EPA. - ASTM. - API. - NEMA. - NEC. - NTIE. - AIEE. - NSPM. - NFPA.	Acero inoxidable	Gas Natural	Gaseoso	---	---	254.92	Mínima: 14.6 Normal: 22.7 Máxima: 30.9	- Válvulas electroneumáticas. - Válvulas de retención. - Válvulas de seguridad. - Válvulas manuales de cierre. - Válvulas manuales de descarga. - Indicador de presión. - Trasmisor de presión. - Reductor de presión. - Paro de emergencia.	Recinto de Compresión (Integrado al pulmón o cascada) (Ver plano arquitectónico)
PURGA/BLOW DOWN	P/BD	---	0.4 ³	---	- ASME. - EPA. - ASTM. - API. - NEMA. - NEC. - NTIE. - AIEE. - NSPM. - NFPA.	Acero al molibdeno de cuello doble	Gas Natural	Gaseoso	254.92	---	254.92 280.42	Mínima: 14.6 Normal: 22.7 Máxima: 30.9	- Válvula de cierre. - Tapón fusible. - Disco de ruptura. - Tuberías y cables de conexión de acero inoxidable. - Paro de emergencia.	Recinto de Compresión (Ver plano arquitectónico)

³ Se conforma por 5 cilindros, cada uno de capacidad de 80 Lt agua.

Descripción	TAG	Año de Fab	Capacidad (m ³)	Dimensiones (m)	Código de Diseño	Materiales de Construcción	Sustancia Manejada	Estado Físico de la Sustancia	Presión de Prueba Hidrostática (Kg/cm ²)	Flujo de Diseño y Operación	Presión de Diseño y Operación (Kg/cm ²)	Temperatura de Diseño y Operación ² (°C)	Sistemas de Control, Seguridad y Medios de Contención	Ubicación
EQUIPO DE ALMACENAMIENTO (Pulmón o Cascada)	PC	---	3.36 ⁴	1.68 X 2.14	- ASME. - EPA. - ASTM. - API. - NEMA. - NEC. - NTIE. - AIEE. - NSPM. - NFPA.	Acero al molibdeno de cuello doble	Gas Natural	Gaseoso	254.92	---	254.92 280.42	Mínima: 14.6 Normal: 22.7 Máxima: 30.9	- Válvula de cierre. - Tapón fusible. - Disco de ruptura. - Tuberías y cables de conexión de acero inoxidable. - Arreglo mecánico para mantener protección contra presión excesiva. - Válvulas de relevo de presión. - Válvulas de purga. - Protección contra corrosión mediante recubrimientos anticorrosivos. - Sistema de paro de emergencia. - Sistema de detectores de mezclas explosivas.	Recinto de Compresión (Ver plano arquitectónico)
TUBERIA BAJA PRESION	BP	---	---	0.10 X 18.2	- ASTM A-106 - NMX-H-22-1989.	Acero al carbón cedula 40 con uniones roscadas	Gas Natural	Gaseoso	4.20	1090 m ³ /h	7.00	Mínima: 14.6 Normal: 22.7 Máxima: 30.9	- Soportes anclados a nivel de piso terminado. - Aislamiento de neopreno. - Sellado a base de teflón. - Camisas de PVC. - Protección contra corrosión. - Válvulas de cierre rápido.	Ver en plano isométrico
TUBERIA ALTA PRESION	AP	---	---	0.02 X 152.38	- ANSI/AGA NGV3.1 1995. - CGA NGV 12.3-M95. - ASTM A213. - ASME B31.3.	Acero inoxidable SS316	Gas Natural	Gaseoso	4.20	1090 m ³ /h	254.92	Mínima: 14.6 Normal: 22.7 Máxima: 30.9	- Válvulas de bola. - Válvulas check. - Válvulas de exceso de flujo. - Manómetros. - Reguladores de presión. - Desfogue.	Ver en plano isométrico
SURTIDORES O DISPENSARIOS	SD-01	---	---	0.67 X 1.12	- ASME. - EPA. - ASTM. - API. - NEMA. - NEC. - NTIE. - AIEE. - NSPM. - NFPA.	Acero revestido	Gas Natural	Gaseoso	254.92	1090 m ³ /h	203.94 254.92	Mínima: 14.6 Normal: 22.7 Máxima: 30.9	- Cabezal electrónico. - Autodiagnóstico. - Paro pará mínimo y máximo de flujo. - Filtros de entrada. - Transductor de presión. - Válvulas break away. - Válvulas de cierre manual. - Luces de funcionamiento (rojo/verde). - Indicador de presión. - Sistema de compensación de temperatura.	Abastecimiento o Despacho (Ver plano arquitectónico)
	SD-02	---	---											

⁴ Se conforma por 42 cilindros, cada uno de capacidad de 80 Lt agua.

Descripción	TAG	Año de Fab	Capacidad (m ³)	Dimensiones (m)	Código de Diseño	Materiales de Construcción	Sustancia Manejada	Estado Físico de la Sustancia	Presión de Prueba Hidrostática (Kg/cm ²)	Flujo de Diseño y Operación	Presión de Diseño y Operación (Kg/cm ²)	Temperatura de Diseño y Operación ⁵ (°C)	Sistemas de Control, Seguridad y Medios de Contención	Ubicación
	SD-03												<ul style="list-style-type: none"> - Tuberías y cables de conexión de acero inoxidable. - Mangueras flexibles de alta resistencia. - Sistema de detectores de mezclas explosivas. - Sistema de paro de emergencia. 	

EQUIPOS AUXILIARES

Tabla 4. Características de EQUIPOS AUXILIARES

Descripción	TAG	Año de Fab	Capacidad (m ³)	Dimensiones (m)	Código de Diseño	Materiales de Construcción	Sustancia Manejada	Estado Físico de la Sustancia	Presión de Prueba Hidrostática (Kg/cm ²)	Flujo de Diseño y Operación	Presión de Diseño y Operación (Kg/cm ²)	Temperatura de Diseño y Operación ⁵ (°C)	Sistemas de Control, Seguridad y Medios de Contención	Ubicación
										Min/Normal/Max	Min/Normal/Max	Min/Normal/Max		
ENFRIADORES	EF-01	---	---	2.47 X 3.27	---	---	Agua	Líquido	---	---	---	Mínima: 14.6 Normal: 22.7 Máxima: 30.9	<ul style="list-style-type: none"> - Radiador de agua. - Ventiladores axiales. - Bomba de agua eléctrica. - Indicador de presión. 	Enfriamiento (Ver en plano isométrico)
	EF-02													
COMPRESOR DE AIRE	CA-01	---	---	0.60 X 1.30	---	---	Aire	Gaseoso	---	---	---	Mínima: 14.6 Normal: 22.7 Máxima: 30.9	- Válvulas de seguridad	Ver plano arquitectónico
GENERADOR DE ENERGIA	GE	---	---	0.60 X 3.20	---	---	---	---	---	---	---	Mínima: 14.6 Normal: 22.7 Máxima: 30.9	- Paro automático	Cuarto Eléctrico (Ver plano arquitectónico)

⁵ Las temperaturas por considerar para la operación corresponden a las Normales 1981-2010 de la zona donde se establece el proyecto, Estación Meteorológica No. 5026 con nombre PRESA COYOTE, ubicada en el Municipio de Torreón, Estado de Coahuila de Zaragoza a unos 650 m aprox. al norte del proyecto y pertenece a la CONAGUA.

CARACTERÍSTICAS Y CÓDIGOS DE DISEÑO

Las características y códigos de diseño de los diferentes sistemas son:

a. Cuarto de control:

Ubicación	Ver en Plano Arquitectónico.
Dimensiones	Ver en Plano Arquitectónico.
A prueba de explosión (Si/No)	Si.
Sistema de presión positiva (Si/No)	No.
Control de temperatura	No.
Tipo de agente extintor	Extintores con Bióxido de Carbono CO2.
¿Existen personas habitualmente en el cuarto de control? (Si/No)	No.

b. Sistemas de Aislamiento o equipos con riesgos potenciales de incendios, explosión o toxicidad:

Tipo	Dispensarios, compresores y cilindros de almacenamiento de GNC.
Ubicación de las válvulas	En cada uno de los dispensarios, compresores y cilindros de GNC.
Forma de accionamiento de las válvulas	Automática y manual.

c. Sistemas de contención para derrames:

Pendientes	>1%.
Drenajes	No.
Muros de contención	No.
Diques	No.
Tanques de doble pared	No.

d. Sistemas de desfogues:

PSV (Válvulas de alivio de presión)	<p>Se encontrarán en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estación de Regulación y Medición. - Compresor. - Panel de Prioridades. - Purga/Blow Down. - Cilindros en Pulmón o Cascada. - Surtidores o Dispensarios. - Compresor de Aire.
A donde están dirigidos los desfogues	Hacia la atmosfera.

e. Sistemas de instrumentación:

Especificaciones	El proyecto deberá cumplir con lo establecido en la NOM-010-ASEA-2016, Gas Natural Comprimido (GNC). Requisitos mínimos de seguridad para Terminales de Carga y Terminales de Descarga de Módulos de almacenamiento transportables y Estaciones de Suministro de vehículos automotores en cuanto a lo establecido en los sistemas de instrumentación.
-------------------------	---

f. Sistemas contra incendios:

Ubicación	Ver en Plano Arquitectónico.
Díámetro de la red vs incendio	No.
Sistemas de aspersión	No.
Hidrantes	No.
Tomas siamesas	No.
Válvulas de seccionamiento	No.
Cámaras de espuma	No.
Capacidad del tanque de agua vs incendio	No.
Tipo y número de bombas vs incendio	No.
Ubicación de extintores	Ver en Plano Arquitectónico.

g. Sistemas de detección de gas y fuego:

Ubicación	<p>SISTEMA DE DETECCION DE MEZCLAS EXPLOSIVAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Almacenamiento. - Compresor. - Dispensarios. <p>SISTEMA DE DETECCION DE FUEGO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estación de Regulación y Medición. - Recinto de Compresión. - Enfriamiento. - Abastecimiento o Despacho. - Cuarto Eléctrico. - Edificio Administrativo.
Alarmas visuales	Si.
Alarmas audibles	Si.
Estaciones de alarma	Si.
Paros de emergencia	Si.

5.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

El gas procede de la ERM por medio de la tubería de baja presión, a través del compresor alternativo (A), se transfiere al almacenamiento (C) gestionado por el panel de prioridad (B) y se lleva a las condiciones físicas que permiten el desembolso de este a los vehículos a través del distribuidor (D); antes de que el gas llegue al dispensador (D) pasa a través del panel regulador de presión (E) que reduce la presión del gas hasta el máximo permitido para el reabastecimiento de los vehículos.

Fases Funcionales

Fase 1 Inicio de llenado. - Al principio el gas es transportado desde el almacenamiento bajo banco de presión hacia el dispensador a través de la línea de presión (verde) y comienza a llenar el vehículo.

Fase 2 Finalización de llenado. - Cuando la presión del gas en el almacenamiento bajo banco de presión se balancea con el vehículo, el reabastecimiento continúa utilizando el banco de presión del medio de almacenamiento a través de la línea correspondiente (rojo). Cuando la presión del gas en el banco de presión del medio de almacenamiento se equilibra con el vehículo, el relleno se completa utilizando el banco de almacenamiento de alta presión y el compresor directamente a través de la línea de alta presión (violeta).

Fase 3 Recuperar la presión de almacenamiento. - Después del reabastecimiento; cuando los vehículos no están a cargo, el compresor recupera gracias al panel prioritario (B) la presión de los bancos de almacenamiento, asignando mayor prioridad al almacenamiento a alta presión; de esta manera a través de este sistema se mantendrá la presión de almacenamiento lo suficientemente alta para acelerar el reabastecimiento de combustible a los vehículos.

El despacho de GNC a vehículos se hará a través de los SURTIDORES o DISPENSARIOS mediante mangueras que forman parte de estos; estas mangueras se conectan a la boquilla de los tanques de los vehículos por intermedio de una válvula de tres vías y una válvula de llenado instalada en el vehículo; un programa electrónico abre la válvula solenoide del banco de baja hasta igualar la presión con la del vehículo; una vez que se iguala el programa da la orden para que se abra la válvula solenoide de media y posteriormente se abre la válvula de alta presión hasta que el tanque llega a los valores de operación. La presión de llenado estará controlada por un Presostato a 200 bar.

La medición del gas que se despache se realizará por medio de los medidores de flujo másico y será registrado por unos displays electrónicos y contadores mecánicos para obtener el control de la venta.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CARGA A VEHÍCULOS

El proceso se realizará por medio de personal contratado por la empresa, el cual deberá estar debidamente identificado y uniformado; este personal tendrá que seguir en todo momento el protocolo de seguridad establecido para tal fin; los pasos del procedimiento para el suministro a vehículos son:

Paso 1.- Indicar al usuario que se estacione en las posiciones de suministro delimitadas para tal fin.

Paso 2.- Solicitar el apagado total del vehículo y poner el freno de mano de este.

Paso 3.- Supervisar que se cuente con GNC.

Paso 4.- Hacer una inspección visual rápida en el sistema de GNC del vehículo para poder detectar alguna fuga o daño en algún componente.

Paso 5.- Antes de descolgar la manguera se deberá verificar que NO existan Fuentes de Ignición en el entorno o fugas en los equipos.

Paso 6.- Descolgar la manguera de llenado y colocarla en el conector del tanque del vehículo, empujando el seguro hacia la manguera y escuchar el sonido de seguro al momento de cerrar.

Paso 7.- Abrir gradualmente la válvula de llenado hasta permitir el flujo completo.

Paso 8.- Verificar la presión de llenado.

Paso 9.- Una vez alcanza la presión adecuada cerrar la válvula de llenado.

Paso 10.- Realizar la despresurización de manguera mediante un venteo de gas desde la conexión del tanque.

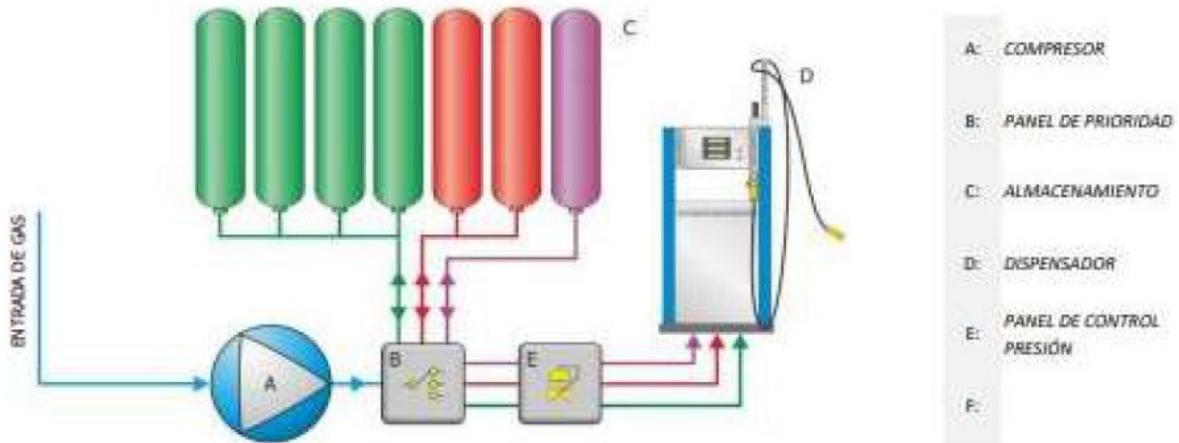
Paso 11.- Colgar manguera de llenado asegurándose de que esta quede perfectamente colgada.

Paso 12.- Indicar al usuario que puede partir.

NOTA: Es de suma importancia que los empleados cumplan con las diferentes medidas de seguridad.

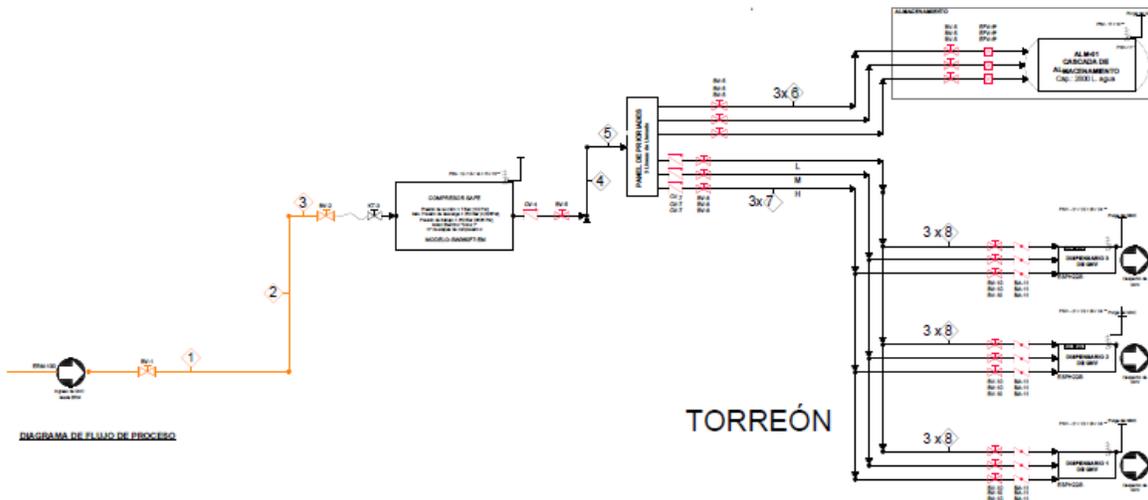
DIAGRAMAS GENERALES

Ilustración 11. Diagrama General del Proceso



DIAGRAMAS ESPECÍFICOS

Ilustración 12. Diagrama de Instalación



TUBERÍA DE A.C. PARA GN BAJA PRESIÓN, DIÁMETRO, PRESIÓN Y ESPESOR INDICADO EN PLANO.

TUBERÍA DE AC. INOX. SS 316 PARA GNC ALTA PRESIÓN, DIÁMETRO, PRESIÓN Y ESPESOR INDICADO EN PLANO.

VÁLVULA DE AISLAMIENTO, TIPO BOLA (BRIDADA)

KIT DE INGRESO AL COMPRESOR

VÁLVULA DE AISLAMIENTO, TIPO BOLA

VÁLVULA DE RETORNO (CHECK)

VÁLVULA DE SEGURIDAD

VÁLVULA BREAK AWAY

VÁLVULA DE EXCESO DE FLUJO

UNIÓN MECÁNICA

INICIO / FIN DE PROCESO

NÚMERO DE LÍNEA
25 m/s

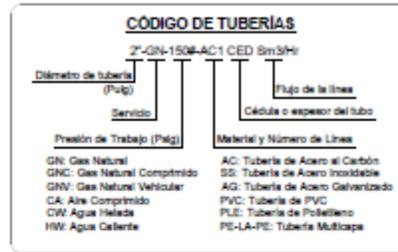
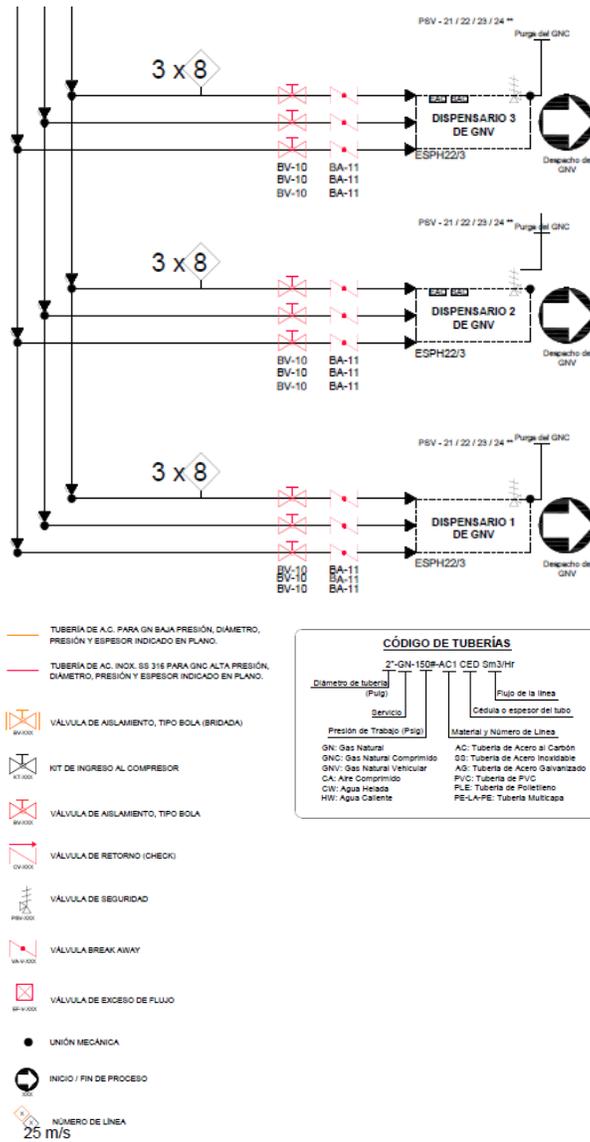


Ilustración 13. Diagrama de Dispensarios



TIPO DE PROCESO

Tabla 5. Tipo de proceso

	Continuo	Por Lotes
Tipo de proceso		X

RESUMEN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS

Tabla 6. Resumen de Sustancias Peligrosas

Nombre Químico (IUPAC)	No. CAS	Riesgo Químico					Flujo en m ³ /h	Concentración	Capacidad Total			Tipo de Almacenamiento	Cantidad de Reporte en el Listado de Actividades Altamente Riesgosas
		C	R	E	T	I			Máxima de Proceso (m ³)	Máxima de Transporte (m ³)	Máxima de Almacenamiento (m ³) ⁶		
Gas Natural	8006-14-2				X	X	2350 m ³ /h	100%	---	---	3.36	Cilindros de Almacenamiento dentro de la Unidad de Almacenamiento (Pulmón o Cascada)	Cantidad de Reporte en Listado 500 kg Tuberías más unidad de almacenamiento 619.026 kg⁷

Nota: Ver Calculo de Masa del Gas en la siguiente página.

⁶ Se considera para este apartado la capacidad de los 42 cilindros que conformarán la unidad de almacenamiento (Pulmón o Cascada), así como el gas que se podría encontrar en las tuberías de baja y alta presión.

⁷ Mediante Calculo de Masa de Gas en Base a la Ley de los Gases Ideales.

El cálculo de la masa del gas se realiza en base a la Ley de los Gases Ideales:

$$m = PM * P * V / (R * T)$$

Donde:

m = masa (kg)

PM = Peso Molecular (kg/mol)

P = Presión (Pa)

V = Volumen (m³)

R = Constante de los gases ideales (J/mol*K)

T = Temperatura (°K)

Consideraciones:

Peso molecular	18.2 g/mol
Temperatura ⁸	30.9 °C

Resumen del cálculo:

Tabla 7. Cálculo de Masa de Gas Natural

	Presión (kg/m ³)	Densidad (kg/m ³)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Volumen (m ³)	Masa (kg)
Tubería de Baja Presión de 4"	7.00	4.94	0.1016	18.20	0.1476	0.729
Tubería de Alta Presión de 1"	254.92	179.88	0.0254	152.38	0.0772	13.889
Unidad de Almacenamiento (Pulmón o Cascada)	254.92	179.88	---	---	3.3600	604.408
TOTAL					3.5848	619.026



Hojas de Datos de Seguridad de Materiales

(SIGUIENTE PAGINA)

⁸ Se considera la temperatura de la zona donde se establece el proyecto, Estación Meteorológica No. 5026 con nombre PRESA COYOTE a unos 650 m aprox. al norte del proyecto.

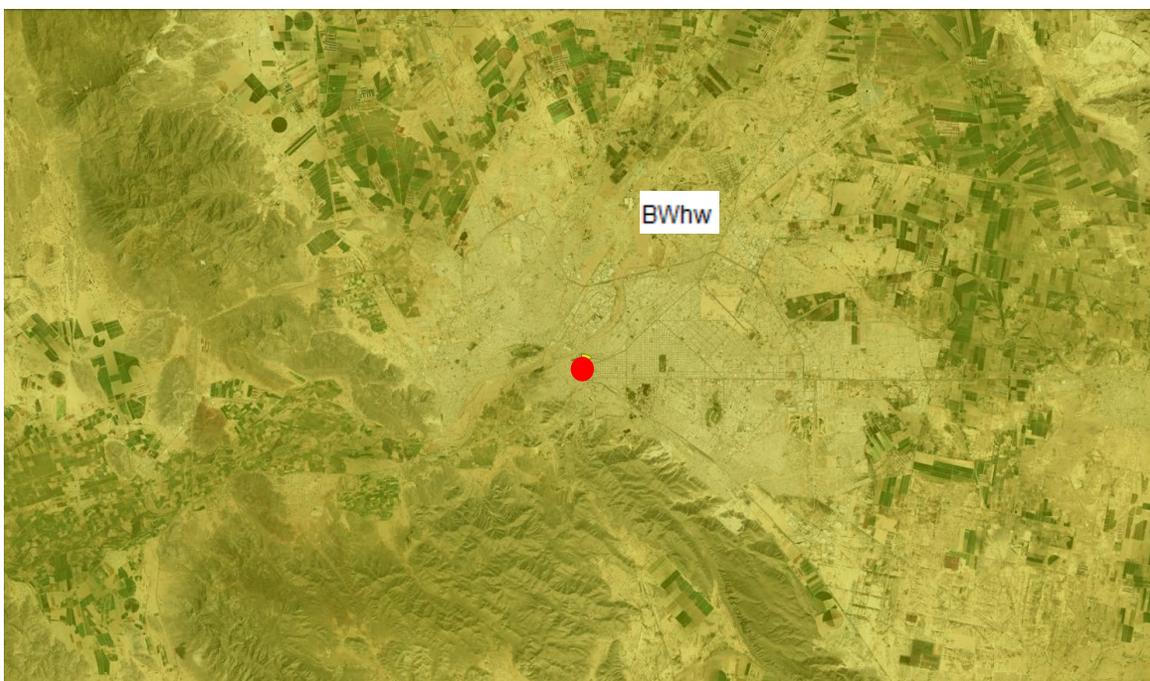
5.3.- DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

ASPECTOS ABIÓTICOS

TIPO DE CLIMA

De acuerdo con información de la CONABIO, el tipo de clima presentado en la zona donde se ubica el proyecto es BWhw el cual es Muy árido, semicálido con temperatura media anual entre 18°C y 22°C, la temperatura del mes más frío menor de 18°C y la temperatura del mes más caliente mayor a 22°C.

Ilustración 14. Tipo de Clima CONABIO



Fuente: CONABIO.

TEMPERATURAS MÁXIMAS, PROMEDIOS Y MÍNIMAS

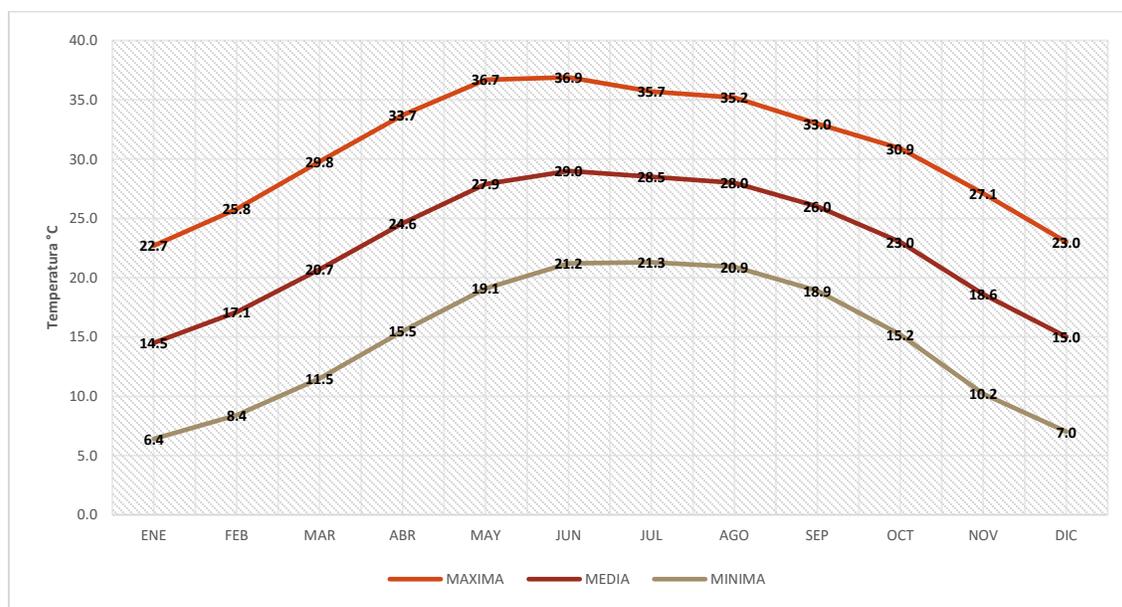
Por otro lado, mediante los datos tomados de la **Estación Meteorológica No. 5026** con nombre **PRESA COYOTE** ubicada en el Municipio de Torreón, Estado de Coahuila de Zaragoza a unos 650 m al norte del proyecto y perteneciente a la CONAGUA, se aprecia que en la zona las temperaturas normales (máxima, media y mínima) durante el periodo 1981 – 2010 pueden estar entre los 30.9 °C y 14.6 °C.

Tabla 8. Histórico de Temperaturas Normales 1981 – 2010

TEMPERATURA °C	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL (°C)
MAXIMA	22.7	25.8	29.8	33.7	36.7	36.9	35.7	35.2	33.0	30.9	27.1	23.0	30.9
MEDIA	14.5	17.1	20.7	24.6	27.9	29.0	28.5	28.0	26.0	23.0	18.6	15.0	22.7
MINIMA	6.4	8.4	11.5	15.5	19.1	21.2	21.3	20.9	18.9	15.2	10.2	7.0	14.6

Fuente: Elaboración propia con base en información del Servicio Meteorológico Nacional.

La temperatura máxima normal la presenta el mes de mayo y de ahí comienza el descenso de esta; el mes que presenta la mayor temperatura media normal es junio y el mes presenta la menor temperatura mínima normal es enero.

Gráfico 1. Histórico de Temperaturas Normales 1981 - 2010

Fuente: Elaboración propia con base en información del Servicio Meteorológico Nacional.

PRECIPITACIÓN

La precipitación para el periodo 1981 – 2010 conforme a la **Estación Meteorológica No. 5026** es:

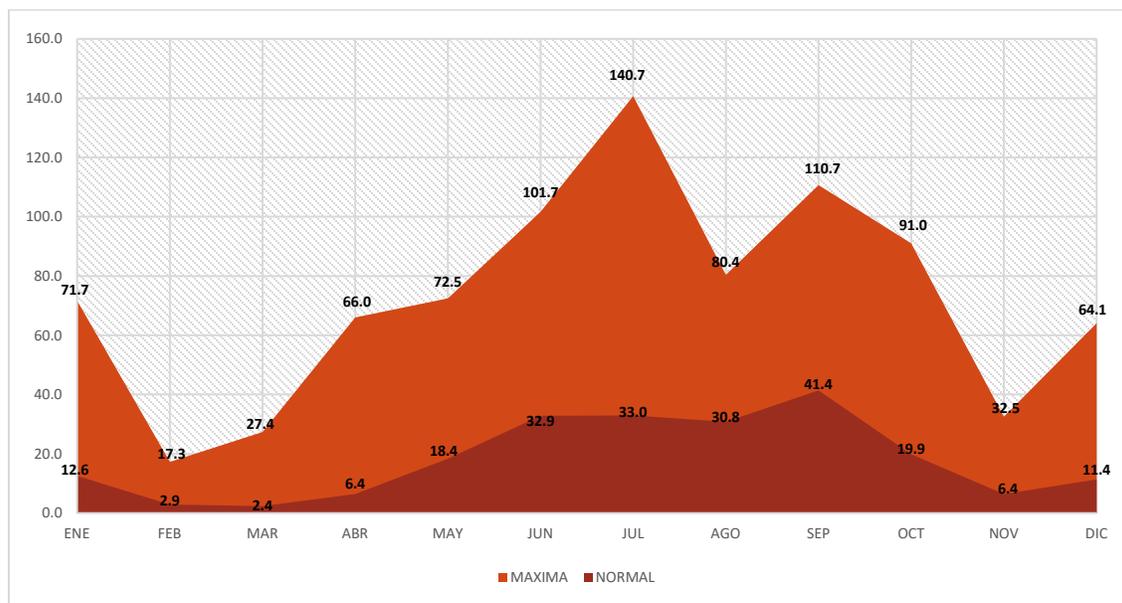
Tabla 9. Histórico de Precipitación Normal y Máxima Mensual 1981 - 2010

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL (mm)
MAXIMA	71.7	17.3	27.4	66.0	72.5	101.7	140.7	80.4	110.7	91.0	32.5	64.1	73.0
NORMAL	12.6	2.9	2.4	6.4	18.4	32.9	33.0	30.8	41.4	19.9	6.4	11.4	18.2

Fuente: Elaboración propia con base en información del Servicio Meteorológico Nacional.

La precipitación en la zona máxima es de 73 mm y la normal de 18.20 mm; el mes del año con mayor precipitación máxima es julio y el de menor precipitación es febrero; mientras que el mes con mayor precipitación normal es septiembre y el de menor es marzo.

Gráfico 2. Histórico de Precipitación Normal y Máxima Mensual 1981 - 2010



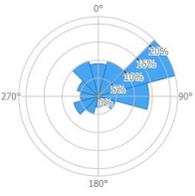
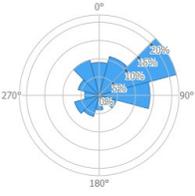
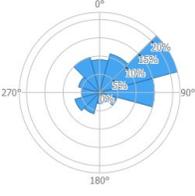
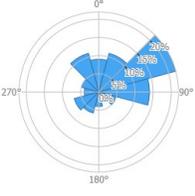
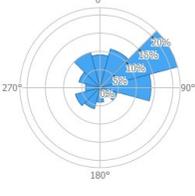
Fuente: Elaboración propia con base en información del Servicio Meteorológico Nacional.

VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO

De acuerdo con el Atlas Eólico Mundial⁹ en la zona donde se ubica el proyecto presenta las siguientes características a diferentes alturas:

⁹ <https://globalwindatlas.info/> es el producto de una asociación entre el Departamento de Energía Eólica de la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU Wind Energy) y el Grupo del Banco Mundial (formado por el Banco Mundial y el International Finance Corporation, o IFC). Es parte de la iniciativa global ESMAP sobre mapeo de recursos de energía renovable que incluye biomasa, pequeñas centrales hidroeléctricas, energía solar y energía eólica.

Tabla 10. Velocidad y Dirección del Viento

ALTURA (m)	VELOCIDAD (m/s)	DIRECCION	ROSA DE VIENTOS	ALTURA (m)	VELOCIDAD (m/s)	DIRECCION	ROSA DE VIENTOS
10	3.21	Noreste		150	4.48	Noreste	
50	3.62	Noreste		200	4.85	Noreste	
100	4.1	Noreste					

Fuente: Elaboración propia con base en información del Atlas Eólico Mundial.

De acuerdo con el Sistema de Información y Visualización de Estaciones Automáticas del Servicio Meteorológico Nacional, la velocidad promedio del viento de la zona donde se ubica el proyecto para los últimos 90 días es de 1.78 Km/h de acuerdo con la Estación Meteorológica perteneciente a SMN ubicada en el municipio de Nazas, Estado de Durango en la Latitud 25.26333333 Longitud -104.0661111.

HUMEDAD RELATIVA

De acuerdo con el Sistema de Información y Visualización de Estaciones Automáticas del Servicio Meteorológico Nacional, la humedad promedio de la zona donde se ubica el proyecto es de 31 por ciento para los últimos 90 días de acuerdo con la Estación Meteorológica perteneciente a SMN ubicada en el municipio de Nazas, Estado de Durango en la Latitud 25.26333333 Longitud -104.0661111.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA

De acuerdo con el Sistema de Información y Visualización de Estaciones Automáticas del Servicio Meteorológico Nacional, la presión atmosférica promedio de la zona donde se ubica el proyecto es de 878.27 hPa para los últimos 90 días de acuerdo con la Estación Meteorológica perteneciente a SMN ubicada en el municipio de Nazas, Estado de Durango en la Latitud 25.26333333 Longitud -104.0661111.

GEOLOGÍA

De acuerdo con el INEGI en su información Geológica, el predio donde se ubica el proyecto tiene las siguientes características geológicas:

Tabla 11. Características Geológicas

Zona	Clave	Entidad	Clase	Tipo	Era	Sistema
Proyecto	Ki(cz)	Unidad Cronoestratigráfica	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico
	Q(al)	Suelo	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario

Fuente: Elaboración propia con base en información del INEGI.

Nota: Dentro del polígono del proyecto no se encuentran Fallas o Fracturas (la fractura más cercana se encuentra al sureste a unos 1.6 km aprox.), tampoco se cuenta con minas y otras ubicaciones geológicas cercanas.



Plano 2. Geología

GEOMORFOLOGÍA

El proyecto de acuerdo con el Modelo de Elevación Digital elaborado con base en información del INEGI se ubica entre los rangos de elevación de los 1,100 a los 1,191 msnm, en una zona prácticamente plana, donde las elevaciones más cercanas se encuentran al sur a 300 m aprox. y pertenece al Cerro de Las Noas y al noroeste a unos 10 m y pertenece al Cerro de La Cruz.

Ilustración 15. Imagen 3D de la zona donde se ubica el proyecto



Fuente: Programa Google Earth.

Los Perfiles de Alturas en la zona son:

Tabla 12. Perfiles de Alturas



Fuente: Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) del INEGI.



Plano 3. Geomorfología

EDAFOLOGÍA

La edafología correspondiente al predio del proyecto tiene las siguientes características:

Tabla 13. Características de los tipos de suelo

Zona	Grupo de Suelo	Clave	Suelo Dominante	Suelo Secundario	Suelo Terciario	Clase Textural	Limitante Superficial
Proyecto	NA	ZU	NA	NA	NA	NA	NA

Fuente: Elaboración propia con base en información del INEGI.



Plano 4. Edafología

ASPECTOS BIÓTICOS

HISTORIAL DE CAMBIOS EN EL ENTORNO Y EL PREDIO DEL PROYECTO

Para entender lo que ha pasado con los aspectos abióticos en el predio y entorno de proyecto, es preciso analizar sus cambios, dentro de los cuales se puede destacar lo siguiente:

Tabla 14. Historial de cambios en el entorno y el predio del proyecto

Año	Descripción
2005 Hace 16 años	Se puede observar que la vegetación nativa de la zona ya había sido desmontada para abrir paso a los usos urbanos locales; el predio del proyecto era una mantequera.
	
2010 Hace 11 años	No se observan cambios significativos, la zona ya era un núcleo urbano bien consolidado.
	
2015 Hace 6 años	No se observan cambios significativos; la mantequera queda abandonada en el periodo entre el 2010 y el 2015.

	
<p>2019 Hace 2 años</p>	<p>No se observan cambios significativos ya que la zona es un núcleo urbano bien consolidado.</p>
	
<p>2021 Actualidad</p>	<p>No se observan cambios significativos ya que la zona es un núcleo urbano bien consolidado.</p>
	

Fuente: Elaboración propia con base en imágenes Satelitales periodo 2005 – 2021 del programa Google Earth.

ESPECIES DE FLORA

La vegetación en la zona se compone principalmente por usos antropogénicos correspondientes a áreas urbanas y una pequeña porción de matorral al sur del predio del proyecto.

La vegetación original del sitio ha sido removida anteriormente para los distintos usos que ha tenido el predio, resultado de la tendencia a la urbanización de la zona; el predio fue usado como mantequera y quedó abandonado, por lo que actualmente se encuentra ocupado por los edificios abandonados de lo que alguna vez fue y estos deberán ser demolidos para el desarrollo del proyecto.

ESPECIES DE FAUNA

A consecuencia de la falta de vegetación y el crecimiento de los usos del suelo urbanos generaron que la fauna fuera desplazada; en la actualidad la fauna observable se limita a especies antropogénicas, alimañas y especies exóticas invasoras ampliamente distribuidas a lo largo del país.

Dentro del predio no se observó fauna; sin embargo, en entorno inmediato se observaron las especies siguientes:

Tabla 15. Fauna en el entorno inmediato

Nombre Común	Género	Observaciones	Enlistado en la categoría de Riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010
Ratones	Sigmodon Peromyscus Reithrodontomys	Observados en las inmediaciones	NA
Lagartija	Eumeces	Observadas en las inmediaciones	NA

NA=No aplica

SUSCEPTIBILIDAD DE LA ZONA

Para el análisis de este apartado se consultaron diferentes fuentes oficiales como lo son:

- Atlas Nacional de Riesgos, Sistema de Información sobre Riesgos en su versión electrónica consultado desde su página oficial.

- Atlas Municipal de Riegos de Torreón en su versión electrónica consultado desde la página de Protección Civil del Municipio.
- Plan Estratégico Torreón con Enfoque Metropolitano 2040.
- Información Geológica, Hidrológica y Topográfica del INEGI.

De acuerdo con estas fuentes la susceptibilidad de la zona es la siguiente:

Tabla 16. Susceptibilidad de la Zona a diferentes Fenómenos

¿La zona es susceptible a?:	Comentarios
Terremotos	De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos en su Regionalización Sísmica CFE 2015, el predio del proyecto se ubica en la ZONA A – BAJO.
Corrimientos de tierra	No.
Derrumbamientos o Hundimientos	No.
Inundaciones (Historial de 10 años)	De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, en la zona donde se ubica el predio del proyecto se tiene un Índice de Vulnerabilidad de Inundación MEDIO y un Índice de Peligro por Inundación BAJO; así mismo de acuerdo con esta fuente, el proyecto se ubica en una zona que para un periodo de retorno de 10 años no presenta riesgo por inundación. Conforme al Atlas Municipal de Riesgos de Torreón el predio del proyecto se ubica en una zona donde el riesgo por inundaciones BAJO.
Pérdidas de suelo debido a la erosión	No.
Contaminación de aguas superficiales debido a escurrimientos y erosión	No.
Riesgos radiológicos	No.
Huracanes	No.
Otros efectos meteorológicos adversos	

Sequías	De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, en la zona donde se ubica el predio del proyecto se han presentado sequías históricas (1970 – 1978) donde el riesgo por este fenómeno es medio. Conforme al Atlas Municipal de Riesgos de Torreón el predio del proyecto se ubica en una zona donde el riesgo por sequías es BAJO.
Heladas	De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, en la zona donde se ubica el predio del proyecto se pueden presentar de 1 a 60 días con heladas, teniendo un índice Bajo.
Tormentas de Granizo	No.
Tormentas Eléctricas	De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, en la zona donde se ubica el predio del proyecto el número de días con tormentas eléctricas es de más de 1 a 9 al año y existe un riesgo por tormentas eléctricas BAJO.
Tormentas de Nieve	De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, en la zona donde se ubica el predio del proyecto el índice de peligro por nevadas es MEDIO; presentando un riesgo por este fenómeno ALTO.
Bajas Temperaturas	De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, en la zona donde se ubica el predio del proyecto el peligro por bajas temperaturas es MEDIO.
Altas Temperaturas	De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, en la zona donde se ubica el predio del proyecto el peligro por altas temperaturas es MEDIO.
Viento	De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, en la Zonificación Eólica de la CFE, la zona donde se ubica el predio del proyecto puede presentar vientos de 160 a 190 Km/h.
Vulcanismo	No.

HISTORIAL EPIDÉMICO Y ENDÉMICO DE ENFERMEDADES CÍCLICAS

No se cuenta con información en el área del proyecto sobre algún historial epidémico o endémico de enfermedades cíclicas.

ZONAS VULNERABLES DE POBLACIÓN

La información para este apartado fue consultada por las siguientes fuentes:

- Plan Estratégico Torreón con Enfoque Metropolitano 2040.
- Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2020.
- Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI.
- Cartografía Geoestadística Urbana del Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI.
- Imágenes Satelitales.
- Recorrido de campo.

La información puntual se puede consultar en apartado 5.3.1



Plano 5. Zonas Vulnerables de Población

COMPONENTES AMBIENTALES

La información para este apartado fue consultada por las siguientes fuentes:

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Plan Estratégico Torreón con Enfoque Metropolitano 2040.
- Topográfica del INEGI.
- Hidrología INEGI.

La información puntual se puede consultar en apartado 5.3.1



Plano 6. Componentes Ambientales

INFRAESTRUCTURA VIAL E INDUSTRIAL

La información para este apartado fue consultada por las siguientes fuentes:

- Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2020.
- Topografía del INEGI.
- Imágenes Satelitales.
- Recorrido de campo.

La información puntual se puede consultar en apartado 5.3.1



Plano 7. Infraestructura Vial e Industrial

USO DE SUELO

La información para este apartado fue consultada por las siguientes fuentes:

- Plan Director de Desarrollo Urbano del Municipio de Torreón.

La información puntual se puede consultar en apartado 5.3.1



Plano 8. Uso del Suelo

5.3.1.- PROYECTO

ZONAS VULNERABLES DE POBLACIÓN

Tabla 17. Proximidades con Zonas Vulnerables de Población para un Radio de 500 m

Tipo de zona vulnerable de población	Prefijo	Nombre de la zona vulnerable de población	Total de Viviendas ¹⁰	Total de Población ¹¹	Ubicación ¹² (N/S/E/O/NE/SE/NO/SO)	Distancia a la instalación o proyecto (m) ¹³
Localidades ¹⁴	L-1	Torreón	251,174	690,193	El proyecto se encuentra dentro de la localidad	0
Casas ¹⁵	MZ-01	Manzana	4	4	NE	473
	MZ-02	Manzana	2	4	NE	521
	MZ-03	Manzana	7	34	NE	421
	MZ-04	Manzana	5	50	NE	497
	MZ-05	Manzana	3	42	NE	394
	MZ-06	Manzana	16	0	E	496
	MZ-07	Manzana	0	150	E	391
	MZ-08	Manzana	0	0	E	497
	MZ-09	Manzana	1	44	E	393
	MZ-10	Manzana	0	0	SE	521
	MZ-11	Manzana	1	8	SE	422
	MZ-12	Manzana	9	24	NE	538
	MZ-13	Manzana	34	382	NO	452
	MZ-14	Manzana	98	582	NO	462
	MZ-15	Manzana	41	218	NO	448

¹⁰ De acuerdo con información del Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI.

¹¹ Se considera la sumatoria de población fija por manzana de acuerdo con la información del Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, la población flotante de acuerdo con la información del Directorio Estadístico de Unidades Económicas 2020 y estimaciones propias.

¹² Se considera la dirección a la zona de almacenamiento (pulmón o cascada).

¹³ Se considera la distancia a la zona de almacenamiento (pulmón o cascada).

¹⁴ De acuerdo con el Marco Geoestadístico Nacional del INEGI 2020.

¹⁵ Se consideraron las viviendas que se ubican dentro de las diferentes manzanas de acuerdo con el Marco Geoestadístico Nacional del INEGI 2020 e información del Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI.

Tipo de zona vulnerable de población	Prefijo	Nombre de la zona vulnerable de población	Total de Viviendas ¹⁰	Total de Población ¹¹	Ubicación ¹² (N/S/E/O/NE/SE/NO/SO)	Distancia a la instalación o proyecto (m) ¹³
	MZ-16	Manzana	42	228	NO	428
	MZ-17	Manzana	4	12	NO	470
	MZ-18	Manzana	13	54	NO	398
	MZ-19	Manzana	36	190	NO	413
	MZ-20	Manzana	31	162	NO	270
	MZ-21	Manzana	22	106	NO	309
	MZ-22	Manzana	15	100	NO	364
	MZ-23	Manzana	5	10	NO	384
	MZ-24	Manzana	21	130	NO	175
	MZ-25	Manzana	21	154	NO	401
	MZ-26	Manzana	18	118	NO	197
	MZ-27	Manzana	24	156	NO	440
	MZ-28	Manzana	19	92	NO	226
	MZ-29	Manzana	22	124	NO	481
	MZ-30	Manzana	0	400	NO	263
	MZ-31	Manzana	21	130	NO	91
	MZ-32	Manzana	20	126	NO	342
	MZ-33	Manzana	23	88	NO	127
	MZ-34	Manzana	23	118	O	163
	MZ-35	Manzana	21	102	NO	386
	MZ-36	Manzana	18	172	NO	434
	MZ-37	Manzana	26	146	O	211
	MZ-38	Manzana	23	126	O	256
	MZ-39	Manzana	23	78	NO	462

Tipo de zona vulnerable de población	Prefijo	Nombre de la zona vulnerable de población	Total de Viviendas ¹⁰	Total de Población ¹¹	Ubicación ¹² (N/S/E/O/NE/SE/NO/SO)	Distancia a la instalación o proyecto (m) ¹³
	MZ-40	Manzana	17	102	O	308
	MZ-41	Manzana	16	56	O	356
	MZ-42	Manzana	14	50	SO	185
	MZ-43	Manzana	8	2	O	401
	MZ-44	Manzana	12	38	O	455
	MZ-45	Manzana	27	174	SO	289
	MZ-46	Manzana	5	42	SO	262
	MZ-47	Manzana	10	134	O	393
	MZ-48	Manzana	25	148	O	462
	MZ-49	Manzana	14	72	SO	394
	MZ-50	Manzana	7	34	SO	395
	MZ-51	Manzana	11	50	SO	304
	MZ-52	Manzana	20	118	O	99
	MZ-53	Manzana	10	44	SO	203
	MZ-54	Manzana	7	28	NO	427
	MZ-55	Manzana	20	104	NO	338
	MZ-56	Manzana	16	86	S	159
	MZ-57	Manzana	11	48	SO	177
	MZ-58	Manzana	13	54	SO	206
	MZ-59	Manzana	21	112	SO	312
	MZ-60	Manzana	2	10	SO	260
	MZ-61	Manzana	29	184	SO	396
	MZ-62	Manzana	17	114	SO	489
	MZ-63	Manzana	20	122	SO	324

Tipo de zona vulnerable de población	Prefijo	Nombre de la zona vulnerable de población	Total de Viviendas ¹⁰	Total de Población ¹¹	Ubicación ¹² (N/S/E/O/NE/SE/NO/SO)	Distancia a la instalación o proyecto (m) ¹³
	MZ-64	Manzana	18	40	SO	249
	MZ-65	Manzana	89	454	SO	188
	MZ-66	Manzana	20	128	SO	411
	MZ-67	Manzana	17	78	SO	347
	MZ-68	Manzana	3	20	SO	505
	MZ-69	Manzana	22	96	SO	429
	MZ-70	Manzana	22	102	SO	278
	MZ-71	Manzana	23	108	SO	454
	MZ-72	Manzana	21	92	SO	484
	MZ-73	Manzana	4	16	SO	505
	MZ-74	Manzana	47	337	SE	309
	MZ-75	Manzana	14	84	SE	431
	MZ-76	Manzana	4	24	SE	316
	MZ-77	Manzana	109	682	SE	479
	MZ-78	Manzana	12	72	SE	339
	MZ-79	Manzana	1	22	SE	480
	MZ-80	Manzana	9	24	SE	361
	MZ-81	Manzana	16	137	SE	228
	MZ-82	Manzana	9	52	SE	224
	MZ-83	Manzana	13	76	SE	225
	MZ-84	Manzana	17	64	SE	227
	MZ-85	Manzana	17	110	S	233
	MZ-86	Manzana	10	26	SE	275
	MZ-87	Manzana	4	10	SE	307

Tipo de zona vulnerable de población	Prefijo	Nombre de la zona vulnerable de población	Total de Viviendas ¹⁰	Total de Población ¹¹	Ubicación ¹² (N/S/E/O/NE/SE/NO/SO)	Distancia a la instalación o proyecto (m) ¹³
	MZ-88	Manzana	7	32	SO	273
	MZ-89	Manzana	14	78	S	261
	MZ-90	Manzana	10	50	S	228
	MZ-91	Manzana	2	8	S	279
	MZ-92	Manzana	9	32	SO	282
	MZ-93	Manzana	4	14	S	296
	MZ-94	Manzana	17	76	SO	301
	MZ-95	Manzana	5	26	SO	207
	MZ-96	Manzana	7	32	SO	314
	MZ-97	Manzana	4	26	SO	357
	MZ-98	Manzana	2	0	SO	358
	MZ-99	Manzana	24	126	SO	394
	MZ-100	Manzana	16	78	SO	370
	MZ-101	Manzana	3	20	SO	370
	MZ-102	Manzana	3	12	SO	359
	MZ-103	Manzana	2	10	SO	180
	MZ-104	Manzana	2	22	SO	372
	MZ-105	Manzana	10	38	SO	465
	MZ-106	Manzana	8	36	SO	441
	MZ-107	Manzana	10	60	SO	500
	MZ-108	Manzana	4	12	SO	356
	MZ-109	Manzana	8	62	SO	194
	MZ-110	Manzana	3	12	SO	359
	MZ-111	Manzana	18	98	SO	253

Tipo de zona vulnerable de población	Prefijo	Nombre de la zona vulnerable de población	Total de Viviendas ¹⁰	Total de Población ¹¹	Ubicación ¹² (N/S/E/O/NE/SE/NO/SO)	Distancia a la instalación o proyecto (m) ¹³
	MZ-112	Manzana	3	24	SO	511
	MZ-113	Manzana	0	0	S	280
	MZ-114	Manzana	0	10	N	505
	MZ-115	Manzana	0	200	N	503
	MZ-116	Manzana	41	134	N	503
	MZ-117	Manzana	6	182	NE	417
	MZ-118	Manzana	23	114	NO	513
	MZ-119	Manzana	7	4	NO	245
	MZ-120	Manzana	17	112	N	425
	MZ-121	Manzana	22	110	N	427
	MZ-122	Manzana	28	136	N	413
	MZ-123	Manzana	26	110	NE	410
	MZ-124	Manzana	23	108	NE	433
	MZ-125	Manzana	56	296	N	373
	MZ-126	Manzana	16	90	NO	395
	MZ-127	Manzana	15	84	NO	375
	MZ-128	Manzana	16	74	N	334
	MZ-129	Manzana	12	46	NE	386
	MZ-130	Manzana	2	19	NE	393
	MZ-131	Manzana	28	180	NO	313
	MZ-132	Manzana	2	6	NE	385
	MZ-133	Manzana	29	168	NO	284
	MZ-134	Manzana	16	58	N	306
	MZ-135	Manzana	0	100	N	300

Tipo de zona vulnerable de población	Prefijo	Nombre de la zona vulnerable de población	Total de Viviendas ¹⁰	Total de Población ¹¹	Ubicación ¹² (N/S/E/O/NE/SE/NO/SO)	Distancia a la instalación o proyecto (m) ¹³
	MZ-136	Manzana	28	158	NE	308
	MZ-137	Manzana	11	58	NE	349
	MZ-138	Manzana	17	112	N	252
	MZ-139	Manzana	8	54	NO	273
	MZ-140	Manzana	12	62	N	250
	MZ-141	Manzana	7	84	NE	327
	MZ-142	Manzana	9	22	NE	221
	MZ-143	Manzana	12	74	NE	182
	MZ-144	Manzana	22	136	N	172
	MZ-145	Manzana	14	82	N	170
	MZ-146	Manzana	15	82	NO	165
	MZ-147	Manzana	16	112	NO	165
	MZ-148	Manzana	22	30	NE	288
	MZ-149	Manzana	1	60	NE	191
	MZ-150	Manzana	15	109	NE	61
	MZ-151	Manzana	7	34	NO	100
	MZ-152	Manzana	12	46	NO	84
	MZ-153	Manzana	37	158	N	73
	MZ-154	Manzana	1	36	NE	184
	MZ-155	Manzana	9	22	E	285
	MZ-156	Manzana	0	214	NE	123
	MZ-157	Manzana	0	214	NE	216
	MZ-158	Manzana	2	214	NE	172
	MZ-159	Manzana	0	214	NE	160

Tipo de zona vulnerable de población	Prefijo	Nombre de la zona vulnerable de población	Total de Viviendas ¹⁰	Total de Población ¹¹	Ubicación ¹² (N/S/E/O/NE/SE/NO/SO)	Distancia a la instalación o proyecto (m) ¹³
	MZ-160	Manzana	6	6	NO	48
	MZ-161	Manzana	16	56	NO	20
	MZ-162	Manzana	1	250	El proyecto se encuentra dentro de la manzana	0
	MZ-163	Manzana	6	294	E	79
	MZ-164	Manzana	0	214	E	216
	MZ-165	Manzana	0	0	E	282
	MZ-166	Manzana	15	78	SO	65
	MZ-167	Manzana	15	72	SO	113
	MZ-168	Manzana	20	82	SO	44
	MZ-169	Manzana	0	264	SE	225
	MZ-170	Manzana	1	0	SE	336
	MZ-171	Manzana	16	84	SO	179
	MZ-172	Manzana	10	40	SO	145
	MZ-173	Manzana	7	26	NO	76
	MZ-174	Manzana	0	0	NE	159
	MZ-175	Manzana	2	8	O	77
MZ-176	Manzana	1	318	SE	84	
Centrales de Autobuses	CA-01	Central de Autobuses "Autobuses Azteca"	NA	100	SE	152
	CA-02	Central de Autobuses	NA	100	SO	93
Centros Recreativos	CR-01	Canchas Deportivas	NA	20	S	205
	CR-02	Plaza Martínez Adame	NA	10	N	525
Edificios Públicos	EP-01	Biblioteca Pública José Manuel Othón	NA	15	NE	152
	EP-02	Museo del Algodón	NA	30	NE	151

Tipo de zona vulnerable de población	Prefijo	Nombre de la zona vulnerable de población	Total de Viviendas ¹⁰	Total de Población ¹¹	Ubicación ¹² (N/S/E/O/NE/SE/NO/SO)	Distancia a la instalación o proyecto (m) ¹³
	EP-03	Museo La Casa del Cerro	NA	25	SE	276
	EP-04	Comisión Federal de Electricidad	NA	150	E	107
Escuelas	ES-01	Primaria Dr. Jonás E. Salk	NA	300	NO	318
	ES-02	Primaria Popular No. 1	NA	200	N	529
	ES-03	Jardín de Niños 20 de noviembre	NA	100	NE	327
	ES-04	Jardín de Niños Miguel de Cervantes Saavedra	NA	100	NO	352
Hoteles	HL-01	Hotel Hidalgo	NA	50	NE	367
	HL-02	Hotel Veracruz	NA	30	E	430
	HL-03	Hotel Juárez	NA	30	NE	223
Instituciones Bancarias	IB-01	BanRegio	NA	30	NE	514
Mercados	MT-01	Mercado Alianza	NA	1500	E	205
Templos	TM-01	Capilla Santa Cruz	NA	10	NO	159
	TM-02	Parroquia de Nuestra Señora de Guadalupe	NA	30	NE	411
Tiendas Departamentales y/o de Autoservicio	TD-01	Electra del Milenio	NA	10	E	405
	TD-02	Coppel Muzquiz	NA	50	SE	317
	TD-03	Soriana Centro	NA	150	NE	431
	TD-04	Plaza Comercial Antigua Harinera	NA	150	SE	54
	TD-05	Famsa	NA	50	NE	527
	TD-06	Famsa	NA	50	NE	279

NA= No Aplica

Densidad de población = 19,748.83 hab/km²

COMPONENTES AMBIENTALES

Tabla 18. Proximidades con componentes ambientales para un radio de 500 m

Tipo de componente ambiental	Nombre	Descripción breve	Ubicación (N/S/E/O/NE/SE/NO/SO) ¹⁶	Distancia a la instalación o proyecto (m) ¹⁷
Cuerpo de Agua	---	---	---	---
Corrientes de Agua	---	---	---	---
Área Natural Protegida	---	---	---	---
Región Hidrológica Prioritaria	---	---	---	---
Región Marina Prioritaria	---	---	---	---
Región Terrestre Prioritaria	---	---	---	---
Área de Importancia para la Conservación de Aves	---	---	---	---
Sitio Ramsar	---	---	---	---

INFRAESTRUCTURA VIAL E INDUSTRIAL

Tabla 19. Proximidades con infraestructura vial e industrial para un radio de 500 m

Tipo de infraestructura	Prefijo	Nombre/descripción	Ubicación (N/S/E/O/NE/SE/NO/SO) ¹⁸	Distancia a la instalación o proyecto (m) ¹⁹
Carreteras ²⁰	VP-01	Avenida Ferrocarril	S	127
	VP-02	Industria	SE	200
	VP-03	Av. Pról. Pdte. Carranza	NO	896

¹⁶ Se considera la dirección a la unidad de almacenamiento (Pulmón o Cascada).¹⁷ Se considera la distancia a la unidad de almacenamiento (Pulmón o Cascada).¹⁸ Se considera la dirección a la unidad de almacenamiento (Pulmón o Cascada).¹⁹ Se considera la distancia a la unidad de almacenamiento (Pulmón o Cascada).²⁰ Dentro de la zona no existen carreteras conforme a la información del INEGI, por lo que se considerarán las vialidades principales.

Tipo de infraestructura	Prefijo	Nombre/descripción	Ubicación (N/S/E/O/NE/SE/NO/SO) ¹⁸	Distancia a la instalación o proyecto (m) ¹⁹
	VP-04	Blvrd. Revolución	SE	439
	VP-05	Melchor Muzquiz	E	285
	VP-06	Blvrd. Independencia	NE	610
Vía Férrea	VF-01	Vía del Ferrocarril	S	197
Ductos	---	---	---	---
Líneas de Alta Tensión	---	---	---	---
Instalaciones Industriales	IN-01	Planta de Sacrificio y Empaque TIF 40	SE	480
	IN-02	Hielo y Refrigeración Torreón	SE	284
Estaciones de Carburación de Gas L.P.	EC-01	Combu Gas	NE	424
Estaciones de Servicio (Gasolinas/Diésel)	GL-01	Gulf	SE	507
Otro, especificar				
Contenedores de Sustancias Peligrosas	T-01	Tanques de Gas L.P. de 5,000 Lt	NE	448
	T-02	Tanques de Gas L.P. de 5,000 Lt	NE	462
	T-03	Tanques de Gas L.P. de 2,200 Lt	NE	414
	T-04	Tanques de Gas L.P. de 1,000 Lt	SE	358
	T-05	Tanques de Gas L.P. de 1,000 Lt	SE	362
	T-06	Tanques de Gas L.P. de 1,000 Lt	SE	363
	T-07	Tanques de Gas L.P. de 1,000 Lt	NE	132
	T-08	Tanques de Gas L.P. de 1,000 Lt	NE	166
	T-09	Tanques de Gas L.P. de 1,000 Lt	SE	182
	T-10	Autotanques de Diésel de 20,000 Lt	SE	128
	T-11	Autotanques de Gasolinas y/o Diésel de 20,000 Lt	SE	553

USO DE SUELO

Tabla 20. Uso de suelo para un radio de 500 m

Localización	Tipo de uso de suelo	Descripción
Norte	H6	Zona con Uso de suelo para vivienda densidad Alta, sesenta y cinco viviendas por Hectárea
Sur	CH	Zona conformada por el polígono de 241 manzanas donde inició la ciudad, sujeta a "Plan Parcial CHT"
Este	CH	Zona conformada por el polígono de 241 manzanas donde inició la ciudad, sujeta a "Plan Parcial CHT"
Oeste	H6	Zona con Uso de suelo para vivienda densidad Alta, sesenta y cinco viviendas por Hectárea
Noreste	CH	Zona conformada por el polígono de 241 manzanas donde inició la ciudad, sujeta a "Plan Parcial CHT"
Noroeste	H6	Zona con Uso de suelo para vivienda densidad Alta, sesenta y cinco viviendas por Hectárea
Sureste	CH	Zona conformada por el polígono de 241 manzanas donde inició la ciudad, sujeta a "Plan Parcial CHT"
Suroeste	H6	Zona con Uso de suelo para vivienda densidad Alta, sesenta y cinco viviendas por Hectárea

5.4.- ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

5.4.1.- IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO

5.4.1.2.- ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES EN PROYECTOS SIMILARES

Los accidentes e incidentes ocurridos (nacionales o internacionales) en la operación de proyectos y/o instalaciones similares se enlistan a continuación:

Tabla 21. Antecedentes de accidentes e incidentes

No	Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia(s) involucrada(s)	Evento	Causa(s) del accidente o incidente	Nivel de afectación (personal, población, medio ambiente, entre otros)	Acciones realizadas para su atención	Fuente consultada
1	ND	La Banda, Santiago del Estero	Estación de Servicio de GNC	Gas Natural Comprimido	Explosión de vehículo	El playero de la estación dice que fue a atender, que se fijó que el auto tenía la habilitación del Enargas, pero cuando puso la manguera al auto, al momento de cerrar la válvula, sintió la explosión	3 lesionados Una mujer que estaba ubicada detrás del baúl del auto perdió sus piernas por el impacto, su marido e hijo no sufrieron mayores lesiones	Surge proyecto para obligar a las estaciones de servicio a pintar en el piso la zona donde debe ubicarse el automóvil y otra marca que separe a los ocupantes cuando se proceda a la carga y una tercera para el rodado que espera en el surtidor Se Prohíbe la colocación de válvulas de carga externa de Gas Natural Comprimido en la parte posterior del vehículo	CAPEGA Cámara de Comerciantes de Derivados del Petróleo, Gas y Afines de Tucumán. https://capega.com.ar/un-accidente-durante-el-expendio-de-gnc-revive-un-proyecto-que-propone-separar-al-publico-de-la-zona-de-carga/
2	1997	CANADA	Ducto de 36"	Gas Natural	Incendio	El fuego genero un pequeño incendio secundario de rastrojo en un campo cercano Se cree que la causa de la rotura de la línea se debe a la corrosión	0 heridos 0 muertes	Válvulas de cierre para aislar la sección afectada	LOSS CONTROL NEWSLETTER, 1997
3	1997	USA	Ducto de 24"	Gas Natural	Fuga	Un equipo de mantenimiento perforó una tubería de gas natural de 24 pulgadas	0 heridos 0 muertes	La sección dañada se cerró y se iniciaron las reparaciones	LOSS CONTROL NEWSLETTER, 1997.

No	Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia(s) involucrada(s)	Evento	Causa(s) del accidente o incidente	Nivel de afectación (personal, población, medio ambiente, entre otros)	Acciones realizadas para su atención	Fuente consultada
								El flujo se redujo por un día	
4	1997	RUSIA	Estación de Compresión	Gas Natural	Explosión	La estación de compresión de gas natural fue completamente destruida por una explosión durante las operaciones de puesta en marcha a pesar de las advertencias de que el gasoducto estaba en malas condiciones	21 heridos 0 muertes	ND	LOSS CONTROL NEWSLETTER, 1997.
5	2000	New México, USA	Gasoducto subterráneo	Gas Natural	Explosión e incendio	Una investigación sobre la ruptura reveló que una sección corroída de la tubería fue expulsada en la explosión	5 heridos 5 muertes	ND	CNN.COM, U.S. NEWS, AUGUST 19, 21, 2000, (http://www.cnn.com)
6	2000	Ontario, CANADA	Ducto de 42"	Gas Natural	Fuga	Liberación de gas natural por rompimiento de tubería durante la prueba de presión El gas se apagó rápidamente y no había peligro en el entorno	0 heridos 0 muertes	ND	CHEMICAL SAFETY AND HAZARD INVESTIGATION BOARD, MAY 31, 2000, (http://www.chemsafety.gov)
7	2000	Hempfield Township, USA	Ducto de 12"	Gas Natural	Explosión	El incidente ocurrió cuando trabajadores estaban instalando cables subterráneos y perforaron una línea de alcantarillado y una tubería principal de gas natural de 12 pulgadas	3 heridos 0 muertes	ND	CHEMICAL SAFETY AND HAZARD INVESTIGATION BOARD, 23 MARCH, 2000, (http://www.chemsafety.gov)
8	2003	Córdoba	Estación de Servicio de GNC	Gas Natural Comprimido	Explosión de compresor	Se piensa más en un "caso fortuito" que en la participación de una "mano extraña"	Daños materiales	Ocurrida la explosión, "aproximadamente a las 4:30 se procedió al cierre de la válvula (C) del puente de medición para interrumpir el suministro de gas natural en el equipo compresor", según informó por escrito la Distribuidora Gas del Centro.	La Voz Online. http://archivo.lavoz.com.ar/2003/0717/sucesos/nota178539_1.htm
9	2012	ND	Estación de Servicio de GNC	Gas Natural Comprimido	Explosión de vehículo adaptado	Rotura del depósito de combustible, que en caso del gas natural comprimido soporta presiones de hasta 200 atmósferas, lo cual es mucha presión. El material del tanque cedió y liberó todo el gas de golpe	Daños materiales	ND	Motor pasión. https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/explosion-en-un-vehiculo-con-gnc-cuando-este-estaba-repostando . https://www.youtube.com/watch

No	Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia(s) involucrada(s)	Evento	Causa(s) del accidente o incidente	Nivel de afectación (personal, población, medio ambiente, entre otros)	Acciones realizadas para su atención	Fuente consultada
									?v=5FLKGOGiiLO
10	2015	Bonaerense de Tortuguitas	Estación de Servicio de GNC	Gas Natural Comprimido	Explosión de tanque de vehículo adulterado	La modificación consistió en un corte con plasma separando un segmento de pared de aproximadamente 30 centímetros por 10 centímetros que fue soldado al cilindro nuevamente mediante soldadura eléctrica	Daños materiales	ND	Cita Directa. https://citadirecta.com.ar/explicaron-por-que-exploto-el-tanque-de-gnc-de-un-auto-hace-15-dias/
11	2016	Rusia	Estación de Servicio de GNC	Gas Natural Comprimido	Fuga de GNC	El operario no colocó debidamente el pico de la manguera en el receptáculo de carga, al entrar presión ésta se zafó y comenzó a dar latigazos sobre el rodado con inusitada fuerza, pero sin involucrar ni al empleado ni al conductor	Golpe a vehículo	Recurrir a lo que dictan la norma NAG 419 sobre esta cuestión.	Surtidores.com.ar. https://surtidores.com.ar/un-razon-de-peso-por-la-que-conviene-revisar-si-al-cargar-la-manguera-de-gnc-esta-bien-colocada/
12	2016	Barranquilla	Estación de Servicio de GNC	Gas Natural Comprimido	Explosión de un compresor	De acuerdo con la hipótesis del capitán Jaime Pérez Pacheco, comandante del Cuerpo de Bomberos de la ciudad sostiene que el estallido, posiblemente, se produjo por una falla humana y que, si había un escape de gas, este entró en contacto con un “punto caliente” que produjo la explosión. De acuerdo con Carlos Durán Hamburger, ingeniero mecánico y representante de convenios de Kaeser compresores en un compresor estalla la parte eléctrica, pero por la magnitud de la explosión, sostuvo, ha podido tratarse de una falla eléctrica en medio de una acumulación de gas. “El artefacto pudo haber manejado más de las 200 libras de presión”, es decir, superior a su capacidad.	4 muertes 4 heridos Daños materiales	ND	JUDICIAL EL HERALDO. https://www.eheraldo.co/judicial/por-que-exploto-el-compresor-de-gas-que-dejo-cuatro-muertos-en-la-eds-285767 .
13	2016	Argentina	Estación de Servicio	Gas Natural	Fuga	ND	Sin daños	Personal de Bomberos y Defensa Civil Municipal intervinieron controlando la fuga y procedieron a evacuar a los vecinos de la manzana, así como interrupción del tránsito.	SAFETY BLOG. https://redproteger.com.ar/safety-blog/impactante-fuga-de-gas-en-una-estacion-de-servicio/ .

No	Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia(s) involucrada(s)	Evento	Causa(s) del accidente o incidente	Nivel de afectación (personal, población, medio ambiente, entre otros)	Acciones realizadas para su atención	Fuente consultada
14	2019	Morón	Estación de Servicio de GNC	Gas Natural Comprimido	Incendio de automóvil	De acuerdo con testimonios se cree que la causa fue por la carga de aceite al vehículo El fuego se propago a los alrededores afectando a otros surtidores	Daños materiales	Protocolo por parte del personal para incendios	TLN Central. https://www.youtube.com/watch?v=PfQg0ZnYxvE . El Noticiero del Medio Día. https://www.youtube.com/watch?v=ajaBMWCoWWc

ND = No hay datos

5.4.1.3.- IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y DE ESCENARIOS DE RIESGO

Para la identificación de peligros y de escenarios de riesgos se optó por las metodologías **WHAT IF...? (Que pasa si...?)** y **HAZOP (Hazard and Operability Study)**.

METODOLOGIA WHAT IF...? (QUE PASA SI...?)

La metodología WHAT IF...? no requiere de métodos cuantitativos especiales ni una planeación extensiva; utiliza información específica de un proceso para generar una serie de preguntas que son pertinentes durante el tiempo de vida de una instalación, así como cuando se introducen cambios al proceso o a los procedimientos de operación.

Es un método de tipo cualitativo que consiste en definir tendencias, formular preguntas, desarrollar respuestas y evaluarlas, incluyendo la más amplia gama de consecuencias posibles, con el objetivo básico de identificar posibles accidentes; es decir, riesgos, consecuencias y posibles métodos y/o formas de minimizarlos.

Como resultado de este análisis se obtiene una lista de escenarios de accidentes potenciales, así como las formas de reducir las consecuencias de estos, sin establecer una escala cuantitativa de ellos.

Para facilitar la aplicación de esta metodología al proyecto se ha sido dividida en 4 nodos, las preguntas respecto a las desviaciones que pudieran ocurrir han sido formuladas para los procesos que ocurren en cada uno de ellos; la respuesta a cada pregunta se ha evaluado con base a una serie de variables que pudieran ser observadas y/o medidas de manera explícita o al menos implícitamente.

A los riesgos determinados se les ha calculado su valor de riesgo al personal, a la población, al medio ambiente y a la infraestructura con base a valores de frecuencia y consecuencia.



HOJAS DE TRABAJO:

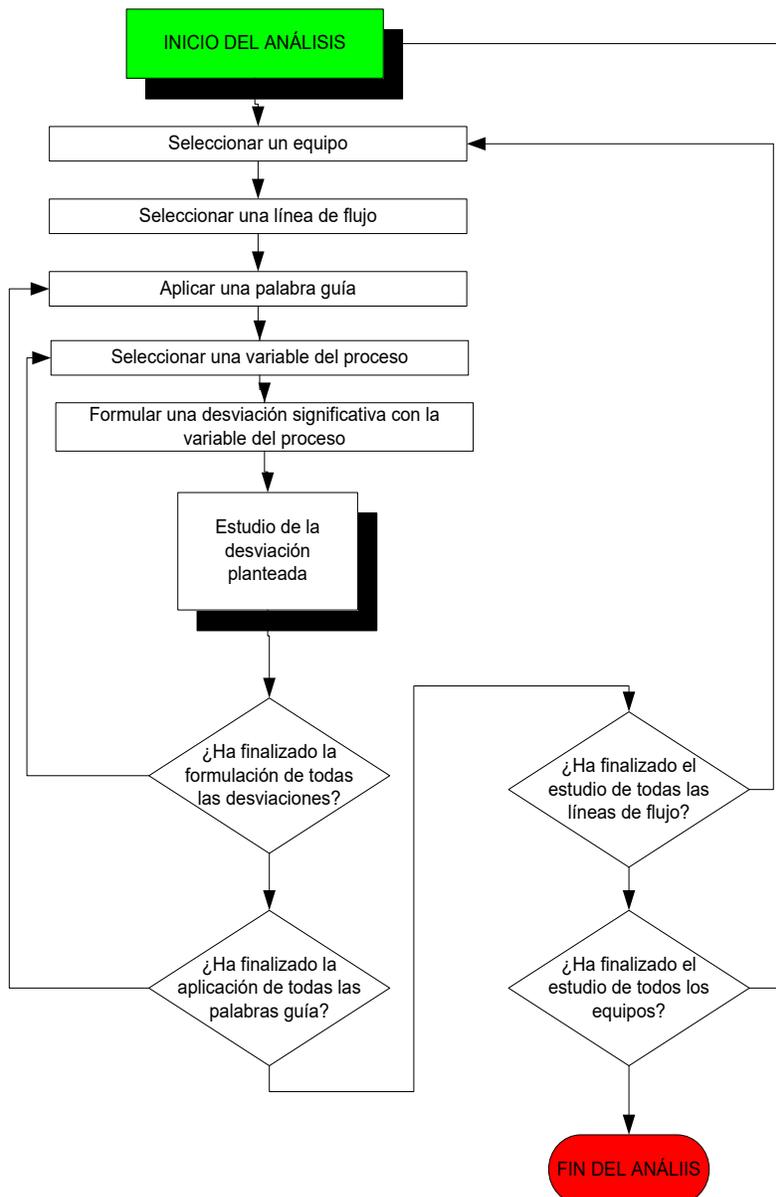
WHAT - IF - Identificación de Peligros y de Escenarios de Riesgo

METODOLOGIA HAZOP (HAZARD AND OPERABILITY STUDY)

La metodología HAZOP es un método estructurado y sistemático nos permite visualizar el conjunto de situaciones peligrosas y posibles problemas operativos, así como una serie de medidas orientadas a la reducción del riesgo existente o la mitigación de las consecuencias de los problemas operativos.

La secuencia metodológica de la metodología HAZOP es la siguiente:

Diagrama 1. Secuencia Metodológica HAZOP



El método de análisis HAZOP presupone dos hipótesis:

- 1.- La instalación está bien diseñada, en relación con la experiencia, el conocimiento de los procesos implicados y la aplicación de normas y códigos pertinentes.
- 2.- Los materiales de construcción han sido los adecuados y la construcción y ensamblaje de los elementos se ha hecho correctamente.

El primer paso es la selección de los elementos críticos que deben estudiarse (tanques, dispensarios, etc.). A continuación, sobre cada nodo de estudio, que corresponde a cada línea de fluido de cada elemento seleccionado, y de forma secuencial y repetitiva, se aplican las palabras guía (no, mas, menos, otro, parte de, etc.) a cada una de las condiciones de operación, las sustancias y las variables que intervienen (flujo, presión, temperatura, nivel, etc.). Operando de esta manera se generan las desviaciones significativas de las condiciones normales de operación.



HOJAS DE TRABAJO:

HAZOP - Identificación de Peligros y de Escenarios de Riesgo

5.4.1.4.- JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO

Para la jerarquización de los diferentes escenarios de riesgo se tomaron en cuenta las siguientes frecuencias y consecuencias:

Tabla 22. Clasificación de FRECUENCIAS para Escenarios de Riesgo

Clasificación de la frecuencia	Categoría	Descripción	Frecuencia/año
F6	Muy frecuente	Puede ocurrir una o más veces al año	1.00E-01
F5	Probable	Ocurrirá varias veces en la vida del proyecto	1.00E-02
F4	Posible	Es probable que ocurra en algún momento de la vida del proyecto	1.00E-03
F3	Remoto	Es poco probable, pero es posible que ocurra en la vida del proyecto	1.00E-04
F2	Improbable	Improbable, y pudiera no ocurrir en la vida del proyecto	1.00E-05
F1	Muy Improbable	Incapaz de ocurrir. Este nivel se utiliza cuando los peligros potenciales son identificados y luego son eliminados	1.00E-06

Tabla 23. Clasificación de CONSECUENCIAS para Escenarios de Riesgo

Clasificación de la Consecuencia	Receptores de Riesgo			
	Personas	Población	Medio Ambiente	Pérdidas \$ (Instalación o producción)
C6	Mas de una fatalidad	Muchas fatalidades	Daño mayor permanente	Pérdida total >1,000,000 dlls
C5	Hasta una fatalidad o daño a la salud permanente	Personas heridas y hasta una fatalidad	Daño mayor mitigable	Pérdida entre 100,000 > 1,000,000 dlls
C4	Herida mayor (incapacitante)	Muchas personas heridas	Daño medio mitigable	Pérdida entre 50,000 > 100,000 dlls
C3	Heridas menores o daño a la salud	Hasta una persona herida de consideración	Daño ligero mitigable	Pérdida entre 10,000 > 50,000 dlls
C2	Ligeras heridas o daño a la salud (No incapacitante)	Hasta una persona con heridas menores	Daño muy ligero temporal	Pérdida entre 1,000 > 10,000 dlls
C1	No hay heridas o daños a la salud	Sin daño a la población	Sin efectos	Sin pérdida <100 dlls

MATRICES DE RIESGO

Las matrices de riesgo para cada uno de los Receptores de Riesgo analizados de acuerdo con **WHAT IF...? Y HAZOP** son las siguiente:

WHAT IF

Tabla 24. Matriz de Riesgos WHAT IF DAÑO AL PERSONAL

		Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
Frecuencias	6						
	5	8, 14.1, 17, 22, 23					
	4	4.1, 9, 14.2, 18, 19.2	20	16			1, 7.1, 7.2, 13, 21
	3	2, 3.1, 4.2, 5, 6.1, 6.2, 15.1, 15.2, 19.1, 28	3.2, 10, 11				24, 25, 26, 27
	2						
	1						

Tabla 25. Matriz de Riesgos WHAT IF DAÑO A LA POBLACION

		Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
Frecuencias	6						
	5	8, 14.1, 17, 22, 23					
	4	4.1, 9, 14.2, 18	16, 20		7.1	7.2, 21	1, 13
	3	2, 3.1, 4.2, 5, 6.1, 6.2, 10, 11, 15.1, 15.2, 19, 28	3.2			24, 25, 26, 27	
	2						
	1						

Tabla 26. Matriz de Riesgos WHAT IF DAÑO A LAS INSTALACIONES

		Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
Frecuencias	6						
	5	17, 23	8, 14.1, 22				
	4		4.1, 9, 14.2, 18, 19.2, 20	16	7.1, 21	1, 7.2, 13	
	3	15.1, 15.2, 28	2, 3.1, 3.2, 4.2, 5, 6.1, 6.2, 10, 11, 19.1			24, 25, 26, 27	
	2						
	1						

Tabla 27. Matriz de Riesgos WHAT IF DAÑO AL MEDIO AMBIENTE

		Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
Frecuencias	6						
	5	8, 17, 22, 23	14.1				
	4	4.1, 9, 18, 19.2	14.2, 16, 20	7.1, 21	7.2, 13		1
	3	4.2, 5, 15.1, 15.2, 19.1, 28	2, 3.1, 3.2, 6.1, 6.2, 10, 11			24, 25, 26, 27	
	2						
	1						

HAZOP

Tabla 28. Matriz de Riesgos HAZOP DAÑO AL PERSONAL

		Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
Frecuencias	6						
	5	6.1, 12.1, 18.1, 22.1					
	4	2.2.1, 2.2.2, 5.2, 8.1, 8.2, 9.1, 11.1, 12.2, 13.2.1, 13.3.1, 14, 15.1, 16.1, 17.1, 21.1, 21.2, 23.2					16.2, 19.2
	3	1.1.1, 1.1.2, 2.1, 3, 4, 5.1, 5.3, 6.2, 7.1, 7.2, 7.3, 9.2, 10, 11.2, 12.3, 13.1, 15.2, 17.2, 18.2, 19.1, 20, 22.2, 23.1					
	2						
	1						

Tabla 29. Matriz de Riesgos HAZOP DAÑO A LA POBLACION

		Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
Frecuencias	6						
	5	6.1, 12.1, 18.1, 22.1					
	4	2.2.1, 2.2.2, 5.2, 8.1, 8.2, 9.1, 11.1, 12.2, 13.2.1, 13.3.1, 14, 15.1, 16.1, 17.1, 21.1, 21.2, 23.2					16.2, 19.2
	3	1.1.1, 1.1.2, 2.1, 3, 4, 5.1, 5.3, 6.2, 7.1, 7.2, 7.3, 9.2, 10, 11.2, 12.3, 13.1, 15.2, 17.2, 18.2, 19.1, 20, 22.2, 23.1					
	2						
	1						

Tabla 30. Matriz de Riesgos HAZOP DAÑO A LAS INSTALACIONES

		Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
Frecuencias	6						
	5	12.1, 18.1	6.1, 22.1				
	4	21.2	2.2.1, 2.2.2, 5.2, 8.1, 8.2, 9.1, 11.1, 12.2, 13.2.1, 15.1, 16.1, 17.1, 21.1, 23.2	13.3.1		16.2, 19.2.2	
	3	1.1.1, 18.2, 20	1.1.2, 2.1, 3, 5.1, 5.3, 6.2, 7.1, 7.2, 7.3, 9.3, 10, 11.2, 12.3, 13.1, 15.2, 17.2, 19.1, 19.2.1, 22.2, 23.1	4, 14			
	2						
	1						

Tabla 31. Matriz de Riesgos HAZOP DAÑO AL MEDIO AMBIENTE

		Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
Frecuencias	6						
	5	12.1, 18.1	6.1, 22.1				
	4	2.2.1, 2.2.2, 5.2, 8.1, 8.2, 9.1, 11.1, 14, 15.1, 17.1, 21.1, 21.2	12.2, 13.2.1, 16.1, 23.2	13.3.1	16.2, 19.2.2.		
	3	1.1.1, 2.1, 3, 5.1, 5.3, 7.1, 7.2, 9.2, 11.2, 13.1, 15.2, 17.2, 19.1, 20, 23.1	1.1.2, 4, 6.2, 10, 12.3, 18.2, 18.2.1, 22.2	7.3			
	2						
	1						

Tabla 32. Definiciones de las Regiones de Riesgo

Región de Riesgo	Descripción
No tolerable "A"	El riesgo requiere acción inmediata; el costo no debe ser una limitación y el no hacer nada no es una opción aceptable. Un riesgo de este tipo representa una situación de emergencia y deben establecerse controles temporales inmediatos. La mitigación debe hacerse por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo.
ALARP "B"	El riesgo debe ser reducido y hay margen para investigar y analizar a más detalle, se deben establecerse controles temporales inmediatos en sitio, para reducir el riesgo además se pueden compensar con las acciones correctivas en el paro de instalaciones programado, para no presionar programas de trabajo y costos. La mitigación debe enfocarse en la disciplina operativa y en la confiabilidad de los sistemas de protección.
Tolerable "C"	El riesgo requiere control, pero es de bajo impacto y puede programarse su atención juntamente con otras mejoras operativas.

ESCENARIOS DE RIESGO IDENTIFICADOS

Los escenarios de riesgo identificados mediante las metodologías **WHAT IF...?** y **HAZOP** para cada una de las Sustancias Peligrosas a manejar son los siguientes:

Tabla 33. Escenarios de Riesgo Identificados

No	Clave del Escenario Identificado	Descripción del Escenario Identificado	Nivel de Riesgo (frecuencia x consecuencia)	Región del Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Identificación del Nodo o Sistema	Nombre de la Instalación o Ducto	Sustancia Involucrada
1	E1-WF-7.1.2	Por golpe mecánico a la tubería dentro del recinto de compresión se presenta una fuga gas natural la cual encuentra una fuente de ignición retardada generando un evento de tipo VAPOUR CLOUD EXPLOSION confinado.	10	NO TOLERABLE A	F4	C6	NODO 2 (WHAT-IF)	Recinto de Compresión	Gas Natural
2	E2-WF-13 / HZ-19.2	Por corrosión en un cilindro de la unidad de almacenamiento se fuga el contenido de gas natural de este almacenándose dentro del recinto de compresión y encuentra una fuente de ignición retardada generando un evento de tipo VAPOUR CLOUD EXPLOSION confinado.	10	NO TOLERABLE A	F4	C6	NODO 3 (HAZOP) / NODO 3 (HAZOP)	Recinto de Compresión	Gas Natural
3	E3-WF-1	Por golpe mecánico en la tubería o accesorios de la ERM se presenta una fuga de gas natural que se almacena dentro de esta y encuentra una fuente de ignición retardada generando un evento de tipo VAPOUR CLOUD EXPLOSION confinado.	10	NO TOLERABLE A	F4	C6	NODO 1 (WHAT-IF)	Estación de Regulación y Medición	Gas Natural
4	E4-WF-7.1.1	Por golpe mecánico a la tubería dentro del recinto de compresión se presenta una fuga gas natural la cual encuentra una fuente de ignición inmediata generando un evento de tipo JET FIRE.	10	NO TOLERABLE A	F4	C6	NODO 2 (WHAT-IF)	Recinto de Compresión	Gas Natural
5	E5-HZ-16.2	Un cilindro de la unidad de almacenamiento sufre un incremento en su presión y fallan las válvulas de seguridad generando un evento de tipo EXPLOSION FISICA.	10	ALARP B	F4	C6	NODO 3 (HAZOP)	Recinto de Compresión	Gas Natural

6	E6-WF-21	El tanque de un vehículo que va a cargar gas natural es sobrellenado y su válvula de seguridad falla generando un evento de tipo EXPLOSION FISICA.	10	NO TOLERABLE A	F4	C6	NODO 4 (WHAT-IF)	Suministro a Vehiculos	Gas Natural
---	----------	--	----	----------------	----	----	------------------	------------------------	-------------

NOTA: Cabe destacar que los diferentes escenarios están planteados considerando que no contemplan salvaguardas; con lo cual se puede analizar las peores consecuencias de estos.

5.4.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGO

5.4.2.1. ANÁLISIS DE FRECUENCIAS

La metodología del árbol de fallos también llamada **FTA (Fault Tree Analysis)**, la cual es una técnica deductiva que se aplica a un sistema técnico o proceso para la identificación de los sucesos que pueden conducir a un incidente no deseado, en general un accidente o fallo global de un sistema. Esta técnica permite a sí mismo la cuantificación de la probabilidad o frecuencia con que puede producirse un suceso.

La ventaja principal de esta técnica es su representación gráfica, que facilita la comprensión de la causalidad; de hecho, un árbol de fallos como tal es un modelo gráfico en forma de árbol invertido que ilustra la combinación lógica de fallos parciales que conducen al fallo del sistema. La relación lógica entre los sucesos es representada por los operadores lógicos “Y”, “O”, INH (operador condicional) aplicados al álgebra booleana.

Accidente o fallo del sistema (denominado también suceso no deseado o top event), son situaciones excepcionales objeto de estudio mediante la elaboración y análisis de árboles de fallos. Estos accidentes se analizan mediante las demás técnicas, para este caso en particular, serán identificados los tops event por medio del **WHAT-IF y HAZOP** y serán analizados a detalle con un árbol de fallos.

Los fallos que se dan en sistemas técnicos pueden básicamente ser de dos tipos:

- Fallos primarios: aquellos atribuibles a defectos de los componentes y no a la interacción con el exterior (por ejemplo, una soldadura mal hecha, etc.)
- Fallos secundarios: aquellos atribuibles a la interacción del exterior con los componentes (por ejemplo, la rotura de un motor eléctrico por giro inverso al conectar las fases al revés, etc.). Estos siempre son el resultado de condiciones anómalas de funcionamiento y tienen una causa bien definida.

Para la elaboración de un árbol de fallos, es necesario un estudio previo a fin de determinar los incidentes susceptibles de ser analizados y evaluados (top event) que son identificados mediante **análisis histórico y/o un Árbol de Evento** como este caso. Seguidamente, y de manera secuencial, es necesario identificar los fallos de los elementos y las relaciones lógicas que conducen al accidente. La identificación de los sucesos y las cadenas de sucesos se hace partiendo de la eventualidad no deseada y deduciendo la combinación lógica de incidentes que la pueden desencadenar de manera recurrente. El primer paso es la determinación de los sucesos más inmediatos necesarios y suficientes para que se produzca el fallo del sistema. Con esta forma

de operar, para cada nuevo elemento planteado, se generan árboles de fallos. El proceso finaliza cuando todos los fallos identificados son primarios.

El análisis cuantitativo permite calcular básicamente la frecuencia de acontecimiento de un accidente y la indisponibilidad del sistema. Para poder efectuar el análisis cuantitativo se precisa conocer el tiempo de funcionamiento de la instalación y las tasas de fallos.

Los criterios utilizados para las tasas de fallos para este caso son los siguientes:

Tabla 34. Criterios de Tasas de Fallos

DESCRIPCIÓN	CRITERIO	CRITERIO CUANTITATIVO DE FRECUENCIA
Frecuente	Ocurre frecuentemente	0.1
Probable	Puede ocurrir varias veces durante la vida del Proyecto	0.01
Ocasional	Puede ocurrir alguna vez durante la vida del Proyecto	0.001
Remoto	Difícil que ocurra, pero es probable	0.0001
Improbable	No se espera que ocurra	0.00001

Nota: Estos criterios sirven para establecer las probabilidades de fallos y la jerarquización de riesgos que serán modelados entre los diferentes eventos analizados y no necesariamente indican un periodo de tiempo en que pudieran presentarse.

Tabla 35. Simbología Árboles de Fallos

	Puerta lógica "Y"	El suceso de salida sucede solamente si se cumplen todos los sucesos de entrada.
	Puerta lógica "O"	El suceso de salida ocurre si se cumple cualquiera de los sucesos de entrada.
	Puerta lógica "INH"	El suceso de salida ocurre solamente si se dan los sucesos de entrada y se cumple la condición.
	Fallo primario	Fallo de un componente que no tiene una causa primera identificable. Es el máximo nivel de detalle del árbol.
	Fallo secundario	Fallo de un componente que tiene una causa primera identificable.
	Suceso no desarrollado	Fallo de un componente que tiene una causa primera pero no es desarrollado por falta de información.

	Suceso externo	Condición o suceso dado por las condiciones exteriores al límite de la instalación.
	Transferencia	Las puertas de transferencia indican la división del árbol en algunas partes (entrada y salida)

Con base a los resultados del **WHAT IF...?** y **HAZOP**, se identificaron los siguientes **TOP EVENT**:

Tabla 36. Top Event

Top Event	Clave Escenario de Riesgo Identificado	Sustancia	Descripción del Escenario Identificado	Sitio donde se presentaría el evento
1 - VAPOR CLOUD EXPLOSION	E1-WF-7.1.2	Gas Natural	Por golpe mecánico a la tubería dentro del recinto de compresión se presenta una fuga gas natural la cual encuentra una fuente de ignición retardada generando un evento de tipo VAPOUR CLOUD EXPLOSION confinado.	Recinto de Compresión
2 - VAPOR CLOUD EXPLOSION	E2- WF-13 / HZ-19.2	Gas Natural	Por corrosión en un cilindro de la unidad de almacenamiento se fuga el contenido de gas natural de este almacenándose dentro del recinto de compresión y encuentra una fuente de ignición retardada generando un evento de tipo VAPOUR CLOUD EXPLOSION confinado.	Recinto de Compresión
3 - VAPOR CLOUD EXPLOSION	E3-WF-1	Gas Natural	Por golpe mecánico en la tubería o accesorios de la ERM se presenta una fuga de gas natural que se almacena dentro de esta y encuentra una fuente de ignición retardada generando un evento de tipo VAPOUR CLOUD EXPLOSION confinado.	Estación de Regulación y Medición
4 - JETFIRE	E4-WF-7.1.1	Gas Natural	Por golpe mecánico a la tubería dentro del recinto de compresión se presenta una fuga gas natural la cual encuentra una fuente de ignición inmediata generando un evento de tipo JET FIRE.	Recinto de Compresión
5 – EXPLOSION FISICA	E5-HZ-16.2	Gas Natural	Un cilindro de la unidad de almacenamiento sufre un incremento en su presión y fallan las válvulas de seguridad generando un evento de tipo EXPLOSION FISICA.	Recinto de Compresión
6 – EXPLOSION FISICA	E6-WF-21	Gas Natural	El tanque de un vehículo que va a cargar gas natural es sobrellenado y su válvula de seguridad falla generando un evento de tipo EXPLOSION FISICA.	Suministro a Vehículos

PROBABILIDAD DE IGNICION GAS NATURAL

Para poder identificar las frecuencias de los escenarios, se necesita establecer la probabilidad de ignición para el Gas Natural usando la metodología establecida por AICHE-CCPS²¹.

²¹ CCPS-Wiley – Guidelines for Determining the Probability of Ignition of a Released Flammable Mass.

Tabla 37. Valores de Gas Natural Comprimido para el cálculo de la probabilidad de ignición inmediata y retardada

Temperatura de Autoignición ²²	650	°C
Temperatura ambiente ²³	30.9	°C
T/AIT	0.04753846	
P _{ai}	0	
MIE	0.3	mJ
S – Motor de vehículo	0.3	
Duración de la fuga	10	min
Densidad ²⁴	0.61	kg/m ³
Cantidad descargada ²⁵	3,360	l
Flash Point ²⁶	-222	°C
Presión ²⁷	3625.94	psi

a) Probabilidad de Ignición INMEDIATA

Usando el método CCPS Level 2 para el cálculo de probabilidad de Ignición Inmediata (POII), se tiene lo siguiente:

$$POII_{LEVEL2} = P_{ai} + (1 + P_{ai}) * 0.003 * P^{1/3} * MIE^{-0.6}$$

Donde:

MIE = Energía mínima de ignición (mJ)

P = Presión

$P_{ai} = 1 - 3360e^{-9.5(T/AIT)}$

²² Conforme a Hojas de datos de Seguridad.

²³ Conforme a las temperaturas normales del periodo 1981-2010 de la zona donde se establece el proyecto, Estación Meteorológica No. 5026 ubicada a unos 650 m aprox. al norte del proyecto.

²⁴ Conforme a Hojas de datos de Seguridad.

²⁵ Se considera el contenido total de la unidad almacenamiento (Pulmón o cascada) con capacidad de 3,360 litros agua en 42 contenedores de 80 litros agua cada uno

²⁶ Conformar a Hojas de Datos de Seguridad.

²⁷ Se considera la presión normal a la que se encuentra el gas dentro de la unidad de mayor capacidad.

Tabla 38. Probabilidad de Ignición Inmediata

PROBABILIDAD DE IGNICIÓN INMEDIATA	
POII	0.0949

b) Probabilidad de Ignición RETARDADA

Usando el método CCPS Level 2 para el cálculo de probabilidad de Ignición Retardada (PODI), se tiene lo siguiente:

$$PODI_{L2} = (PODI_{S/D})(M_{MAG})(M_{MAT})(M_T)(M_{IN/OUT})$$

$$PODI_{S/D} = 1 - [(1 - S^2) * e^{-S * t}]$$

$$M_{MAG} = (\text{Cantidad descargada (lb)} / 3.360)^{0.3}$$

$$M_{MAT} = 0.5 - 1.7 * \log(MIE)$$

$$M_T = 0.4 + (T - 1.3 * FP) / 230$$

$$M_{IN/OUT} = 1.5 \text{ para fugas en interior y } 1 \text{ para fugas en exterior}$$

Donde:

MIE = Energía mínima de ignición (mJ)

S = Fuente de Ignición (Motor de vehículo = 0.3)

t = Tiempo de exposición en minutos (Se consideran 10 m)

FP = Flash point (F)

T = Temperatura ambiente (F)

Unavailability (Q) = Probabilidad de que un componente o sistema no esté operando.

Failure frequency (w) = Probabilidad por unidad de tiempo que un componente o sistema experimente una falla al tiempo t falla/año.

Tabla 39. Probabilidad de Ignición Retardada de Gas Natural Comprimido

PODIS/D	1.80769832
MMAG	0.12212648
MMAT	1.38889387
MT	2.85869565
MINOUT	1
PODI-Inter	0.877
PODI	0.8765

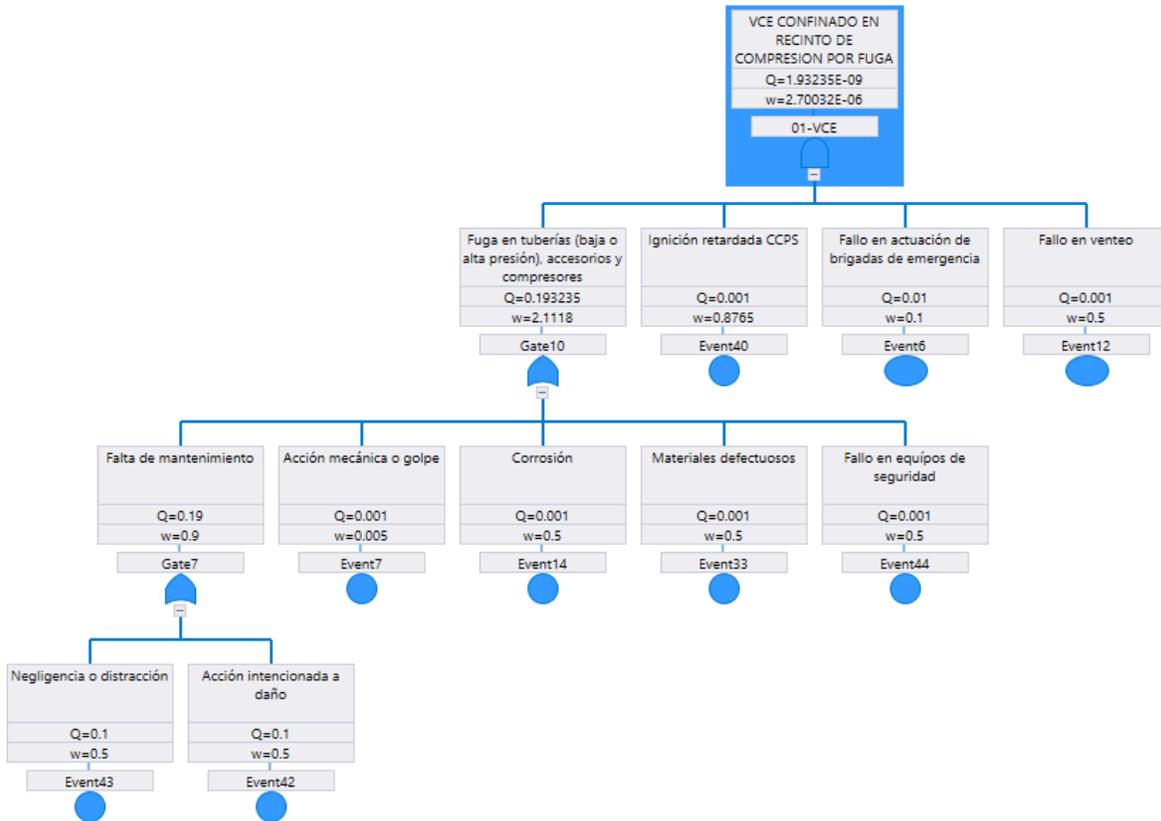
Para la elaboración de los árboles de fallo se utilizará el **Software TopEvent FTA 2017** el cual es un software interactivo para el análisis cualitativo y cuantitativo del árbol de fallas donde se puede crear árboles de fallos complejos. Permite una evaluación rápida de árboles de fallos coherentes y no coherentes con millones de conjuntos de corte mínimo, y puede calcular los valores exactos de los factores de importancia y la indisponibilidad; **Top Event FTA 2017** incorpora dos métodos de evaluación del árbol de fallos:

- El método clásico de conjuntos de corte mínimo
- El método de diagrama de decisión binario.

Los árboles de fallos para cada uno de estos riesgos son:

TOP EVENT 1

VAPOUR CLOUD EXPLOSION CONFINADO EN RECINTO DE COMPRESION POR FUGA EN TUBERIAS O ACCESORIOS



Contribución de factores

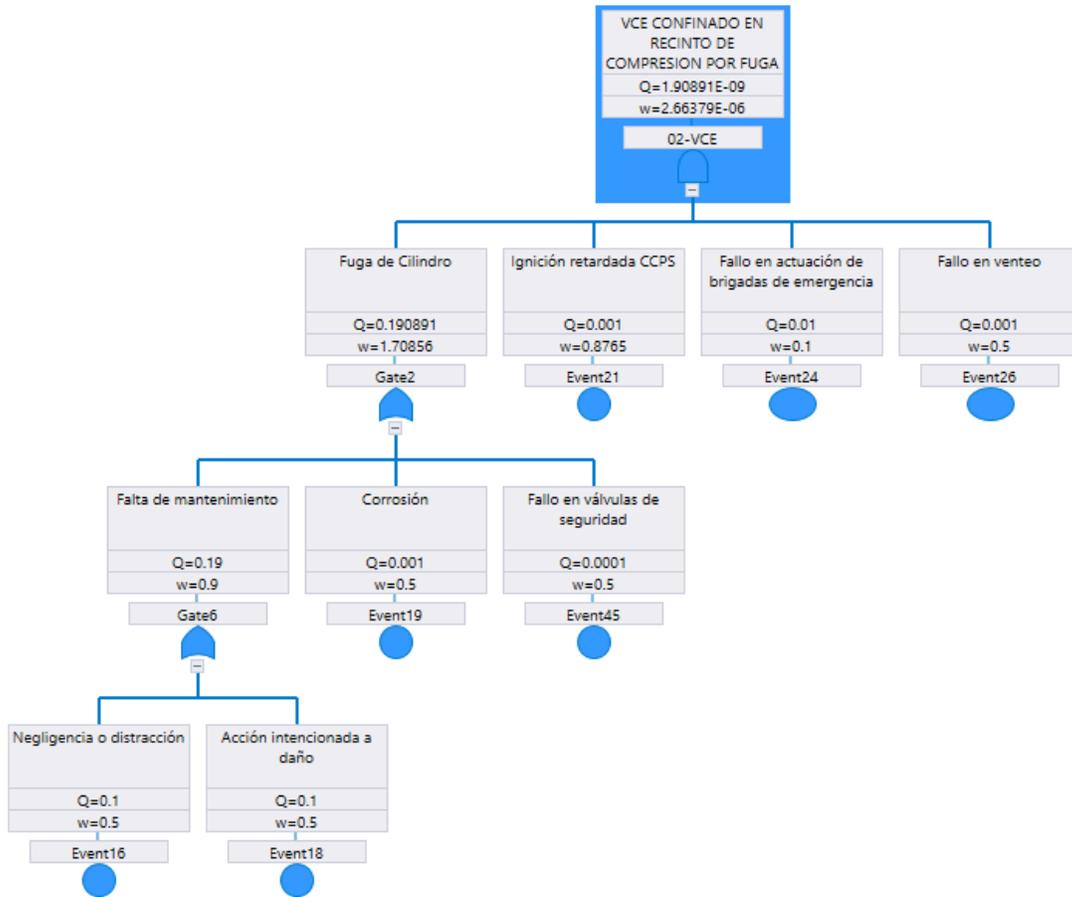
	Minimal Cut Set	Order	Unavailability	Contribution ?
1	Event6.Event12.Event40.Event43	4	1E-09	0.490196
2	Event6.Event12.Event40.Event42	4	1E-09	0.490196
3	Event6.Event7.Event12.Event40	4	1E-11	0.00490196
4	Event6.Event12.Event14.Event40	4	1E-11	0.00490196
5	Event6.Event12.Event33.Event40	4	1E-11	0.00490196
6	Event6.Event12.Event40.Event44	4	1E-11	0.00490196

Summary

Variable	Value
Unavailability ?	1.93235E-09
Availability ?	1
Average Unavailability ?	1.93235E-09
Unreliability ?	2.70032E-06
Reliability ?	0.999997
Unconditional Failure Intensity. Units [1/hour] ?	2.70032E-06
Average Unconditional Failure Intensity. Units [1/hour] ?	2.70032E-06
Conditional Failure Intensity. Units [1/hour] ?	2.70032E-06
Average Conditional Failure Intensity. Units [1/hour] ?	2.70032E-06
Expected Number of Failures ?	2.70032E-06
Total Down Time [hours] ?	1.93235E-09
Probability of Failure on Demand (PFD) ?	1.93235E-09
Average Probability of Failure on Demand (PFD Avg) ?	1.93235E-09
Probability of Failure per Hour (PFH) ?	2.70032E-06
Average Probability of Failure per Hour (PFH Avg) ?	2.70032E-06

TOP EVENT 2

VAPOUR CLOUD EXPLOSION CONFINADO EN RECINTO DE COMPRESION POR FUGA EN CILINDRO DE LA UNIDAD DE ALMACENAMIENTO (PULMON O CASCADA)



Contribución de factores

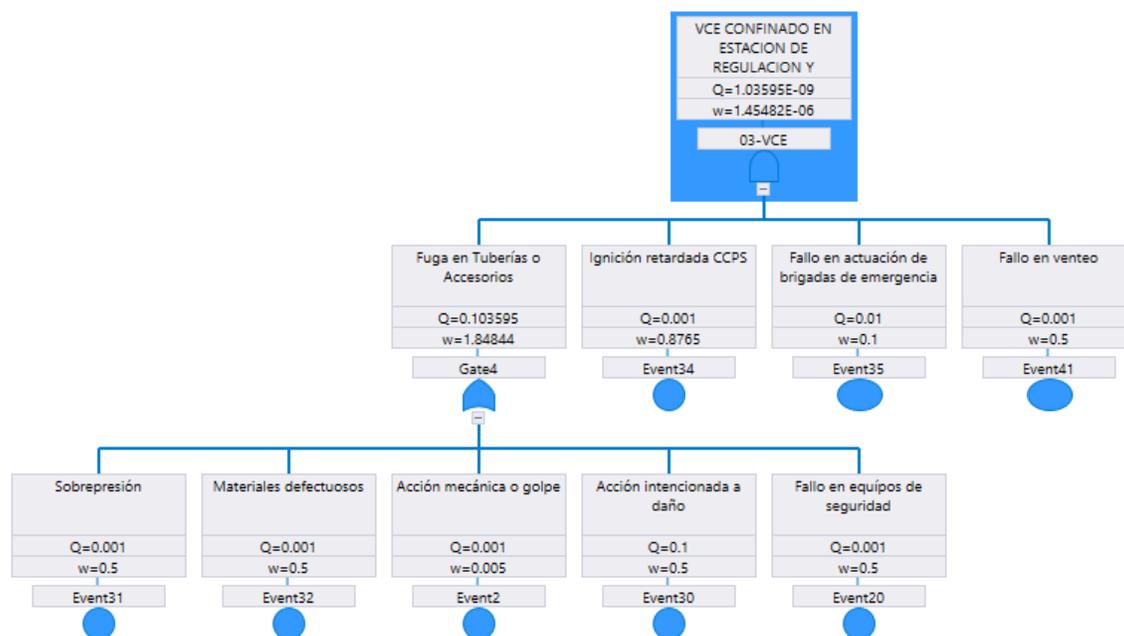
	Minimal Cut Set	Order	Unavailability	Contribution ?
1	Event16.Event21.Event24.Event26	4	1E-09	0.497265
2	Event18.Event21.Event24.Event26	4	1E-09	0.497265
3	Event19.Event21.Event24.Event26	4	1E-11	0.00497265
4	Event21.Event24.Event26.Event45	4	1E-12	0.000497265

Summary

Variable	Value
Unavailability ?	1.90891E-09
Availability ?	1
Average Unavailability ?	1.90891E-09
Unreliability ?	2.66378E-06
Reliability ?	0.999997
Unconditional Failure Intensity. Units [1/hour] ?	2.66379E-06
Average Unconditional Failure Intensity. Units [1/hour] ?	2.66379E-06
Conditional Failure Intensity. Units [1/hour] ?	2.66379E-06
Average Conditional Failure Intensity. Units [1/hour] ?	2.66379E-06
Expected Number of Failures ?	2.66379E-06
Total Down Time [hours] ?	1.90891E-09
Probability of Failure on Demand (PFD) ?	1.90891E-09
Average Probability of Failure on Demand (PFD Avg) ?	1.90891E-09
Probability of Failure per Hour (PFH) ?	2.66379E-06
Average Probability of Failure per Hour (PFH Avg) ?	2.66379E-06

TOP EVENT 3

VAPOUR CLOUD EXPLOSION CONFINADO EN ESTACION DE REGULACION Y MEDICION POR FUGA EN TUBERIAS O ACCESORIOS



Contribución de factores

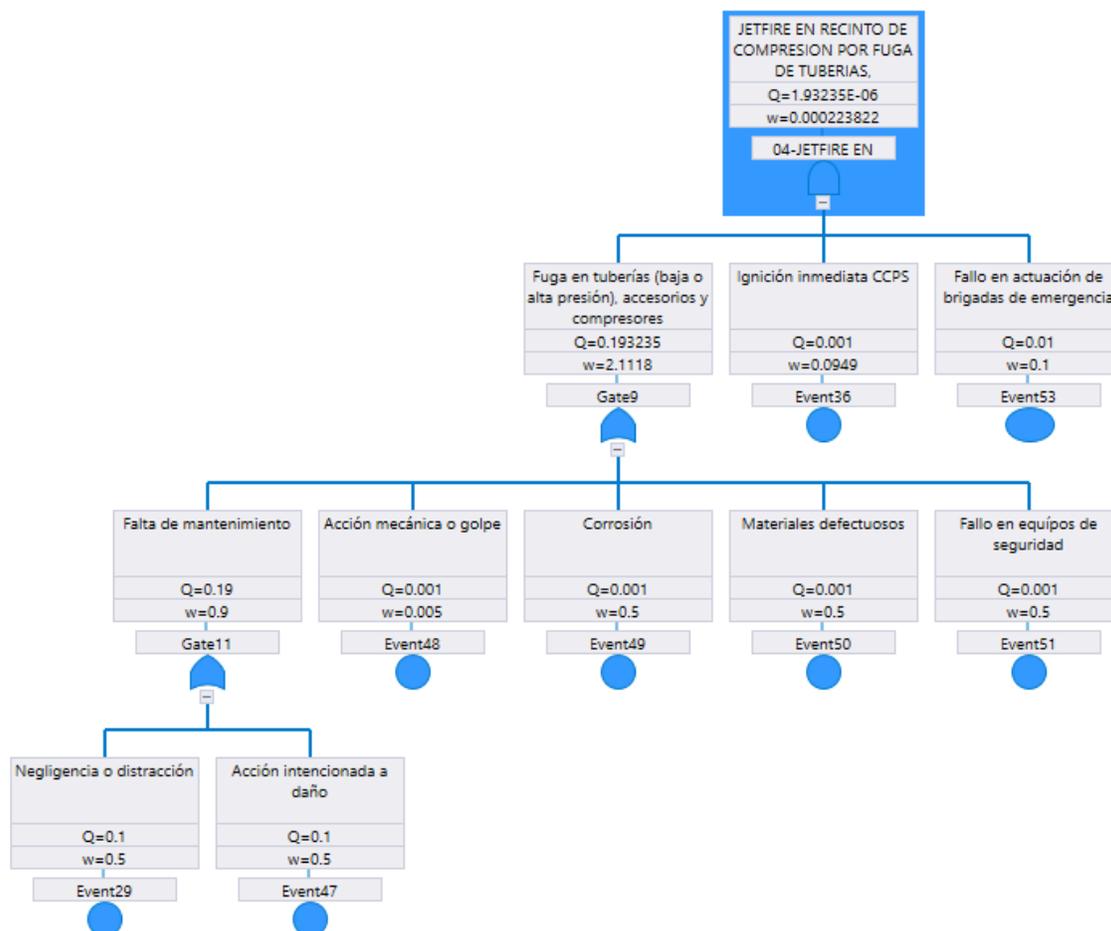
	Minimal Cut Set	Order	Unavailability	Contribution ?
1	Event30.Event34.Event35.Event41	4	1E-09	0.961538
2	Event31.Event34.Event35.Event41	4	1E-11	0.00961538
3	Event32.Event34.Event35.Event41	4	1E-11	0.00961538
4	Event2.Event34.Event35.Event41	4	1E-11	0.00961538
5	Event20.Event34.Event35.Event41	4	1E-11	0.00961538

Summary

Variable	Value
Unavailability ?	1.03595E-09
Availability ?	1
Average Unavailability ?	1.03595E-09
Unreliability ?	1.45482E-06
Reliability ?	0.999999
Unconditional Failure Intensity. Units [1/hour] ?	1.45482E-06
Average Unconditional Failure Intensity. Units [1/hour] ?	1.45482E-06
Conditional Failure Intensity. Units [1/hour] ?	1.45482E-06
Average Conditional Failure Intensity. Units [1/hour] ?	1.45482E-06
Expected Number of Failures ?	1.45482E-06
Total Down Time [hours] ?	1.03595E-09
Probability of Failure on Demand (PFD) ?	1.03595E-09
Average Probability of Failure on Demand (PFD Avg) ?	1.03595E-09
Probability of Failure per Hour (PFH) ?	1.45482E-06
Average Probability of Failure per Hour (PFH Avg) ?	1.45482E-06

TOP EVENT 4

JETFIRE EN RECINTO DE COMPRESION POR FUGA EN TUBERIAS O ACCESORIOS



Contribución de factores

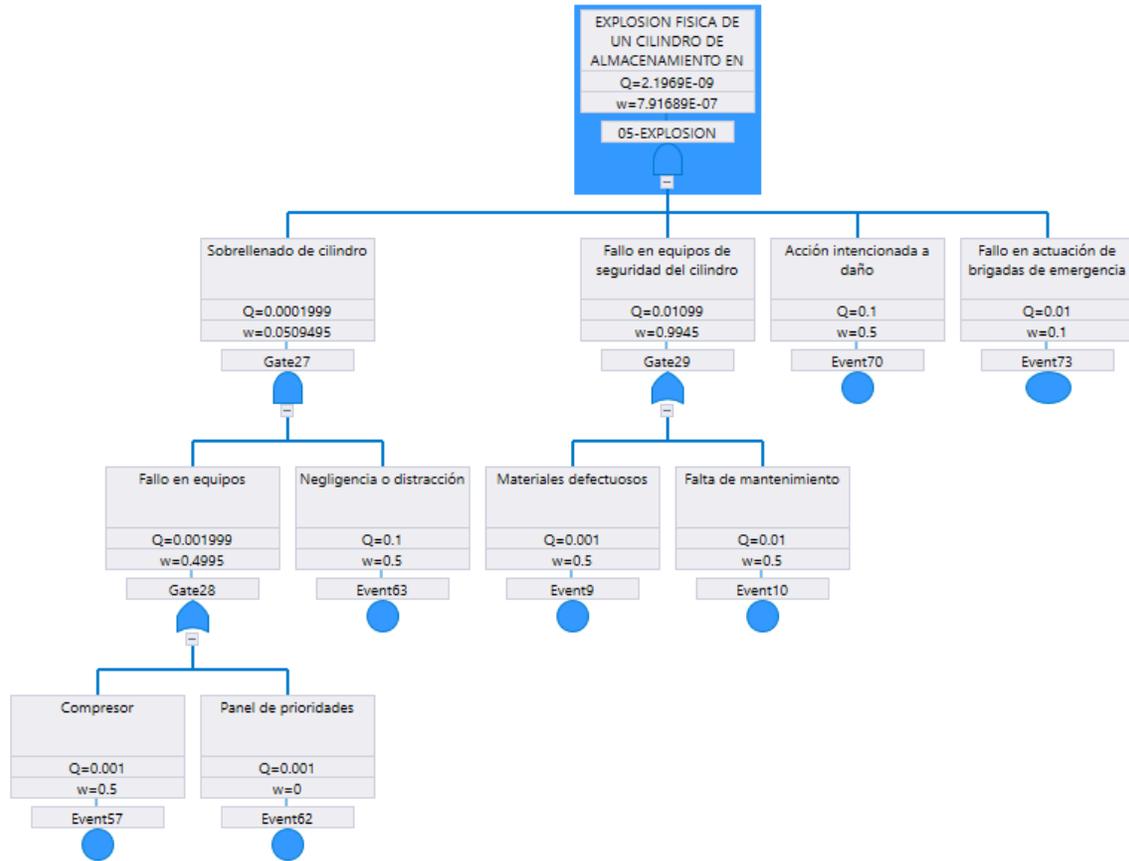
	Minimal Cut Set	Order	Unavailability	Contribution ?
1	Event29.Event36.Event53	3	1E-06	0.490196
2	Event36.Event47.Event53	3	1E-06	0.490196
3	Event36.Event48.Event53	3	1E-08	0.00490196
4	Event36.Event49.Event53	3	1E-08	0.00490196
5	Event36.Event50.Event53	3	1E-08	0.00490196
6	Event36.Event51.Event53	3	1E-08	0.00490196

Summary

Variable	Value
Unavailability ?	1.93235E-06
Availability ?	0.999998
Average Unavailability ?	1.93235E-06
Unreliability ?	0.000223796
Reliability ?	0.999776
Unconditional Failure Intensity, Units [1/hour] ?	0.000223822
Average Unconditional Failure Intensity, Units [1/hour] ?	0.000223822
Conditional Failure Intensity, Units [1/hour] ?	0.000223822
Average Conditional Failure Intensity, Units [1/hour] ?	0.000223822
Expected Number of Failures ?	0.000223822
Total Down Time [hours] ?	1.93235E-06
Probability of Failure on Demand (PFD) ?	1.93235E-06
Average Probability of Failure on Demand (PFD Avg) ?	1.93235E-06
Probability of Failure per Hour (PFH) ?	0.000223822
Average Probability of Failure per Hour (PFH Avg) ?	0.000223822

TOP EVENT 5

EXPLOSION FISICA DE UN CILINDRO DE LA UNIDAD DE ALMACENAMIENTO (PULMON O CASCADA)



Contribución de factores

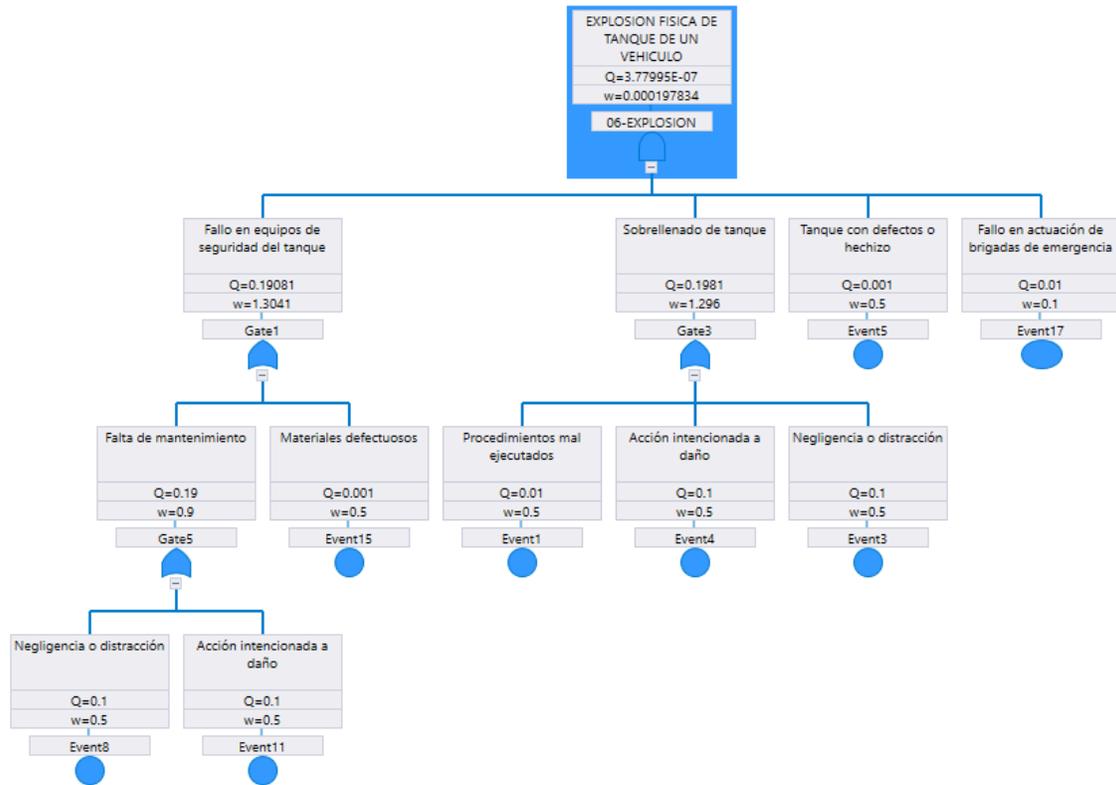
	Minimal Cut Set	Order	Unavailability	Contribution ?
1	Event10.Event57.Event63.Event70.Event73	5	1E-09	0.454545
2	Event10.Event62.Event63.Event70.Event73	5	1E-09	0.454545
3	Event9.Event57.Event63.Event70.Event73	5	1E-10	0.0454545
4	Event9.Event62.Event63.Event70.Event73	5	1E-10	0.0454545

Summary

Variable	Value
Unavailability ?	2.1969E-09
Availability ?	1
Average Unavailability ?	2.1969E-09
Unreliability ?	7.91688E-07
Reliability ?	0.999999
Unconditional Failure Intensity, Units [1/hour] ?	7.91689E-07
Average Unconditional Failure Intensity, Units [1/hour] ?	7.91689E-07
Conditional Failure Intensity, Units [1/hour] ?	7.91689E-07
Average Conditional Failure Intensity, Units [1/hour] ?	7.91689E-07
Expected Number of Failures ?	7.91689E-07
Total Down Time [hours] ?	2.1969E-09
Probability of Failure on Demand (PFD) ?	2.1969E-09
Average Probability of Failure on Demand (PFD Avg) ?	2.1969E-09
Probability of Failure per Hour (PFH) ?	7.91689E-07
Average Probability of Failure per Hour (PFH Avg) ?	7.91689E-07

TOP EVENT 6

EXPLOSION FISICA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE UN VEHICULO



Contribución de factores

	Minimal Cut Set	Order	Unavailability	Contribution ?
1	Event4.Event5.Event8.Event17	4	1E-07	0.236911
2	Event3.Event5.Event8.Event17	4	1E-07	0.236911
3	Event4.Event5.Event11.Event17	4	1E-07	0.236911
4	Event3.Event5.Event11.Event17	4	1E-07	0.236911
5	Event1.Event5.Event8.Event17	4	1E-08	0.0236911
6	Event1.Event5.Event11.Event17	4	1E-08	0.0236911
7	Event4.Event5.Event15.Event17	4	1E-09	0.00236911
8	Event3.Event5.Event15.Event17	4	1E-09	0.00236911
9	Event1.Event5.Event15.Event17	4	1E-10	0.000236911

Summary

Variable	Value
Unavailability ?	3.77995E-07
Availability ?	1
Average Unavailability ?	3.77995E-07
Unreliability ?	0.000197811
Reliability ?	0.999802
Unconditional Failure Intensity. Units [1/hour] ?	0.000197834
Average Unconditional Failure Intensity. Units [1/hour] ?	0.000197834
Conditional Failure Intensity. Units [1/hour] ?	0.000197834
Average Conditional Failure Intensity. Units [1/hour] ?	0.000197834
Expected Number of Failures ?	0.000197834
Total Down Time [hours] ?	3.77995E-07
Probability of Failure on Demand (PFD) ?	3.77995E-07
Average Probability of Failure on Demand (PFD Avg) ?	3.77995E-07
Probability of Failure per Hour (PFH) ?	0.000197834
Average Probability of Failure per Hour (PFH Avg) ?	0.000197834

Tabla 40. Resumen de Análisis de Frecuencias Arboles de Fallos

Top Event	Frecuencia
TOP EVENT 1 - VAPOUR CLOUD EXPLOSION CONFINADO EN RECINTO DE COMPRESION POR FUGA EN TUBERIAS O ACCESORIOS	2.70E-06
TOP EVENT 2 - VAPOUR CLOUD EXPLOSION CONFINADO EN RECINTO DE COMPRESION POR FUGA EN CILINDRO DE LA UNIDAD DE ALMACENAMIENTO (PULMON O CASCADA)	2.66E-06
TOP EVENT 3 - VAPOUR CLOUD EXPLOSION CONFINADO EN ESTACION DE REGULACION Y MEDICION POR FUGA EN TUBERIAS O ACCESORIOS	1.45E-06
TOP EVENT 4 - JETFIRE EN RECINTO DE COMPRESION POR FUGA EN TUBERIAS O ACCESORIOS	2.24E-04
TOP EVENT 5 - EXPLOSION FISICA DE UN CILINDRO DE LA UNIDAD DE ALMACENAMIENTO (PULMON O CASCADA)	7.91E-07
TOP EVENT 6 - EXPLOSION FISICA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE UN VEHICULO	1.98E-04

5.4.2.2. ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

Para el análisis de consecuencias se tomará en cuenta la diferente información obtenida dentro del estudio como lo son los datos de cada uno de los escenarios planteados donde se establecerá específicamente el tipo de caso así como el modelo de simulación empleado; las sustancias involucradas (gas natural, las condiciones en las que se encuentra, así como sus características de liberación y las condiciones atmosféricas de la zona; esta información se plasmará conforme al formato del Anexo 2 de la Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos.

Aunado a lo anterior, para la simulación de los escenarios se llevará a cabo por medio del simulador **ALOHA 5.4.7**, el cual es un programa de modelado de riesgos para el paquete de software CAMEO® desarrollado conjuntamente por NOAA y la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

Según su información sobre la liberación de una sustancia química, los modelos de concentración de la fuente de ALOHA estiman la rapidez con la que la sustancia química escapará de un tanque, charco o tubería de gas y formará una nube de gases peligrosos, y también cómo esa tasa de liberación puede cambiar con el tiempo.

ALOHA le permite ingresar detalles sobre una liberación química real o potencial, y luego generará estimaciones de zonas de amenaza para varios tipos de peligros.

ALOHA puede modelar nubes de gases tóxicos, nubes de gases inflamables, BLEVE (Explosiones de vapor de expansión de líquido hirviendo), incendios de chorros, incendios de piscinas y explosiones de nubes de vapor.

ALOHA produce una estimación de la zona de amenaza, que muestra el área donde se predice que un peligro particular (como toxicidad o radiación térmica) excederá un Nivel de preocupación (LOC) especificado por el usuario en algún momento después de que comience la liberación.

Para la definición y justificación de las Zonas de Alto Riesgo por Daño a Equipos, Alto Riesgo y Amortiguamiento se utilizarán los siguientes parámetros:

Tabla 41. Parámetros por utilizar para la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento para el Estudio de Riesgo

	Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
Toxicidad (Concentración)	---	IDLH (ppm)	TLV _(8 h, TWA) o TLV _(15 min, STEL) (ppm)
Inflamabilidad (Radiación Térmica)	Rango de 12.5 kW/m ² a 37.5 kW/m ²	5 kW/m ²	1.4 kW/m ²
Explosividad (Sobrepresión)	Rango de 3 lb/in ² a 10 lb/in ²	1 lb/in ² (0.070 kg/cm ²)	0.5 lb/in ² (0.035 kg/cm ²)

Los criterios por tomar en cuenta en cuanto a la sobrepresión y radiación térmica son los siguientes:

Tabla 42. Efectos observados asociados a la sobrepresión (explosión)

Presión PSI	Efecto
0.5	Daño a ventanas pequeñas y grandes.
1.0	Daños estructurales severos en viviendas, demolición parcial de casas (inhabitables).
3	Daños a edificios con estructura metálica, equipo pesado sufre poco daño.
3-4	Ruptura de tanques de almacenamiento de crudo. Estructuras metálicas de edificios distorsionadas y/o arrancadas de sus cimientos.
4	Recubrimiento de edificios industriales fracturado.
5	Postes de madera de líneas telefónicas o de electricidad rotos, arrancados o derribados.
5-7	Destrucción prácticamente completa de casas.
6.3	50 % de probabilidad de rotura del tímpano.
7	Vagones de tren cargados volteados (destrucción de viviendas ordinarias).
7-8	Paredes de ladrillo, de 8 a 12" delgadas no reforzadas, fallan por fricción.
9	Carros caja de tren cargados completamente destruidos
10	Probable destrucción total de edificios, maquinaria pesada.

Tabla 43. Efectos asociados a la intensidad de radiación térmica

Intensidad Radiación Térmica kW/m ²	Efecto en Equipos y Materiales	Efecto en Personas
37.5	Suficiente para causar daños a equipos de proceso; colapso de estructuras.	100% de mortalidad en un minuto.
25	El acero Delgado, aislado, puede perder su integridad mecánica. Energía mínima para encender madera, por larga exposición sin llama	1% de mortalidad en un 1 minuto. Lesiones significativas en 10 segundos.
12.5	Energía mínima para encender madera después de una larga exposición, con llama ignición de tubos y recubrimientos de plásticos en cables eléctricos, daños severos a equipos de instrumentación	Máximo soportable protegido con trajes especiales, por tiempo limitado (ejemplo: bomberos). Es más que conveniente de todos modos refrigerar a la persona expuesta a esta dosis. Sin trajes especiales, 1% de mortalidad en 1 minuto, quemaduras de 1er grado en 10

		segundos.
5	Intensidad de calor en áreas donde acciones de emergencia, con duración de hasta varios minutos, se pueden realizar por parte del personal sin blindaje, pero con ropa apropiada, descomposición de la madera.	
1.4	Deshidratación de la madera, quemaduras de primer grado	

ESPECIFICACIONES DE ESCENARIOS DE RIESGO

NOTA: Para el cálculo de los escenarios de explosión físicas del tanque de almacenamiento de un vehículo, así como de los cilindros de almacenamiento se considerará lo establecido en el *modelo de cálculo establecido en "Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis" 2ª. Ed. CCPC-AICHE, pg 181-198.*



5.4.2.2-A - Reporte de Especificaciones de Escenarios de Riesgos
(SIGUIENTE PAGINA)

HOJAS DE TRABAJO DE LAS SIMULACIONES MEDIANTE SOFTWARE

NOTA: Para las diferentes modelaciones de Gas Natural, se utilizó como base el GAS METANO el cual se encuentra en la mezcla con más del 80%²⁸, teniendo características similares y, por lo tanto, los modelos de simulación con gas metano tienen un comportamiento similar al del Gas Natural.



5.4.2.2-B - Reportes de Modelaciones de Simulaciones de Escenarios de Riesgo

(SIGUIENTE PAGINA)

²⁸ De acuerdo con las Hojas de Datos de Seguridad de Materiales

5.5. REPRESENTACIÓN EN PLANOS LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN



Plano 9. Planos de Radios Potenciales de Afectación

5.6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO

5.6.1. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Las posibles afectaciones a los Receptores de Riesgo para las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento de acuerdo con los diferentes escenarios son las siguientes:

Tabla 44. Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E1-WF-7.1.2

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Descripción de las Salvaguardas Existentes	Recomendaciones para Implementar
E1-WF-7.1.2	Personal	Radiación	Alto Riesgo	---	Válvulas de seguridad.	Revisión y mantenimiento preventivo y correctivo a tuberías y accesorios.
			Amortiguamiento	---	Válvulas de corte de suministro de gas natural.	Contar con sistemas de alarma redundantes.
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Posibilidad de daños en tímpanos, pulmones, heridas por desplazamiento del cuerpo o colisión contra objetos y/o estructuras, lo que podría generar hasta la muerte dependiendo en mayor o menor medida la distancia a la fuente del evento y las estructuras presentes.	Paro de emergencia.	Capacitación continua a brigadas de emergencia.
			Amortiguamiento	Esta zona se encuentra fuera de las instalaciones del proyecto por lo que no se presentarán afectaciones al personal.	Detectores de gas.	Prohibir fuentes de ignición en el área.
		Toxicidad	Alto Riesgo	---	Medidores de flujo.	Contar con equipos de combate a incendios.
			Amortiguamiento	---	Sistema vs incendio.	
	Población	Radiación	Alto Riesgo	---	Brigadas de emergencia.	Mantenimiento preventivo y correctivo al sistema de detectores de gas natural, válvulas, sistema de venteo, al sistema de alarmas para atmosferas explosivas y sistema vs incendio.
			Amortiguamiento	---	Sistema de venteo.	
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Posibilidad de daños en tímpanos, pulmones, heridas por desplazamiento del cuerpo o colisión contra objetos y/o estructuras, lo que podría generar hasta la muerte dependiendo en mayor o menor medida la distancia a la fuente del evento y las estructuras presentes; la población que se podría ver afectada es la que se encuentra en zonas vulnerables de	Plan de emergencias.	Contar con plan de emergencias.
					Detectores automáticos de mezclas explosivas con alarma visual y sonora.	

		Amortiguamiento	población como lo son viviendas y una plaza comercial.	Protecciones a tubería y accesorios. Paro automático por alta presión. Paro automático por baja presión.
			Afectaciones mínimas como sordera momentánea y aturdimiento dependiendo en mayor o menor medida la distancia a la fuente del evento, así como a las características y las estructuras presentes; la población que se podría ver afectada es la que se encuentra en zonas vulnerables de población como lo son viviendas y una plaza comercial.	
	Toxicidad	Alto Riesgo	---	
		Amortiguamiento	---	
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	---
			Amortiguamiento	---
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Al ser un evento que se presenta con una corta duración, se considera que el efecto principal sería contaminación momentánea de la atmósfera derivada de la combustión del gas y daño de algunas especies arbóreas
			Amortiguamiento	Posible contaminación momentánea de la atmósfera derivada de la combustión del gas y posibilidad de daño a especies arbóreas.
		Toxicidad	Alto Riesgo	---
			Amortiguamiento	---
	Infraestructura	Radiación	Alto Riesgo (Daño a Equipos)	---
			Alto Riesgo	---
			Amortiguamiento	---
Sobrepresión		Alto Riesgo (Daño a Equipos)	De acuerdo con las simulaciones mediante el Software ALOHA esta zona se encuentra en LOC que es el valor umbral de un peligro (toxicidad, inflamabilidad, radiación térmica o sobrepresión) es generalmente el valor por encima del cual puede existir una amenaza para las personas o la propiedad.	
		Alto Riesgo	Se podría causar daños significativos en una vialidad variando los efectos dependiendo de la distancia a la fuente del evento.	
		Amortiguamiento	Se podría causar daños mínimos en vialidades variando los efectos dependiendo de la distancia a la fuente del evento.	

Tabla 45. Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E2- WF-13 / HZ-19.2

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Descripción de las Salvaguardas Existentes	Recomendaciones para Implementar
E2- WF-13 / HZ-19.2	Personal	Radiación	Alto Riesgo	---	Paro de emergencia. Sistema vs incendio. Brigadistas capacitados. Plan de emergencias. Detectores y alarmas de atmosferas explosivas. Sistemas de venteo. Detectores de gas. Medidores de temperatura.	Contar con plan de emergencias. Contar con equipos de combate a incendios. Prohibir fuentes de ignición en el área. Capacitación continua a brigadas de emergencia. Supervisión y mantenimiento preventivo y/o correctivo a los sistemas vs incendio, paros de emergencias, sistemas de venteo y a detectores y alarmas de atmosferas explosivas.
			Amortiguamiento	---		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Posibilidad de daños en tímpanos, pulmones, heridas por desplazamiento del cuerpo o colisión contra objetos y/o estructuras, lo que podría generar hasta la muerte dependiendo en mayor o menor medida la distancia a la fuente del evento y las estructuras presentes.		
			Amortiguamiento	Esta zona se encuentra fuera de las instalaciones del proyecto por lo que no se presentarán afectaciones al personal.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	---		
			Amortiguamiento	---		
	Población	Radiación	Alto Riesgo	---		
			Amortiguamiento	---		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Posibilidad de daños en tímpanos, pulmones, heridas por desplazamiento del cuerpo o colisión contra objetos y/o estructuras, lo que podría generar hasta la muerte dependiendo en mayor o menor medida la distancia a la fuente del evento y las estructuras presentes; la población que se podría ver afectada es la que se encuentra en zonas vulnerables de población como lo son viviendas y una plaza comercial.		
			Amortiguamiento	Afectaciones mínimas como sordera momentánea y aturdimiento dependiendo en mayor o menor medida la distancia a la fuente del evento, así como a las características y las estructuras presentes; la población que se podría ver afectada es la que se encuentra en zonas vulnerables de población como lo son viviendas y una plaza comercial.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	---		
			Amortiguamiento	---		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	---		
			Amortiguamiento	---		

		Sobrepresión	Alto Riesgo	Al ser un evento que se presenta con una corta duración, se considera que el efecto principal sería contaminación momentánea de la atmósfera derivada de la combustión del gas y daño de algunas especies arbóreas		
			Amortiguamiento	Posible contaminación momentánea de la atmósfera derivada de la combustión del gas y posibilidad de daño a especies arbóreas.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	---		
			Amortiguamiento	---		
	Infraestructura	Radiación	Alto Riesgo (Daño a Equipos)	---		
			Alto Riesgo	---		
			Amortiguamiento	---		
		Sobrepresión	Alto Riesgo (Daño a Equipos)	De acuerdo con las simulaciones mediante el Software ALOHA esta zona se encuentra en LOC que es el valor umbral de un peligro (toxicidad, inflamabilidad, radiación térmica o sobrepresión) es generalmente el valor por encima del cual puede existir una amenaza para las personas o la propiedad.		
			Alto Riesgo	Se podría causar daños significativos en una vialidad variando los efectos dependiendo de la distancia a la fuente del evento.		
			Amortiguamiento	Se podría causar daños mínimos en vialidades variando los efectos dependiendo de la distancia a la fuente del evento.		

Tabla 46. Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E3-WF-1

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Descripción de las Salvaguardas Existentes	Recomendaciones para Implementar
E3-WF-1	Personal	Radiación	Alto Riesgo	---	Válvulas de seguridad.	Mantenimiento preventivo y correctivo a la tubería y accesorios. Los trabajos dentro de la ERM se tendrán que llevar a cabo por personal capacitado y mediante supervisión. Contar con detectores y alarmas de gas natural.
			Amortiguamiento	---	Válvulas manuales.	
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Posibilidad de daños en tímpanos, pulmones, heridas por desplazamiento del cuerpo o colisión contra objetos y/o estructuras, lo que podría generar hasta la muerte dependiendo en mayor o menor medida la distancia a la fuente del evento y las estructuras presentes.	Válvulas de cierre automático. Sistema vs incendio.	
			Amortiguamiento	Afectaciones mínimas a quien se encuentre en esta zona.	Protecciones a tubería y accesorios.	

	Toxicidad	Alto Riesgo	---	Brigadas de emergencia. Sistema de venteo.	<p>Contar con plan de emergencias.</p> <p>Mantenimiento preventivo y correctivo del sistema vs incendio.</p> <p>Señalización de prohibición de fuentes de ignición dentro del área.</p> <p>Mantenimiento preventivo y correctivo a las diferentes válvulas y transmisores.</p> <p>Mantenimiento preventivo y correctivo al sistema de venteo.</p> <p>Mantenimiento preventivo y correctivo al sistema de alarmas para atmosferas explosivas.</p>	
		Amortiguamiento	---			
	Radiación	Alto Riesgo	---			
		Amortiguamiento	---			
	Población	Sobrepresión	Alto Riesgo			Posibilidad de daños en tímpanos, pulmones, heridas por desplazamiento del cuerpo o colisión contra objetos y/o estructuras, lo que podría generar hasta la muerte dependiendo en mayor o menor medida la distancia a la fuente del evento y las estructuras presentes; la población que se podría ver afectada es la que se encuentra dentro de la estación o quien vaya pasando en la vialidad.
			Amortiguamiento			Afectaciones mínimas como sordera momentánea y aturdimiento dependiendo en mayor o menor medida la distancia a la fuente del evento, así como a las características y las estructuras presentes; la población que se podría ver afectada es la que se encuentra dentro de la estación o quien vaya pasando en la vialidad.
		Toxicidad	Alto Riesgo			---
			Amortiguamiento			---
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo			---
			Amortiguamiento			---
		Sobrepresión	Alto Riesgo			Al ser un evento que se presenta con una corta duración, se considera que el efecto principal sería contaminación momentánea de la atmósfera derivada de la combustión del gas.
			Amortiguamiento			Posible contaminación momentánea de la atmósfera derivada de la combustión del gas.
		Toxicidad	Alto Riesgo			---
			Amortiguamiento			---
	Infraestructura	Radiación	Alto Riesgo (Daño a Equipos)			---
Alto Riesgo			---			
Amortiguamiento			---			

	Sobrepresión	Alto Riesgo (Daño a Equipos)	De acuerdo con las simulaciones mediante el Software ALOHA esta zona se encuentra en LOC que es el valor umbral de un peligro (toxicidad, inflamabilidad, radiación térmica o sobrepresión) es generalmente el valor por encima del cual puede existir una amenaza para las personas o la propiedad.		
		Alto Riesgo	Se podría causar daños significativos a una vialidad variando los efectos dependiendo de la distancia a la fuente del evento.		
		Amortiguamiento	Se podría causar daños mínimos en una vialidad variando los efectos dependiendo de la distancia a la fuente del evento.		

Tabla 47. Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E4-WF-7.1.1

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Descripción de las Salvaguardas Existentes	Recomendaciones para Implementar
E4-WF-7.1.1	Personal	Radiación	Alto Riesgo	Posibilidad quemaduras de primer a tercer grado, así como muerte dependiendo del tiempo de exposición del trabajador; y en mayor o menor medida la distancia a la que se encuentren de la fuente del evento.	Válvulas de corte. Válvulas de seguridad. Sistema vs incendio. Protecciones a tubería y accesorios. Brigadistas capacitados. Paro de emergencia. Plan de emergencias.	Contar con equipos de combate a incendios. Prohibir fuentes de ignición en el área. Capacitación continua a brigadas de emergencia. Supervisión y mantenimiento preventivo y correctivo a equipos contra incendio, paros de emergencias, sistemas de venteo, tuberías y sistemas de detección de gases. Los trabajos en el área se deberán hacer por personal especializado. Contar con procedimientos específicos para casos de fugas. Contar con sistemas de alarma redundantes.
			Amortiguamiento	Afectaciones mínimas a quien se encuentre en esta zona; ligeras quemaduras o enrojecimiento de la piel.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	---		
			Amortiguamiento	---		
		Toxicidad	Alto Riesgo	---		
			Amortiguamiento	---		
	Población	Radiación	Alto Riesgo	Posibilidad quemaduras de primer a tercer grado, así como muerte dependiendo del tiempo de exposición de las personas que se encuentren cargando combustible o en las inmediaciones al radio de afectación; y en mayor o menor medida la distancia a la que se encuentren de la fuente del evento y las estructuras presentes.		
			Amortiguamiento	Posibilidad de ligeras quemaduras a personas que se ubiquen dentro de la zona y dependiendo en mayor o menor medida la distancia a la fuente del evento, así como a las características y las estructuras presentes en el entorno.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	---		

		Toxicidad	Amortiguamiento	---		
			Alto Riesgo	---		
			Amortiguamiento	---		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	Posible contaminación momentánea derivada de la combustión del gas natural.		
			Amortiguamiento	Posible contaminación mínima derivada de la combustión del gas natural.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	---		
			Amortiguamiento	---		
		Toxicidad	Alto Riesgo	---		
			Amortiguamiento	---		
	Infraestructura	Radiación	Alto Riesgo (Daño a Equipos)	Daños severos a la estación con posibilidad de desencadenar un efecto de tipo dominó.		
			Alto Riesgo	Posibilidad de daños a la infraestructura del proyecto.		
			Amortiguamiento	Afectaciones mínimas a instalaciones de la estación.		
		Sobrepresión	Alto Riesgo (Daño a Equipos)	---		
			Alto Riesgo	---		
Amortiguamiento			---			

Tabla 48. Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E5-HZ-16.2

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Descripción de las Salvaguardas Existentes	Recomendaciones para Implementar
E5-HZ-16.2	Personal	Radiación	Alto Riesgo	---	Planes de emergencias.	Brigadas capacitadas conforme a los diferentes eventos que se pueden suscitar Señalización de prohibición de fuentes de ignición dentro del área Mantenimiento preventivo y
			Amortiguamiento	---	Válvula de seguridad.	
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Posibilidad de daños en tímpanos, pulmones, heridas por desplazamiento del cuerpo o colisión contra objetos y/o estructuras, lo que podría generar hasta la muerte dependiendo en mayor o menor medida la distancia a la fuente del evento y las estructuras presentes.	Discos de Ruptura.	
					Equipos contra incendio.	

		Amortiguamiento	Afectaciones mínimas a quien se encuentre en esta zona.	<p>Diseño de los cilindros de la cascada para el resguardo de gas natural comprimido a altas presiones</p> <p>Paro de emergencia</p> <p>Mantenimiento continuo a los cilindros</p>	<p>correctivo al sistema de detectores de gas natural, válvulas, sistema de venteo, al sistema de alarmas para atmosferas explosivas, cilindros de almacenamiento y sistema vs incendio</p> <p>Ataque a incendios aledaños en cuanto se inicien</p>	
		Toxicidad	Alto Riesgo			---
	Población	Radiación	Amortiguamiento			---
			Alto Riesgo			---
		Sobrepresión	Alto Riesgo			Posibilidad de daños en tímpanos, pulmones, heridas por desplazamiento del cuerpo o colisión contra objetos y/o estructuras, lo que podría generar hasta la muerte dependiendo en mayor o menor medida la distancia a la fuente del evento y las estructuras presentes; así como a zonas vulnerables de población como lo son una plaza comercial y viviendas
			Amortiguamiento			Afectaciones mínimas como sordera momentánea y aturdimiento dependiendo en mayor o menor medida la distancia a la fuente del evento, así como a las características y las estructuras presentes; así como a zonas vulnerables de población como lo son una plaza comercial y viviendas
		Toxicidad	Alto Riesgo			---
			Amortiguamiento			---
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo			---
			Amortiguamiento			---
		Sobrepresión	Alto Riesgo			Al ser un evento que se presenta con una corta duración, se considera que el efecto principal sería contaminación momentánea de la atmósfera por la liberación masiva del gas.
			Amortiguamiento			Mínimos efectos por contaminación de la atmósfera por la liberación masiva del gas.
		Toxicidad	Alto Riesgo			---
			Amortiguamiento			---
	Infraestructura	Radiación	Alto Riesgo (Daño a Equipos)			---
Alto Riesgo			---			
Amortiguamiento			---			
Sobrepresión		Alto Riesgo (Daño a Equipos)	Daños severos o pérdida de infraestructura por la explosión y			

			liberación masiva del gas en infraestructura y equipos de la estación, variando los efectos de la distancia a la fuente del evento.		
		Alto Riesgo	Daños por la explosión y liberación masiva del gas en infraestructura, equipos de la estación y a una vialidad, variando los efectos de la distancia a la fuente del evento.		
		Amortiguamiento	Daños mínimos o imperceptibles por la explosión y liberación masiva del gas en infraestructura y equipos de la estación.		

Tabla 49. Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E6-WF-21

Clave del Escenario	Receptor de Riesgo	Tipo de Evento	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Descripción de las Salvaguardas Existentes	Recomendaciones para Implementar
E6-WF-21	Personal	Radiación	Alto Riesgo	---	<p>Válvula de desfogue.</p> <p>Válvulas de cierre manual.</p> <p>Extintores.</p> <p>Paros de emergencia.</p> <p>Personal de despacho adecuadamente capacitado.</p> <p>Planes de emergencia.</p> <p>Personal de despacho adecuadamente capacitado.</p>	<p>Brigadas de emergencia capacitadas conforme a los diferentes eventos que se pueden suscitar.</p> <p>Protocolo específico del procedimiento de carga de gas natural a vehículos automotores bajo el cuál será adiestrado y capacitado el personal a cargo del área de despacho a efecto de minimizar los riesgos.</p> <p>Implementar un procedimiento de revisión visual del sistema de gas de los vehículos automotores por parte del personal encargado de despacho del combustible.</p> <p>El personal deberá brindar al cliente recomendaciones en cuanto a anomalías detectadas en vehículo.</p>
			Amortiguamiento	---		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Posibilidad de daños en tímpanos, pulmones, heridas por desplazamiento del cuerpo o colisión contra objetos y/o estructuras, lo que podría generar hasta la muerte dependiendo en mayor o menor medida la distancia a la fuente del evento y las estructuras presentes.		
			Amortiguamiento	Daños mínimos en personal que se ubiquen en el área.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	---		
			Amortiguamiento	---		
	Población	Radiación	Alto Riesgo	---		
			Amortiguamiento	---		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Posibilidad de daños en tímpanos, pulmones, heridas por desplazamiento del cuerpo o colisión contra objetos y/o estructuras, lo que podría generar hasta la muerte dependiendo en mayor o menor medida la distancia a la fuente del evento y las estructuras presentes.		
			Amortiguamiento	Afectaciones mínimas como sordera momentánea y aturdimiento dependiendo en mayor o menor medida la distancia a la fuente del evento, así como a las características y las estructuras presentes.		

		Toxicidad	Alto Riesgo	---		
			Amortiguamiento	---		
	Medio Ambiente	Radiación	Alto Riesgo	---		
			Amortiguamiento	---		
		Sobrepresión	Alto Riesgo	Al ser un evento que se presenta con una corta duración, se considera que el efecto principal sería contaminación momentánea de la atmósfera por la liberación masiva del gas.		
			Amortiguamiento	Mínimos efectos por contaminación de la atmósfera por la liberación masiva del gas.		
		Toxicidad	Alto Riesgo	---		
			Amortiguamiento	---		
	Infraestructura	Radiación	Alto Riesgo (Daño a Equipos)	---		
			Alto Riesgo	---		
			Amortiguamiento	---		
		Sobrepresión	Alto Riesgo (Daño a Equipos)	Daños severos en infraestructura por la explosión y liberación masiva del gas en vehículo donde se genere el evento, así como a la infraestructura del dispensario o surtidor, variando los efectos de la distancia a la fuente del evento.		
Alto Riesgo			Daños ligeros en equipos de la estación como lo son otros dispensarios o surtidores además de vehículos que se encuentren en el área, variando los efectos de la distancia a la fuente del evento.			
Amortiguamiento			Daños mínimos o casi imperceptibles a los equipos, variando los efectos de la distancia a la fuente del evento.			

5.6.2. INTERACCIONES DE RIESGO

Los posibles efectos dominó con otras instalaciones del proyecto, así como con otras exteriores para las Zonas de Alto Riesgo por Daño a Equipos y de Alto Riesgo de acuerdo con los diferentes escenarios son los siguientes:

Tabla 50. Interacciones de Riesgo y Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E1-WF-7.1.2

Clave del Escenario	Equipo donde se presenta la fuga simulada	Sustancia Peligrosa Involucrada en el Escenario de Riesgo	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la Afectación (m)	Equipos o Instalaciones Industriales Presentes en el Radio de Afectación	Distancias de los Equipos o Instalaciones Industriales al Punto de Fuga (m)	Descripción de Salvaguardas Existentes	Recomendaciones para Implementar	
E1-WF-7.1.2	Tubería dentro del Recinto de Compresión	Gas Natural	Alto Riesgo en Equipos	Radiación	---	---	---	Válvulas de seguridad. Válvulas de corte de suministro de gas natural.	Revisión y mantenimiento preventivo y correctivo a tuberías y accesorios.	
				Sobrepresión	---	---	---	Paro de emergencia.	Contar con sistemas de alarma redundantes.	
			Alto Riesgo	Radiación	---	---	---	---	Detectores de gas. Medidores de flujo.	Capacitación continua a brigadas de emergencia.
				Sobrepresión	31	Dispensario 1	21	Sistema vs incendio. Brigadas de emergencia.	Prohibir fuentes de ignición en el área. Contar con equipos de combate a incendios.	
						Dispensario 2	18	Sistema de venteo. Plan de emergencias.	Mantenimiento preventivo y correctivo al sistema de detectores de gas natural, válvulas, sistema de venteo, al sistema de alarmas para	
						Dispensario 3	19	Detectores automáticos de mezclas explosivas con		

						ERM	1	alarma visual y sonora.	atmosferas explosivas y sistema vs incendio. Contar con plan de emergencias.
						Compresor 1	0	Protecciones a tubería y accesorios.	
						Compresor 2	0	Paro automático por alta presión.	
						Unidad de Almacenamiento (Pulmón o Cascada)	0	Paro automático por baja presión.	
						Enfriador 1	1.5		
						Enfriador 2	1		

Ilustración 16. Localización de Zonas de Posible Interacción ESCENARIO E1-WF-7.1.2

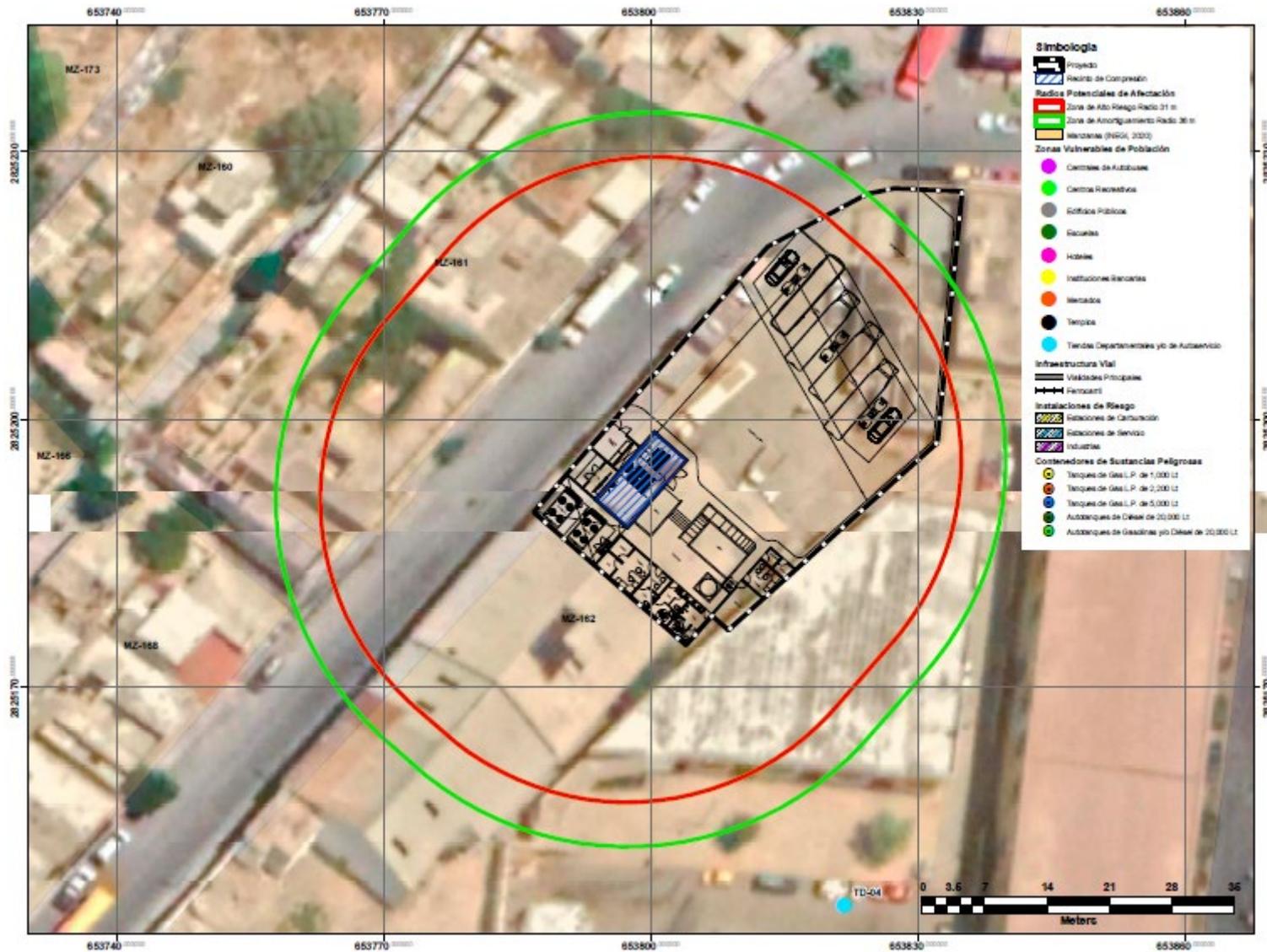


Tabla 51. Interacciones de Riesgo y Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E2- WF-13 / HZ-19.2

Clave del Escenario	Equipo donde se presenta la fuga simulada	Sustancia Peligrosa Involucrada en el Escenario de Riesgo	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la Afectación (m)	Equipos o Instalaciones	Distancias de los Equipos o Instalaciones	Descripción de Salvaguardas Existentes	Recomendaciones para Implementar		
						Presentes en el Radio de Afectación	Industriales al Punto de Fuga (m)				
E2- WF-13 / HZ-19.2	Cilindro de la Unidad de Almacenamiento (Pulmón o Cascada)	Gas Natural	Alto Riesgo en Equipos	Radiación	---	---	---	Paro de emergencia. Sistema vs incendio. Brigadistas capacitados. Plan de emergencias. Detectores y alarmas de atmosferas explosivas. Sistemas de venteo. Detectores de gas. Medidores de temperatura.	Contar con plan de emergencias. Contar con equipos de combate a incendios. Prohibir fuentes de ignición en el área. Capacitación continua a brigadas de emergencia. Supervisión y mantenimiento preventivo y/o correctivo a los sistemas vs incendio, paros de emergencias, sistemas de venteo y a detectores y alarmas de atmosferas explosivas.		
				Sobrepresión	---	---	---				
			Alto Riesgo	Sobrepresión	31	Radiación	---			---	---
						Dispensario 1	21				
						Dispensario 2	18				
						Dispensario 3	19				
						ERM	1				
						Compresor 1	0				
						Compresor 2	0				
						Unidad de Almacenamiento (Pulmón o Cascada)	0				
						Enfriador 1	1.5				
Enfriador 2	1										

Ilustración 17. Localización de Zonas de Posible Interacción E2- WF-13 / HZ-19.2

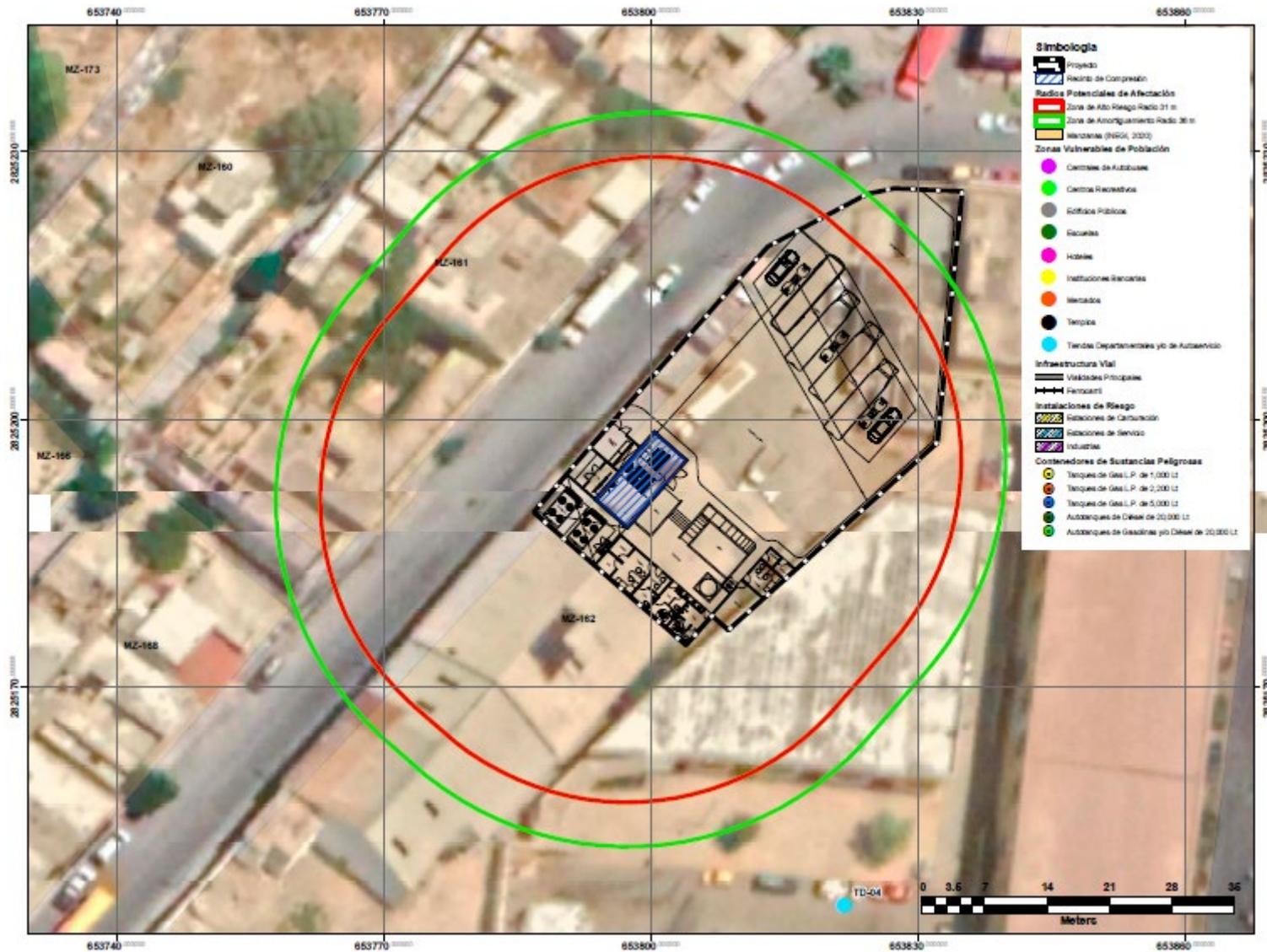


Tabla 52. Interacciones de Riesgo y Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E3-WF-1

Clave del Escenario	Equipo donde se presenta la fuga simulada	Sustancia Peligrosa Involucrada en el Escenario de Riesgo	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la Afectación (m)	Equipos o Instalaciones Industriales Presentes en el Radio de Afectación	Distancias de los Equipos o Instalaciones Industriales al Punto de Fuga (m)	Descripción de Salvaguardas Existentes	Recomendaciones para Implementar
E3-WF-1	Tuberías de la Estación de Regulación y Medición	Gas Natural	Alto Riesgo en Equipos	Radiación	---	---	---	Válvulas de seguridad. Válvulas manuales. Válvulas de cierre automático. Sistema vs incendio. Protecciones a tubería y accesorios. Brigadas de emergencia. Sistema de venteo.	Mantenimiento preventivo y correctivo a la tubería y accesorios.
				Sobrepresión	---	---	---		Los trabajos dentro de la ERM se tendrán que llevar a cabo por personal capacitado y mediante supervisión.
			Alto Riesgo	Radiación	---	---	---		Contar con detectores y alarmas de gas natural.
				Sobrepresión	10	Compresor 1	2		Contar con plan de emergencias.
						Compresor 2	2		Mantenimiento preventivo y correctivo del sistema vs incendio.
						Unidad de Almacenamiento (Pulmón o Cascada)	4		Señalización de prohibición de fuentes de ignición dentro del área.
Mantenimiento preventivo y correctivo a las diferentes válvulas y transmisores.									
Mantenimiento preventivo y correctivo al sistema de venteo.									

						Enfriador 1	1		Mantenimiento preventivo y correctivo al sistema de alarmas para atmosferas explosivas.
						Enfriador 2	1		

Ilustración 18. Localización de Zonas de Posible Interacción ESCENARIO E3-WF-1

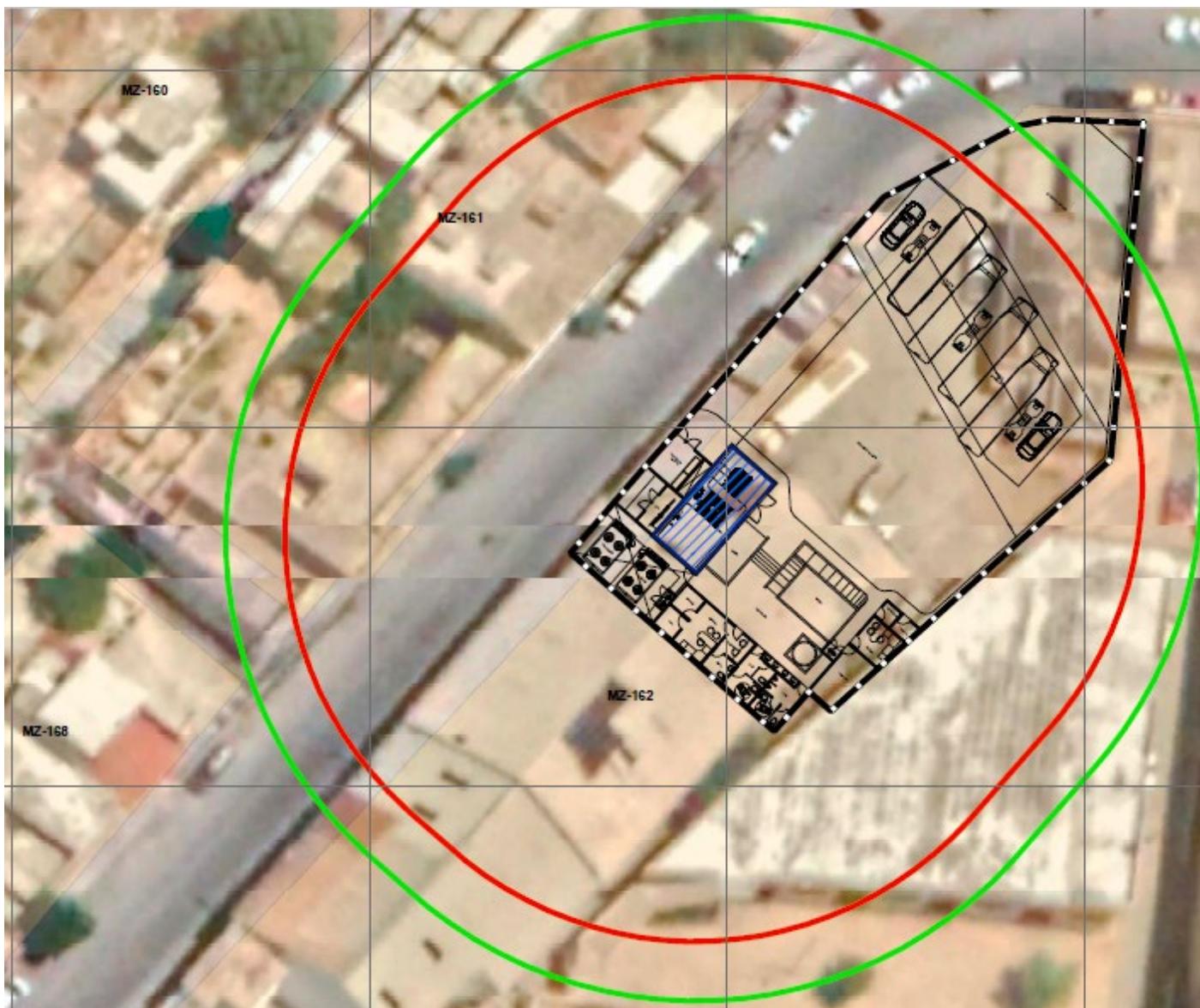


Tabla 53. Interacciones de Riesgo y Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E4-WF-7.1.1

Clave del Escenario	Equipo donde se presenta la fuga simulada	Sustancia Peligrosa Involucrada en el Escenario de Riesgo	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la Afectación (m)	Equipos o Instalaciones Industriales Presentes en el Radio de Afectación	Distancias de los Equipos o Instalaciones Industriales al Punto de Fuga (m)	Descripción de Salvaguardas Existentes	Recomendaciones para Implementar
E4-WF-7.1.1	Tubería dentro del Recinto de Compresión	Gas Natural	Alto Riesgo en Equipos	Radiación	10	Dispensario 1	0	Válvulas de corte. Válvulas de seguridad. Sistema vs incendio. Protecciones a tubería y accesorios. Brigadistas capacitados. Paro de emergencia. Plan de emergencias.	Contar con equipos de combate a incendios. Prohibir fuentes de ignición en el área. Capacitación continua a brigadas de emergencia. Supervisión y mantenimiento preventivo y correctivo a equipos contra incendio, paros de emergencias, sistemas de venteo, tuberías y sistemas de detección de gases. Los trabajos en el área se deberán hacer por personal especializado.
						Dispensario 2	0		
						Dispensario 3	0		
						Compresor 1	3		
						----	-----		
						ERM	2		
						Unidad de Almacenamiento (Pulmón o Cascada)	0		
						Enfriador 1	7		
				Enfriador 2	6.5				
				Sobrepresión	---	---	---	Contar con procedimientos específicos para casos de fugas.	
Alto Riesgo	Radiación	14	Enfriador 1	7					
	Enfriador 2	6.5	Enfriador 2	6.5					
Sobrepresión	---	---	---	Contar con sistemas de alarma redundantes.					

Ilustración 19. Localización de Zonas de Posible Interacción ESCENARIO E4-WF-7.1.1

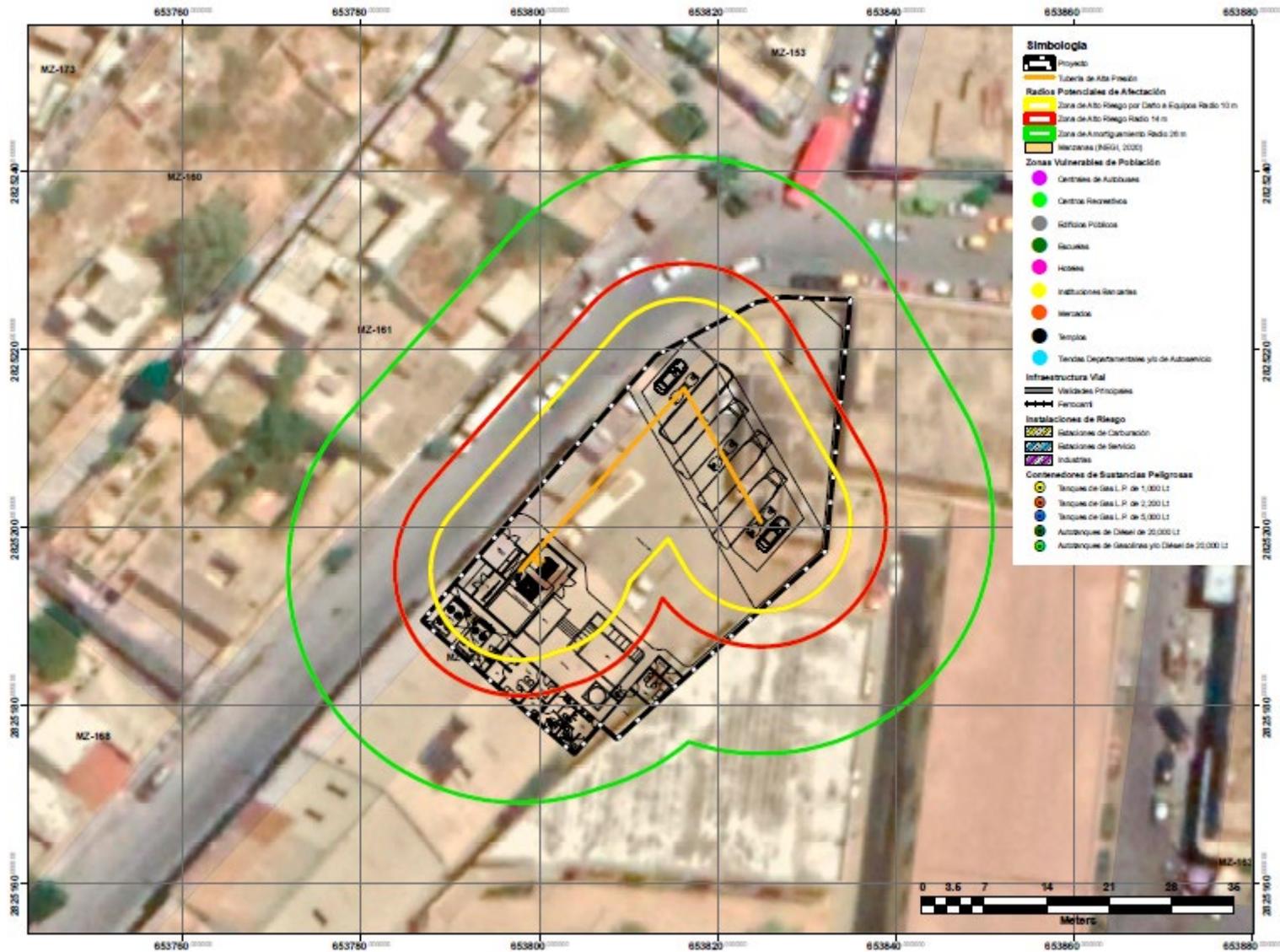


Tabla 54. Interacciones de Riesgo y Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E5-HZ-16.2

Clave del Escenario	Equipo donde se presenta la fuga simulada	Sustancia Peligrosa Involucrada en el Escenario de Riesgo	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la Afectación (m)	Equipos o Instalaciones Industriales Presentes en el Radio de Afectación	Distancias de los Equipos o Instalaciones Industriales al Punto de Fuga (m)	Descripción de Salvaguardas Existentes	Recomendaciones para Implementar
E5-HZ-16.2	Cilindro de la Unidad de Almacenamiento (Pulmón o Cascada)	Gas Natural	Alto Riesgo en Equipos	Radiación	---	---	---	<p>Planes de emergencias.</p> <p>Válvula de seguridad.</p> <p>Discos de Ruptura.</p> <p>Equipos contra incendio.</p> <p>Diseño de los cilindros de la cascada para el resguardo de gas natural comprimido a altas presiones</p> <p>Paro de emergencia</p> <p>Mantenimiento continuo a los cilindros</p>	<p>Brigadas capacitadas conforme a los diferentes eventos que se pueden suscitar</p> <p>Señalización de prohibición de fuentes de ignición dentro del área</p> <p>Mantenimiento preventivo y correctivo al sistema de detectores de gas natural, válvulas, sistema de venteo, al sistema de alarmas para atmosferas explosivas, cilindros de almacenamiento y sistema vs incendio</p> <p>Ataque a incendios aledaños en cuanto se inicien</p>
				Sobrepresión	4,8	---	-----		
			Alto Riesgo	Radiación	---	---	---		
				Sobrepresión	22.7	Dispensario 2	21		
						Compresor 1	5		
						ERM	5		
						Enfriador 1	10		
						Enfriador 2	9		

Ilustración 20. Localización de Zonas de Posible Interacción ESCENARIO E5-HZ-16.2

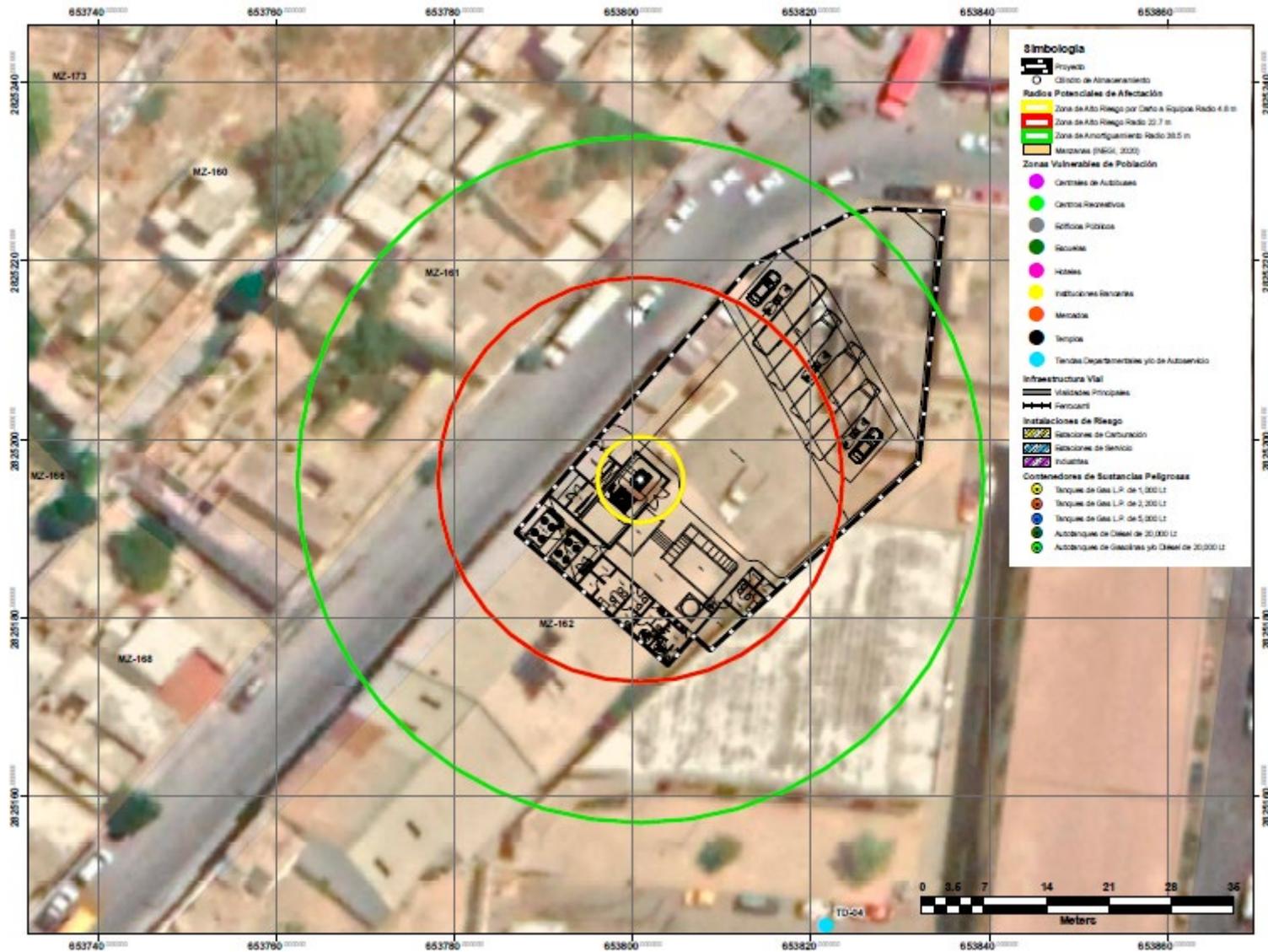
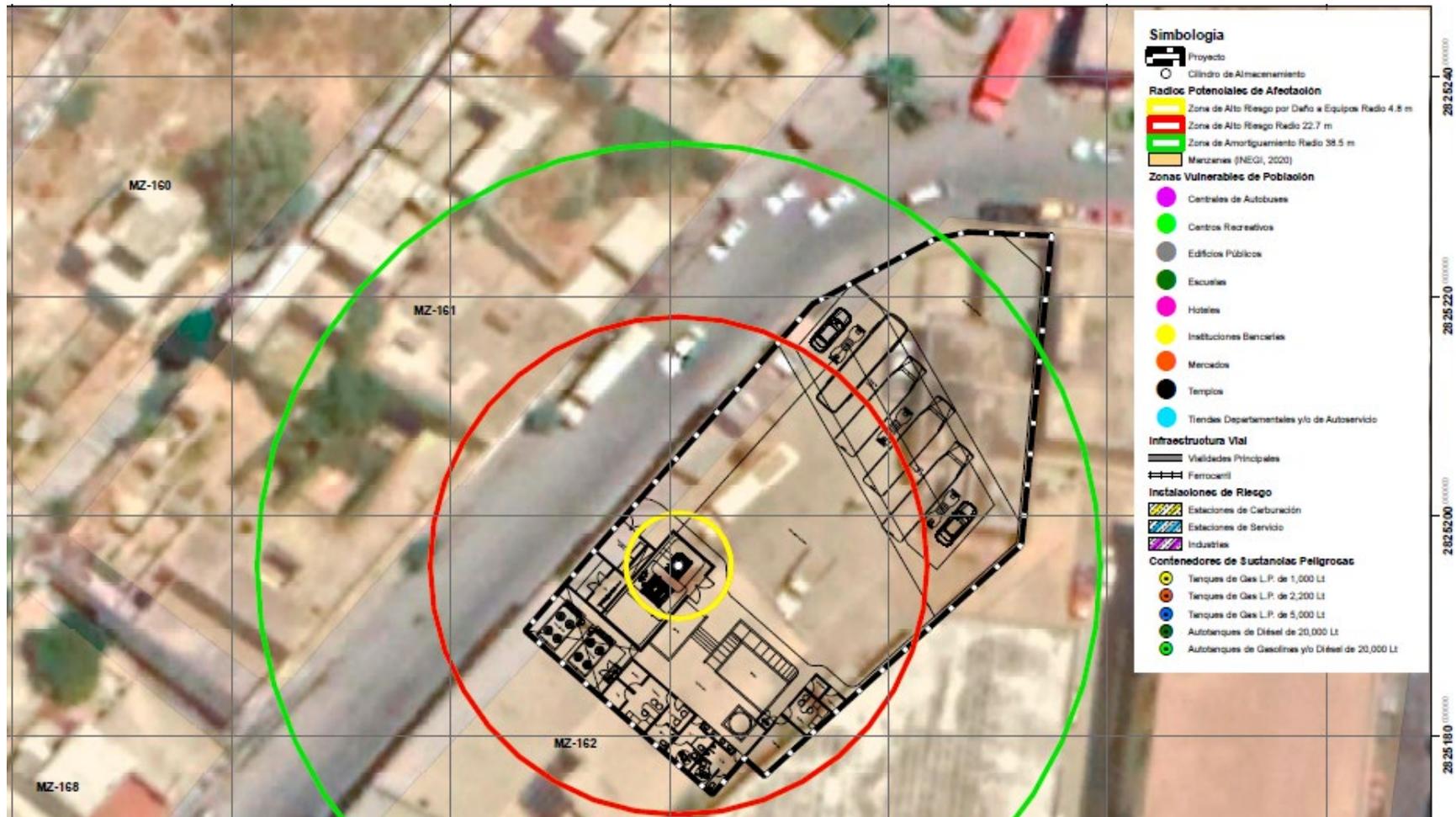


Tabla 55. Interacciones de Riesgo y Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E6-WF-21

Clave del Escenario	Equipo donde se presenta la fuga simulada	Sustancia Peligrosa Involucrada en el Escenario de Riesgo	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de la Afectación (m)	Equipos o Instalaciones Industriales Presentes en el Radio de Afectación	Distancias de los Equipos o Instalaciones Industriales al Punto de Fuga (m)	Descripción de Salvaguardas Existentes	Recomendaciones para Implementar
E6-WF-21	Tanque de Almacenamiento de un Vehículo	Gas Natural	Alto Riesgo en Equipos	Radiación	---	---	---	<p>Válvula de desfogue.</p> <p>Válvulas de cierre manual.</p> <p>Extintores.</p> <p>Paros de emergencia.</p> <p>Personal de despacho adecuadamente capacitado.</p> <p>Planes de emergencia.</p> <p>Personal de despacho adecuadamente capacitado.</p>	<p>Brigadas de emergencia capacitadas conforme a los diferentes eventos que se pueden suscitar.</p> <p>Protocolo específico del procedimiento de carga de gas natural a vehículos automotores bajo el cual será adiestrado y capacitado el personal a cargo del área de despacho a efecto de minimizar los riesgos.</p> <p>Implementar un procedimiento de revisión visual del sistema de gas de los vehículos automotores por parte del personal encargado de despacho del combustible.</p> <p>El personal deberá brindar al cliente recomendaciones en cuanto a anomalías detectadas en vehículo.</p>
				Sobrepresión	3.7	Dispensario 2	1.5		
			Alto Riesgo	Radiación	---	---	---		
				Sobrepresión	16.9	Dispensario 1	6		
						Dispensario 3	10		

Ilustración 21. Localización de Zonas de Posible Interacción ESCENARIO E6-WF-21



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

5.8.1. SISTEMAS DE SEGURIDAD

Tabla 56. Sistemas de Seguridad con los que contará el proyecto

Sistema	Características Principales	Función	Cantidad y Ubicación
Sistema de válvulas	Se contará con diferentes tipos de válvulas los cuales son dispositivos mecánicos o manuales para el control de presiones, desprendimientos y de llenado y deberán cumplir con lo establecido en la NOM-010-ASEA-2016	<p>Válvulas de seguridad</p> <p>Se accionan después de rebasar un nivel de presión establecido, permitiendo así la salida del gas a través del sistema de venteo hacia la atmósfera evitando su acumulación, así como los incrementos de presión descontrolados</p> <p>Válvulas de corte</p> <p>Se cierran para evitar flujo de gas durante el mantenimiento de distintos equipos o instalaciones para trabajar de forma más segura</p> <p>Válvulas de desfogue</p> <p>Se accionan para liberar el gas acumulado, generalmente se accionan en procesos de mantenimiento</p> <p>Válvulas break away</p> <p>No permiten el escape del gas al desprenderse</p> <p>Válvulas de llenado</p> <p>No permiten el paso del gas a menos que ensamble perfectamente con el pico de carga del vehículo</p>	<p>Dependiendo del tipo se habilitarán en diferentes áreas de la estación de Servicio de GNC, entre los lugares principales son:</p> <p>Equipos</p> <p>Tuberías</p> <p>Cilindros de la cascada de almacenamiento</p> <p>Dispensarios</p> <p>Mangueras de dispensarios</p>
Sistemas de monitoreo de parámetros	Equipo electrónico y deberá cumplir con lo establecido en la NOM-010-ASEA-2016	Permite consultar todas las variables de trabajo como presiones, voltajes, gasto energético, temperaturas, etc	Oficinas
Sistema de filtros	Deberán cumplir con lo establecido en la NOM-010-ASEA-2016	Eliminar los condensados que pudieran pasar en el gas	Entrada y salida del compresor

Sistema	Características Principales	Función	Cantidad y Ubicación
Sistema eléctrico	Será a prueba de explosión y conectados a tierras además cumplirán con lo establecido en las normas oficiales NOM-001-SEDE-2012	Sellos eléctricos Evitar explosiones por cortos circuitos y chispas que promueven el incendio en las instalaciones Tierras Evita las cargas electrostáticas y conducir las a tierra	Cuarto de compresores ERM Cascada pulmón Dispensarios
Sistema de paros automáticos de emergencia	Botones manuales y deberán cumplir con lo establecido en la NOM-010-ASEA-2016	Detener en forma inmediata los equipos en funcionamiento	Se ubicarán en diferentes sitios para que sea rápida su operación
Sistema de detectores de gas	Dispositivos automáticos y deberán cumplir con lo establecido en la NOM-010-ASEA-2016	Detectan concentraciones de gas, al accionarse emiten una alarma y apagan automáticamente todos los equipos	Se ubicarán en zonas donde se puede acumular el gas
Sistema de alarmas	Dispositivos audiovisuales y deberán cumplir con lo establecido en la NOM-010-ASEA-2016	Arrojarán una señal audiovisual de fácil reconocimiento que alertará de una situación de riesgo	Se ubicarán en diferentes sitios para que sea rápida su operación
Sistema de Señalización	Esquemas visuales de acuerdo con lo establecido a las normas NOM-026-STPS-2008 y NOM-003-SEGOB-2011	Dar a conocer de manera visual avisos en materia restrictiva, preventiva e informativa	En toda la estación
Sistema contra incendio)	Extintores de P.Q.S y CO2 de acuerdo con lo establecido a la NOM-002-STPS-2010,	Extinción de incendios	Se ubicarán en diferentes sitios para que sea rápida su operación; haciendo especial énfasis en áreas de mayor peligro

5.8.2. MEDIDAS PREVENTIVAS

GENERALES

- Se deben seguir los lineamientos aplicables de la NOM-010-ASEA-2016, así como la revisión y Dictaminación de la Estación de Servicio de GNC por parte de una Unidad de Verificación en la Materia.
- Las instalaciones vehiculares deben cumplir con la Norma Oficial Mexicana aplicable y no se deberá cargar vehículos con sistemas “hechizos” fuera de norma.
- El GNC debe tener un olor distintivo suficiente para que su presencia sea detectada cuando la proporción en el aire no sobrepase la quinta parte del límite inferior de explosividad, de acuerdo con la NOM-006 SECRE-1999, Odorización del Gas Natural.

- El GNC debe cumplir con la NOM-001-SECRE-1997, Calidad del gas natural.
- Contar con dispositivos de paro de emergencia del equipo de compresión y de los surtidores.
- Se contará con procedimientos de seguridad para el manejo de gas natural incluyendo las hojas de seguridad y procedimientos para atención de fugas.
- Limpieza de equipos e instalaciones.
- Evitar la obstrucción (aunque sea temporal) de todas las salidas de emergencia o rutas de evacuación, así como de los lugares donde se ubiquen los extintores.
- A todo el personal que participe en la operación, inspección y mantenimiento de la estación deberá tomar de manera obligatoria cursos de capacitación de generalidades sobre el GNC, de seguridad, primeros auxilios, equipo de protección para el trabajo, programa de contingencias y respuesta a emergencias, procedimientos operacionales, combate de incendios, etc. Aunado a lo anterior se deberá capacitar en temas de protección civil, primeros auxilios y manejo de extintores portátiles; estos cursos deben ser dictados por personal debidamente autorizado.
- La estación deberá contar con botiquín de primeros auxilios el cual contará con material de curación como vendas, gasas, tijeras, cinta adhesiva, algodón, antisépticos, etc.
- Se deberá contar con protocolos específicos del procedimiento de carga de gas natural a vehículos bajo el cual será adiestrado y capacitado al personal a cargo del área de despacho a efecto de minimizar los riesgos de una carga inadecuada de gas; dicho protocolo incluye precauciones para evitar cualquier tipo de riesgo por incendio.
- Las instalaciones eléctricas deberán dar cumplimiento a los requisitos de la norma NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas.

MANTENIMIENTO

- Se deberá contar con un programa sistematizado de mantenimiento mediante el cual se administrarán, controlarán y organizarán las actividades de los equipos de proceso instalaciones y edificios.
- Se deberá contar con procedimientos, programas, infraestructura, recursos humanos y materiales que minimicen los efectos al ambiente en caso de presentarse un incidente en la operación de la estación.
- Para el manejo de sustancias peligrosas se deberá contar con un programa de seguridad y mantenimiento de instalaciones eléctricas a prueba de explosión, sistema de tierras físicas, pararrayos, revisión y manteniendo de válvulas de seguridad, detectores de gas, alarmas, equipos de proceso, estructuras, edificios y sistema contra incendio, adecuados a las necesidades de la

instalación y suficientes para administrar el control del riesgo. El programa de mantenimiento de los equipos e instalaciones se dividirá en los siguientes rubros:

- Mantenimiento mecánico.
- Mantenimiento eléctrico.
- Mantenimiento civil.
- Mantenimiento de instrumentación y control.

INSPECCIÓN

El programa de inspección y pruebas deberá incluir las siguientes actividades para la prevención de riesgos en las instalaciones:

- Revisión de instalaciones eléctricas a prueba de explosión.
- Inspección de botiquines de primeros auxilios.
- Evaluación del ruido del medio ambiente laboral, condiciones térmicas, iluminación y vibración de los diferentes puestos de trabajo.
- Revisión y calibración de válvulas de alivio de presión.
- Inspección y verificación de extintores existentes en las diferentes áreas.
- Prueba a las alarmas, detectores de mezclas explosivas, detectores de flama y humo.
- Llevar a cabo pruebas semanales a los sistemas contra incendios.
- Programa de capacitación en materia de seguridad e higiene y protección ambiental.
- Pruebas de integridad mecánica de equipos.
- Revisión y medición del sistema de tierras físicas y tuberías.
- Simulacros operacionales, prácticas y simulacros contra incendio.
- Inspección de válvulas, accesorios, indicadores de campo (flujo, temperatura y presión).
- Medición de explosividad en registros.
- Programa permanente de orden y limpieza en áreas operativas.

EQUIPOS CONTRA INCENDIO

- Mantener en buenas condiciones de funcionamiento y operabilidad el sistema contra incendio que incluyen los extintores, alarmas y detectores de gas.

- Establecer un programa de revisión y recarga permanente y oportuna de los extintores portátiles de toda la instalación; donde se verifique que se mantenga vigente su carga, en buenas condiciones y libre de obstrucciones para su uso en caso necesario.
- Establecer un programa de auditorías de seguridad para su implementación al menos una vez por año.

SISTEMAS DE CONTROL

- Instalaciones eléctricas serán a prueba de explosión.
- Detectores de fuga de gases.
- Extintores y carteles de seguridad para orientación de los usuarios
- Se tendrá estrictamente prohibido fumar dentro de las instalaciones de la estación.
- Se evitará el uso de instalaciones eléctricas en mal estado o de carácter provisional.
- Estos sistemas serán operados por personal capacitado y adiestrado, así como serán sometidos a mantenimientos preventivos que permitan una operación adecuada a durante la etapa de operación del proyecto.

5.8.3. RECOMENDACIONES TECNICO-OPERATIVAS

Tabla 57. Recomendaciones de la Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgos

No	Recomendación	Identificación del Nodo	Elemento del SASISOPA Asociado a la Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No	Descripción		
R1	Revisión y mantenimiento preventivo y correctivo a tuberías y accesorios.	NODO 2 (WHAT-IF)		E1-WF-7.1.2	Por golpe mecánico a la tubería dentro del recinto de compresión se presenta una fuga gas natural la cual encuentra una fuente de ignición retardada generando un evento de tipo VAPOUR CLOUD EXPLOSION confinado.		No tolerable "A"
R2	Contar con sistemas de alarma redundantes.						
R3	Capacitación continua a brigadas de emergencia.						
R4	Prohibir fuentes de ignición en el área.						
R5	Contar con equipos de combate a incendios.						
R6	Mantenimiento preventivo y correctivo al sistema de detectores de gas natural, válvulas, sistema de venteo, al sistema de alarmas para atmosferas explosivas y sistema vs incendio.						
R7	Contar con plan de emergencias.						

No	Recomendación	Identificación del Nodo	Elemento del SASISOPA	Escenario de Riesgo	Responsable	Nivel de Riesgo
R8	Protecciones a tuberías redundantes.		Asociado a la			
R9	Establecer procedimientos de actuación para casos mayores con apoyo de unidades de emergencia externa; su lejanía o cercanía cambia la probabilidad de que se presente el evento.					
R1	Contar con plan de emergencias.	NODO 3 (WHAT-IF) / NODO 3 (HAZOP)		E2- WF-13 / HZ-19.2		No tolerable "A"
R2	Contar con equipos de combate a incendios.					
R3	Prohibir fuentes de ignición en el área.					
R4	Capacitación continua a brigadas de emergencia.					
R5	Supervisión y mantenimiento preventivo y/o correctivo a los sistemas vs incendio, paros de emergencias, sistemas de venteo y a detectores y alarmas de atmosferas explosivas.					
R6	Supervisión y mantenimiento preventivo y correctivo a los cilindros por empresas capacitadas.					
R7	Establecer procedimientos de actuación para casos mayores con apoyo de unidades de emergencia externa; su lejanía o cercanía cambia la probabilidad de que se presente el evento.					
R1	Mantenimiento preventivo y correctivo a la tubería y accesorios.	NODO 1 (WHAT-IF)		E3-WF-1		No tolerable "A"
R2	Los trabajos dentro de la ERM se tendrán que llevar a cabo por personal capacitado y mediante supervisión.					
R3	Contar con detectores y alarmas de gas natural.					
R4	Contar con plan de emergencias.					
R5	Mantenimiento preventivo y correctivo del sistema vs incendio.					
R6	Señalización de prohibición de fuentes de ignición dentro del área					
R7	Mantenimiento preventivo y correctivo a las diferentes válvulas y transmisores.					
R8	Mantenimiento preventivo y correctivo al sistema de venteo.					
R9	Mantenimiento preventivo y correctivo al sistema de alarmas para atmosferas explosivas.					

No	Recomendación	Identificación del Nodo	Elemento del SASISOPA	Escenario de Riesgo	Responsable	Nivel de Riesgo
R10	Establecer procedimientos de actuación para casos mayores con apoyo de unidades de emergencia externa; su lejanía o cercanía cambia la probabilidad de que se presente el evento.		Asociado a la			
R1	Contar con equipos de combate a incendios.	NODO 2 (WHAT-IF)		E4-WF-7.1.1		No tolerable "A"
R2	Prohibir fuentes de ignición en el área.					
R3	Capacitación continua a brigadas de emergencia.					
R4	Supervisión y mantenimiento preventivo y correctivo a equipos contra incendio, paros de emergencias, sistemas de venteo, tuberías y sistemas de detección de gases.					
R5	Los trabajos en el área se deberán hacer por personal especializado.					
R6	Contar con procedimientos específicos para casos de fugas.					
R7	Contar con sistemas de alarma redundantes.					
R8	Protecciones a tuberías redundantes.					
R9	Contar con plan de emergencias.					
R10	Establecer procedimientos de actuación para casos mayores con apoyo de unidades de emergencia externa; su lejanía o cercanía cambia la probabilidad de que se presente el evento.					
R1	Brigadas capacitadas conforme a los diferentes eventos que se pueden suscitar	NODO 3 (HAZOP)		E5-HZ-16.2		No tolerable "A"
R2	Señalización de prohibición de fuentes de ignición dentro del área					
R3	Mantenimiento preventivo y correctivo al sistema de detectores de gas natural, válvulas, sistema de venteo, al sistema de alarmas para atmosferas explosivas, cilindros de almacenamiento y sistema vs incendio					
R4	Ataque a incendios aledaños en cuanto se inicien					
R5	Contar con Plan de Emergencias.					
R6	Establecer procedimientos de actuación para casos mayores con apoyo de unidades de emergencia					

No	Recomendación	Identificación del Nodo	Elemento del SASISOPA	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
	externa; su lejanía o cercanía cambia la probabilidad de que se presente el evento.		Asociado a la				
R1	Brigadas de emergencia capacitadas conforme a los diferentes eventos que se pueden suscitar.	NODO 4 (WHAT-IF)		E6-WF-21	El tanque de un vehículo que va a cargar gas natural es sobrellenado y su válvula de seguridad falla generando un evento de tipo EXPLOSION FISICA.		No tolerable "A"
R2	Protocolo específico del procedimiento de carga de gas natural a vehículos automotores bajo el cual será adiestrado y capacitado el personal a cargo del área de despacho a efecto de minimizar los riesgos.						
R3	Implementar un procedimiento de revisión visual del sistema de gas de los vehículos automotores por parte del personal encargado de despacho del combustible.						
R4	El personal deberá brindar al cliente recomendaciones en cuanto a anomalías detectadas en vehículo.						
R5	Supervisión de que los tanques de almacenamiento de los vehículos a suministrar gas natural cuenten con válvula de liberación manual.						
R6	Contar con Plan de Emergencias.						
R6	Establecer procedimientos de actuación para casos mayores con apoyo de unidades de emergencia externa; su lejanía o cercanía cambia la probabilidad de que se presente el evento.						

5.9. CONCLUSIONES

El proyecto se ubica en el municipio de Torreón, Estado de Coahuila de Zaragoza, en una zona urbana, donde la densidad de población de la zona (buffer 500 m) es de aproximadamente 19,748.83 hab/km².

El proyecto colinda al norte y oeste con una vialidad, al este con comercios y al sur con lo que queda de lo que alguna vez fue una industria; es una zona que pertenece a lo que es el centro de la ciudad de Torreón y que por sus características ha llevado a la desaparición de los ecosistemas nativos; por lo que actualmente solo son observables algunos árboles entre banquetas y camellones; dentro del predio, la vegetación original fue removida anteriormente a consecuencia de los distintos usos que ha tenido el predio.

El proyecto, así como su buffer de 500 m; se encuentran en una zona que es susceptible a diferentes fenómenos perturbadores como lo son: terremotos, inundaciones, sequias, heladas, tormentas eléctricas, tormentas de nieve, bajas temperaturas, altas temperaturas, vientos, entre otros; por lo que es de suma importancia, que el proyecto cumpla con las normatividades específicas en la zona, así como la supervisión constante de las instalaciones y el mantenimiento preventivo y correctivo a estas con la finalidad de prevenir afectaciones a la población que trabaje, a la que asista a cargar combustible y a la infraestructura de la estación.

En lo referente a los componentes ambientales, el proyecto, así como su buffer de 500 m no se encuentran dentro de ningún componente ambiental como lo son cuerpos de agua, corrientes de agua, áreas naturales protegidas, regiones hidrológicas prioritarias, regiones marinas prioritarias, regiones terrestres prioritarias, áreas para la conservación de las aves o sitios Ramsar.

Por las características urbanas del sitio, en el entorno al proyecto se pueden encontrar diferentes zonas vulnerables de población, infraestructura vial e industrial, así como instalaciones de riesgo.

Los peligros analizados con las diferentes metodologías sin uso de protecciones o salvaguardas, y ponderados con las matrices de riesgos calibradas para cada uno de los receptores de riesgos (personal, población, medio ambiente e infraestructura) puede establecer que el riesgo generado por los diferentes peligros se encuentra dentro las Zonas de Riesgo **TOLERABLE "C"**, **ALARP "B"** y **NO TOLERABLE "A"**.

Los peligros encontrados dentro de la **Zona de Riesgo ALARP "B"** mediante las diferentes metodologías usadas, en general hacen referencia a peligros como lo son: fugas, incendios y explosiones.

Los peligros para la **Zona de Riesgo NO TOLERABLE “A”** se enfocan a eventos referentes a JETFIRE’s y VAPOR CLOUD EXPLOSION’s; los cuales van ligados a un evento previo para que se ocasionen.

El análisis de frecuencias mediante la metodología **FTA (Fault Tree Analysis)**, así como el análisis de consecuencias mediante **SOFTWARE ALOHA 5.4.7** y el **Modelo de cálculo establecido en “Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis” 2ª. Ed. CCPC-AICHE, pg 181-198** para los riesgos de tipo **ALARP “B”** y **NO TOLERABLE “A”**, referentes al manejo y almacenamiento de gas natural; y que son los que por sus características pueden generar daños significantes a los diferentes receptores de riesgos, se puede hacer énfasis que el PEOR CASO corresponden al evento de VAPOUR CLOUD EXPLOSION de tipo CONFINADO en el Recinto de Compresión, los CASOS ALTERNOS corresponden a eventos de tipo VAPOUR CLOUD EXPLOSION CONFINADOS, JETFIRE’s y EXPLOSIONES FISICAS; mientras que el CASO MAS PROBABLE corresponde a la EXPLOSION FISICA de un tanque de almacenamiento de un vehículo que presenta daño; cabe destacar que los escenarios que podrían tener afectaciones más allá de las instalaciones del proyecto y con las peores consecuencias son los escenarios E1-WF-7.1.2 y E2- WF-13 / HZ-19.2; donde de acuerdo con la clasificación de las frecuencias la probabilidad de que estos ocurran ronda el orden de 2.70×10^{-06} (para E1-WF-7.1.2) y de 2.66×10^{-06} (para E2- WF-13 / HZ-19.2) de acuerdo con el Análisis de Árboles de Fallos; lo cual es una probabilidad que los ubica en los rangos de **“Muy Improbable”** de acuerdo a la Clasificación de Frecuencias.

De acuerdo con las simulaciones para cada uno de los eventos planteados y los radios potenciales de afectación obtenidos se puede hacer énfasis que las afectaciones principales a los diferentes receptores de riesgo en caso de que se presente uno u otro escenario pueden comprender: quemaduras graves a leves, daños en tímpanos, en pulmones, colisiones contra objetos o hasta muerte del personal de la estación o población en el entorno; contaminación ambiental momentánea derivada de la combustión del gas o fuga de este, daños o pérdida de la infraestructura propia del proyecto y de otros sitios en el entorno, entre otros; cabe destacar que todas estas afectaciones se presentarán en menor o mayor medida dependiendo de la distancia a la que se encuentren los receptores de la fuente y el tipo de evento; así como a las protecciones implementadas para prevenir o mitigar los diferentes escenarios.

En el entorno existen instalaciones que se podrían ver afectadas por los escenarios planteados; sin embargo, de acuerdo con las modelaciones de los escenarios de riesgo estas no quedan dentro de estos por lo que las interacciones que se podrían presentar serían solo con elementos propios de la estación; es importante mencionar que derivado de las características del proyecto (construcciones) se podría generar que los efectos de los diferentes escenarios se vean disminuidos.

Por otro lado, en la zona también se podrían presentar eventos externos (incendios aledaños a consecuencia de las características propias del lugar); por lo que es de suma importancia contar con diferentes protecciones y personal capacitado para poder actuar de forma eficaz.

De acuerdo con los resultados analizados en el presente estudio, existe la probabilidad de que sucedan escenarios de riesgo; más sin embargo, la probabilidad de que se presente algún evento ronda el orden de 1.98×10^{-04} (Remoto) a 7.91×10^{-07} (Muy Improbable) de acuerdo con los árboles de fallos y a la clasificación de frecuencias sin considerar el uso de salvaguardas.

El riesgo existente por el almacenamiento de gas natural en la unidad de almacenamiento (Pulmón o Cascada) es evidente; y considerando las condiciones de operación, diseño y construcción de las instalaciones y equipos, no se podrán descartar las fallas del factor humano; por lo que la empresa, dentro de sus políticas y filosofía de operación, así como por la experiencia, deberá seguir estrictos programas de capacitación al personal para la operación; aunado a esto, es recomendable establecer diferentes controles para maximizar los niveles de seguridad del proyecto.

Cabe señalar que los eventos simulados están estimados para condiciones específicas; sin embargo, estas condiciones pueden cambiar y modificar la posible área de riesgo, por lo que los resultados no se deben considerar como valores constantes, sino como una guía para darse cuenta del nivel de afectación que se podrá tener en caso de que estos eventos sucedan e implementar medidas de prevención, ampliación y mitigación.

De lo anterior podemos concluir que, si bien el proyecto aumenta el riesgo por el almacenamiento y operación del Gas Natural, es necesario cumplir estrictamente con lo establecido en la **NOM-010-ASEA-2016 o vigente**; así como llevar el mantenimiento a elementos críticos y cumplir con las disposiciones que emita la ASEA y las autoridades competentes; así como las recomendaciones establecidas en el presente estudio.

Es de suma importancia capacitar al personal con base a su Programa Específico de Protección Civil una vez que se encuentren en operación y realizar simulacros por lo menos 2 veces al año con la finalidad de que el personal tenga la mayor información y conocimientos sobre los peligros existentes en el entorno y en el proyecto; y así saber cómo actuar ante una u otra contingencia.

Ing. Adolfo E. Vela Cuevas

Responsable Técnico

5.10. RESUMEN EJECUTIVO

Mediante el presente Estudio de Riesgo para el Sector Hidrocarburos del proyecto denominado “**ESTACIÓN DE SERVICIO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO – CAS TORREON**” se buscó conocer la información de los aspectos de mayor relevancia, seleccionando las metodologías más apropiadas para la identificación de peligros, evaluación y análisis de riesgos; con la finalidad de identificar los peligros que representa el proyecto y evaluar los riesgos presentes en estos, documentando la existencia de sistemas y dispositivos de seguridad, y/o medidas de reducción de riesgos para eliminar, prevenir, controlar, minimizar o mitigar los Escenarios de Riesgo a un nivel de Riesgo Tolerable.

De acuerdo con el Estudio de Riesgo, el proyecto por sus características aumenta el riesgo por el almacenamiento de combustibles y su operación; aunado a que se pueden presentar diferentes peligros internos o externos.

El estudio se ha realizado haciendo hincapié en las desviaciones de las variables de proceso teniendo en cuenta las posibles causas y consecuencias; además se han propuesto las medidas necesarias para evitar dichas desviaciones.

Cabe destacar que el proyecto cumplirá con lo establecido en la **NOM-010-ASEA-2016 o vigente Gas Natural Comprimido (GNC). Requisitos mínimos de seguridad para Terminales de Carga y Terminales de Descarga de Módulos de almacenamiento transportables y Estaciones de Suministro de vehículos automotores.**

De acuerdo con los accidentes históricos ocurridos, donde ha estado involucrado el gas natural, la mayor cantidad de ellos involucra fugas, lo que puede derivar en eventos de incendio o explosión, si es que el material liberado entra en contacto con fuentes de ignición.

Para la determinación de los riesgos presentes en el proyecto se utilizaron las metodologías **WHAT IF...?** y **HAZOP**.

Los peligros analizados con las diferentes metodologías sin uso de protecciones o salvaguardas, y ponderados con las matrices de riesgos calibradas para cada uno de los receptores de riesgos (personal, población, medio ambiente e infraestructura) puede establecer que el riesgo generado por los diferentes peligros se encuentra dentro las Zonas de Riesgo **TOLERABLE “C”, ALARP “B” y NO TOLERABLE “A”**.

Dentro del análisis se puede establecer que los riesgos que presentan mayor peligro por lo eventos que pudieran generar (VAPOUR CLOUD EXPLOSION's, JETFIRE's y EXPLOSIONES FISICAS), se desarrollan por causas en su mayoría concernientes al mantenimiento de las instalaciones y equipos (preventivo y correctivo), omisión de procedimientos de operación y la capacitación en cuanto a los diferentes procesos; donde un error humano se puede convertir en una consecuencia fatal.

La experiencia muestra que no es frecuente tener accidentes de gran magnitud; sin embargo, el estudio cubre los siniestros que se podrían presentar desde una fuga hasta un evento de tipo VAPOUR CLOUD EXPLOSION (máximo catastrófico).

Los escenarios que podrían tener afectaciones más allá de las instalaciones del proyecto son los referentes a VAPOUR CLOUD EXPLOSION's confinado en recinto de compresión y EXPLOSIONES FISICAS en cilindros de la unidad de almacenamiento (pulmón o cascada); mientras que las afectaciones de los otros escenarios de riesgo serían básicamente dentro de las instalaciones de la estación, por lo cual es recomendable que el proyecto cuente con medidas preventivas de acuerdo con la normatividad vigente, así como contemplar las recomendaciones del presente estudio.

De acuerdo con los resultados analizados; la probabilidad de que sucedan los escenarios de riesgo planteados ronda el orden de 1.98×10^{-04} (Remoto) a 7.91×10^{-07} (Muy Improbable) de acuerdo con los árboles de fallos y a la clasificación de frecuencias sin uso de protecciones o salvaguardas; sin embargo, las consecuencias sobre los diferentes receptores de riesgos ira de la mano con el tipo de evento; por ejemplo, el VAPOUR CLOUD EXPLOSION confinado en el recinto de compresión que es el PEOR CASO que se podría presentar; sin embargo, la probabilidad de que este ocurran ronda el orden de 2.70×10^{-06} de acuerdo con el Análisis de Árboles de Fallos, lo cual es una probabilidad que lo ubica en el rango de **"Muy Improbable"** de acuerdo a la Clasificación de Frecuencias.

Cabe destacar que la probabilidad de que ocurran los escenarios planteados en el análisis radica en los sistemas de seguridad y las medidas de prevención con las que contará el proyecto; por lo que no se deberá escatimar en ellos y se deberá cumplir con lo establecido en las normatividades vigentes.

De acuerdo con los resultados analizados en el presente estudio, existe probabilidad de que suceda un escenario de riesgo; sin embargo, la probabilidad de que se presente algún evento con consecuencias sobre los diferentes receptores de riesgo es baja; por lo que es de importancia tomar en cuenta las recomendaciones técnicas generadas por el estudio, las cuales contemplan:

- Brigadas de emergencia capacitadas conforme a los diferentes eventos que se pueden suscitar.
- Mantenimiento preventivo y correctivo a equipos, tuberías y accesorios.
- Los trabajos dentro de las ERM se tendrán que llevar a cabo solo por personal capacitado por la empresa distribuidora del gas.
- Los trabajos de mantenimiento preventivo y/o correctivo se tendrán que llevar a cabo por personal capacitado y mediante supervisión.
- Se deberá contar con señalización de prohibición de fuentes de ignición dentro de todas las áreas.
- Se deberá contar con detectores y alarmas de gas natural.
- Mantenimiento preventivo y correctivo a válvulas en equipos.
- Contar con equipos de combate a incendios.
- Supervisión y mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos contra incendio, paros de emergencias, sistemas de venteo y a detectores y alarmas de atmosferas explosivas.
- Contar con sistemas de alarma redundantes.
- Mantenimiento preventivo y correctivo a cilindros de almacenamiento.
- Capacitación al personal para el ataque a incendios aledaños en cuanto se inicien.
- Contar con protocolos del procedimiento de carga de gas natural a vehículos automotores bajo el cuál será adiestrado y capacitado el personal a cargo del área de surtido a efecto de minimizar los riesgos.
- Implementar un procedimiento de revisión visual del sistema de gas de los vehículos automotores por parte del personal encargado de despacho del combustible.
- El personal deberá brindar al cliente recomendaciones en cuanto a anomalías detectadas en vehículo.

Además de lo anterior se deberá cumplir con las siguientes medidas preventivas:

- Se deben seguir los lineamientos aplicables de la NOM-010-ASEA-2016 o vigente, así como la Revisión y Dictaminación de la Estación por parte de una Unidad de Verificación en la Materia.
- Las instalaciones vehiculares deben cumplir con la Norma Oficial Mexicana aplicable y no se deberá cargar vehículos con sistemas “hechizos” fuera de norma.
- El GNC debe tener un olor distintivo suficiente para que su presencia sea detectada cuando la proporción en el aire no sobrepase la quinta parte del límite inferior de explosividad, de acuerdo con la NOM-006 SECRE-1999, Odorización del Gas Natural.
- El GNC debe cumplir con la NOM-001-SECRE-1997, Calidad del gas natural.
- Contar con dispositivos de paro de emergencia.

- Se deberá contar con procedimientos de seguridad para el manejo de gas natural incluyendo las hojas de seguridad y procedimientos para atención de fugas.
- Limpieza de equipos e instalaciones.
- Evitar la obstrucción (aunque sea temporal) de todas las salidas de emergencia o rutas de evacuación, así como de los lugares donde se ubiquen los extintores.
- Se deberán de restringir los accesos a personas ajenas.
- A todo el personal que participe en la operación, inspección y mantenimiento de la estación, deberá tomar de manera obligatoria cursos de capacitación de generalidades sobre el GNC, de seguridad, primeros auxilios, equipo de protección para el trabajo, programa de contingencias y respuesta a emergencias, procedimientos operacionales, combate de incendios, etc. Aunado a lo anterior se deberá capacitar en temas de protección civil, primeros auxilios y manejo de extintores portátiles; estos cursos deben ser dictados por personal debidamente autorizado.
- Se deberá contar con botiquín de primeros auxilios el cual contará con material de curación como vendas, gasas, tijeras, cinta adhesiva, algodón, antisépticos, etc.
- Se deberá contar con protocolos específicos del procedimiento de carga de gas natural a bajo el cual será adiestrado y capacitado al personal a cargo del área de despacho a efecto de minimizar los riesgos de una carga inadecuada de gas natural. Dicho protocolo incluye precauciones para evitar cualquier tipo de riesgo por incendio.
- La instalación eléctrica será cumpliendo con los requisitos de la norma NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas.
- Se deberá contar con un programa sistematizado de mantenimiento mediante el cual se administrarán, controlarán y organizarán las actividades de los equipos de proceso instalaciones y edificios.
- Se contará con procedimientos, programas, infraestructura, recursos humanos y materiales que minimicen los efectos al ambiente en caso de presentarse un incidente en la operación de la estación.
- Para el manejo de sustancias peligrosas contará con un programa de seguridad y mantenimiento de instalaciones eléctricas a prueba de explosión, sistema de tierras físicas, pararrayos, revisión y manteniendo de válvulas de seguridad, detectores de gas, alarmas, equipos de proceso, edificios y sistema contra incendio adecuados a las necesidades de la instalación y suficientes para administrar el control del riesgo. El programa de mantenimiento de los equipos e instalaciones se dividirá en los siguientes rubros:
 - Mantenimiento mecánico.

- Mantenimiento eléctrico.
 - Mantenimiento civil.
 - Mantenimiento de instrumentación y control.
- Se deberá contar con programa de inspección y deberá incluir las siguientes actividades para la prevención de riesgos en las instalaciones:
- Revisión de los registros eléctricos, e instalaciones eléctricas a prueba de explosión.
 - Inspección de botiquines de primeros auxilios.
 - Evaluación del ruido del medio ambiente laboral, condiciones térmicas, iluminación y vibración de los diferentes puestos de trabajo.
 - Revisión y calibración de válvulas de alivio de presión.
 - Inspección y verificación de extintores existentes en las diferentes áreas.
 - Prueba a las alarmas, detectores de mezclas explosivas, detectores de flama y humo.
 - Llevar a cabo pruebas semanales a los sistemas contra incendios.
 - Programa de capacitación en materia de seguridad e higiene y protección ambiental.
 - Pruebas de integridad mecánica de equipos.
 - Revisión y medición del sistema de tierras físicas.
 - Simulacros operacionales, prácticas y simulacros contra incendio.
 - Inspección de válvulas, accesorios, indicadores de campo (flujo, temperatura y presión)
 - Programa permanente de orden y limpieza en las diferentes áreas.
- Mantener en buenas condiciones de funcionamiento y operabilidad el sistema contra incendio que incluyen los extintores, alarmas y detectores de gas.
- Establecer un programa de revisión y recarga permanente y oportuna de los extintores portátiles de toda la instalación; y se mantenga vigente su carga, en buenas condiciones y libre de obstrucciones para su uso en caso necesario.
- Establecer un programa de auditorías de seguridad para su implementación al menos una vez por año.
- Se tendrá estrictamente prohibido fumar dentro de las instalaciones.
- Se evitará el uso de instalaciones eléctricas en mal estado o de carácter provisional.
- Las instalaciones eléctricas serán a prueba de explosión.
- Detectores de fuga de gases.
- Extintores y carteles de seguridad para orientación de los usuarios



Reporte de Informe Técnico:

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Características del almacenamiento.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 2. Coordenadas del Proyecto</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 3 . Características de EQUIPOS PRINCIPALES.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 4. Características de EQUIPOS AUXILIARES</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 5. Tipo de proceso.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 6. Resumen de Sustancias Peligrosas</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 7. Cálculo de Masa de Gas Natural.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 8. Histórico de Temperaturas Normales 1981 – 2010</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 9. Histórico de Precipitación Normal y Máxima Mensual 1981 - 2010.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 10. Velocidad y Dirección del Viento.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 11. Características Geológicas.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 12. Perfiles de Alturas</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 13. Características de los tipos de suelo</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 14. Historial de cambios en el entorno y el predio del proyecto.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 15. Fauna en el entorno inmediato.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 16. Susceptibilidad de la Zona a diferentes Fenómenos.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 17. Proximidades con Zonas Vulnerables de Población para un Radio de 500 m.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 18. Proximidades con componentes ambientales para un radio de 500 m</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 19. Proximidades con infraestructura vial e industrial para un radio de 500 m.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 20. Uso de suelo para un radio de 500 m</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 21. Antecedentes de accidentes e incidentes</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 22. Clasificación de FRECUENCIAS para Escenarios de Riesgo.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 23. Clasificación de CONSECUENCIAS para Escenarios de Riesgo.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 24. Matriz de Riesgos WHAT IF DAÑO AL PERSONAL</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 25. Matriz de Riesgos WHAT IF DAÑO A LA POBLACION</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 26. Matriz de Riesgos WHAT IF DAÑO A LAS INSTALACIONES.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 27. Matriz de Riesgos WHAT IF DAÑO AL MEDIO AMBIENTE.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 28. Matriz de Riesgos HAZOP DAÑO AL PERSONAL.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 29. Matriz de Riesgos HAZOP DAÑO A LA POBLACION.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 30. Matriz de Riesgos HAZOP DAÑO A LAS INSTALACIONES</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 31. Matriz de Riesgos HAZOP DAÑO AL MEDIO AMBIENTE</i>	<i>85</i>

<i>Tabla 32. Definiciones de las Regiones de Riesgo.....</i>	85
<i>Tabla 33. Escenarios de Riesgo Identificados</i>	86
<i>Tabla 34. Criterios de Tasas de Fallos.....</i>	89
<i>Tabla 35. Simbología Arboles de Fallos</i>	89
<i>Tabla 36. Top Event</i>	90
<i>Tabla 37. Valores de Gas Natural Comprimido para el cálculo de la probabilidad de ignición inmediata y retardada.....</i>	91
<i>Tabla 38. Probabilidad de Ignición Inmediata.....</i>	92
<i>Tabla 39. Probabilidad de Ignición Retardada de Gas Natural Comprimido.....</i>	93
<i>Tabla 40. Resumen de Análisis de Frecuencias Arboles de Fallos.....</i>	105
<i>Tabla 41. Parámetros por utilizar para la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento para el Estudio de Riesgo.....</i>	107
<i>Tabla 42. Efectos observados asociados a la sobrepresión (explosión).....</i>	107
<i>Tabla 43. Efectos asociados a la intensidad de radiación térmica</i>	107
<i>Tabla 44. Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E1-WF-7.1.2.....</i>	111
<i>Tabla 45. Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E2- WF-13 / HZ-19.2.....</i>	113
<i>Tabla 46. Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E3-WF-1.....</i>	114
<i>Tabla 47. Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E4-WF-7.1.1.....</i>	116
<i>Tabla 48. Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E5-HZ-16.2.....</i>	117
<i>Tabla 49. Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E6-WF-21.....</i>	119
<i>Tabla 50. Interacciones de Riesgo y Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E1-WF-7.1.2</i>	121
<i>Tabla 51. Interacciones de Riesgo y Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E2- WF-13 / HZ-19.2</i>	125
<i>Tabla 52. Interacciones de Riesgo y Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E3-WF-1</i>	128
<i>Tabla 53. Interacciones de Riesgo y Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E4-WF-7.1.1</i>	132
<i>Tabla 54. Interacciones de Riesgo y Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E5-HZ-16.2</i>	135
<i>Tabla 55. Interacciones de Riesgo y Descripción de los posibles Receptores de Riesgo ESCENARIO E6-WF-21</i>	138
<i>Tabla 56. Sistemas de Seguridad con los que contara el proyecto.....</i>	140
<i>Tabla 57. Recomendaciones de la Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgos.....</i>	144

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Compresor</i>	5
<i>Ilustración 2. Panel Eléctrico y de Control</i>	5
<i>Ilustración 3. Panel de Prioridades</i>	6
<i>Ilustración 4. Pulmón o cascada</i>	6
<i>Ilustración 5. Purga/Blow Down</i>	7
<i>Ilustración 6. Surtidores o dispensarios</i>	8
<i>Ilustración 7. Equipos de enfriamiento</i>	9
<i>Ilustración 8. Distribución de Áreas</i>	10
<i>Ilustración 9. Ubicación del Proyecto</i>	11
<i>Ilustración 10. Extracto de Plano Arquitectónico del Proyecto (Accesos)</i>	16
<i>Ilustración 11. Diagrama General del Proceso</i>	40
<i>Ilustración 12. Diagrama de Instalación</i>	40
<i>Ilustración 13. Diagrama de Dispensarios</i>	42
<i>Ilustración 14. Tipo de Clima CONABIO</i>	45
<i>Ilustración 15. Imagen 3D de la zona donde se ubica el proyecto</i>	50
<i>Ilustración 16. Localización de Zonas de Posible Interacción ESCENARIO E1-WF-7.1.2</i>	123
<i>Ilustración 17. Localización de Zonas de Posible Interacción E2- WF-13 / HZ-19.2</i>	126
<i>Ilustración 18. Localización de Zonas de Posible Interacción ESCENARIO E3-WF-1</i>	130
<i>Ilustración 19. Localización de Zonas de Posible Interacción ESCENARIO E4-WF-7.1.1</i>	133
<i>Ilustración 20. Localización de Zonas de Posible Interacción ESCENARIO E5-HZ-16.2</i>	136
<i>Ilustración 21. Localización de Zonas de Posible Interacción ESCENARIO E6-WF-21</i>	139

ÍNDICE DE GRAFICOS

<i>Gráfico 1. Histórico de Temperaturas Normales 1981 - 2010</i>	46
<i>Gráfico 2. Histórico de Precipitación Normal y Máxima Mensual 1981 - 2010</i>	47

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

<i>Diagrama 1. Secuencia Metodológica HAZOP</i>	79
---	----

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<i>Fotografías 1. Fotografías del Predio del Proyecto y su Entorno.....</i>	<i>17</i>
---	-----------

ÍNDICE DE PLANOS

<i>Plano 1. A y B Localización Macro y Micro</i>	<i>12</i>
<i>Plano 2. Geología.....</i>	<i>49</i>
<i>Plano 3. Geomorfología.....</i>	<i>51</i>
<i>Plano 4. Edafología.....</i>	<i>52</i>
<i>Plano 5. Zonas Vulnerables de Población.....</i>	<i>58</i>
<i>Plano 6. Componentes Ambientales</i>	<i>59</i>
<i>Plano 7. Infraestructura Vial e Industrial.....</i>	<i>60</i>
<i>Plano 8. Uso del Suelo</i>	<i>61</i>
<i>Plano 9. Planos de Radios Potenciales de Afectación</i>	<i>110</i>

ANEXOS

1. DOCUMENTOS OFICIALES

2. AUTORIZACIONES OFICIALES

3. PLANOS ARQUITECTÓNICO, MECÁNICOS, ISOMÉTRICOS Y OTROS