



COMBUSTIBLES ECOLÓGICOS MEXICANOS,
S.A. DE C.V.

Estudio de Riesgo Ambiental de Operación de la “Unidad Móvil de Abastecimiento (MRU) Coyol”



Avenida Oriente 157 esquina con Eje 3 Oriente (Avenida
Ingeniero Eduardo Molina) sin Número, Col. El Coyol, Alcaldía
Gustavo A. Madero, C.P. 07420, CDMX

Mayo 2022

ÍNDICE

I. GENERALIDADES	9
II. ANTECEDENTES	10
III. Descripción de la Instalación	11
III.1 Ubicación geográfica de la “MRU Coyal”	12
III.2 Colindancias.....	15
III.3 Dimensiones de la ubicación de la “MRU Coyal”	15
III.4 Vías de acceso	16
III.5 Fecha de inicio de operación	16
III.6 Criterios, normas, códigos, estándares, buenas prácticas, entre otros consideradas para la elaboración de las bases de Diseño de la Instalación	16
III.7 Contratos compañías externas que desarrollen actividades comerciales y/o de servicios dentro de sus instalaciones.....	19
III.8 Autorizaciones oficiales con las que se cuenten para realizar la actividad.....	19
III.9 Planes de crecimiento a futuro.....	20
III.10 Infraestructura	20
IV. Descripción del proceso	27
IV.1.1 Recipientes de almacenamiento, características, e instrumentos de medición.....	30
IV.1.2 Procedimiento para el suministro de gas natural a vehículos.....	32
IV.2 Condiciones de operación	32
IV.3 Sustancias manejadas en el proceso	34
IV.3.1 Hojas de seguridad.....	35
V. Descripción del entorno	36
V.1 Clima.....	36
V.1.1 Temperatura.....	37
V.1.2 Velocidad y dirección de viento	38
V.1.3 Humedad relativa	38
V.1.4 Presión atmosférica	38
V.2 Geología	38
V.3 Geomorfología.....	39
V.4 Tipo de suelos	40
V.5 Especies de flora y fauna.....	41
V.5.1 Flora	41
V.5.1.1 Musgos.....	41
V.5.1.2 Helechos.....	41
V.5.1.3 Pastos, palmeras y parientes	41

V.5.1.4	Magnolias, margaritas y parientes	42
V.5.2	Fauna	42
V.5.2.1	Mamíferos.....	42
V.5.2.2	Reptiles.....	42
V.5.2.3	Anfibios	42
V.5.2.4	Arañas.....	43
V.5.2.5	Insectos.....	43
V.5.2.6	Caracolas, almejas y pulpos	43
V.5.2.7	Camarones, cangrejos y parientes	43
V.5.2.8	Aves.....	43
V.6	Susceptibilidad de la zona.....	44
V.6.1	Terremotos (sismos)	44
V.6.2	Susceptibilidad de ladera	45
V.6.3	Derrumbamiento o hundimiento.....	45
V.6.4	Inundaciones	46
V.6.5	Pérdidas de suelo debido a la erosión.....	47
V.6.6	Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimiento y erosión	47
V.6.7	Riesgos radiológicos	48
V.6.8	Huracanes	48
V.6.9	Inversión térmica	48
V.6.10	Niebla	48
V.7	Historial Epidémico y endémico	49
V.8	Zonas vulnerables de Población.....	49
V.9	Componentes ambientales.....	53
V.9.1.1	Cuerpos de agua	53
V.9.1.1.1	Cuencas y subcuencas donde se localiza la “MRU Coyol”	53
V.9.1.2	Áreas naturales protegidas de carácter federal, estatal o municipal..	54
V.9.1.2.1	Acuífero de la “MRU Coyol”	54
V.9.1.3	Áreas naturales protegidas de carácter federal y estatal	55
V.9.1.3.1	Federal.....	55
V.9.1.3.2	Estatal.....	55
V.9.1.4	Regiones hidrológicas prioritarias	56
V.9.1.5	Regiones terrestres prioritarias	57
V.9.1.6	Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA’s)	58
V.9.1.7	Sitios Ramsar	59
V.9.2	Infraestructura.....	60

V.9.2.1	Vial.....	60
V.9.2.1.1	Carreteras	60
V.9.2.1.2	Vía férrea.....	60
V.9.2.2	Industria	61
V.9.2.3	Uso de suelo.....	62
V.9.3	Zonas vulnerables entorno a la Instalación.....	63
VI.	Análisis y evaluación de riesgos.....	67
VI.1	Histórico de accidentes e incidentes en instalaciones similares	67
VI.2	Identificación de peligros y de escenarios de riesgo	70
VI.2.1	Justificación técnica de la metodología de riesgos empleada.....	70
VI.2.2	Selección de técnica de identificación de riesgos.....	72
VI.2.2.1	Metodología ¿Qué pasa sí...?	73
VI.3	Desarrollo y resultados de la metodología de riesgos.....	75
VI.4	Evaluación y jerarquización de escenarios de riesgo	76
VI.4.1	Matriz de jerarquización de riesgos	76
VI.4.2	Identificación de escenarios más probables y peor caso	81
VI.4.3	Potenciales escenarios de riesgos identificados.....	87
VII.	Determinación de radios potenciales de afectación.....	89
VII.1	Potenciales escenarios de riesgo identificados y sus efectos.....	90
VII.1.1	Radiación térmica	91
VII.1.1.1	Flash fire (Flamazo)	91
VII.1.1.2	Jet fire (Incendio de antorcha o chorro de fuego)	91
VII.1.1.3	Fireball (Bola de Fuego)	91
VII.1.2	Sobrepresión	92
VII.1.2.1	Explosión de nube de gas no confinada (UVCE) confinada (VCE)	92
VII.1.2.2	BLEVE (Boiling liquid expanding vapor explosión (explosión del vapor en expansión de un líquido hirviendo))	93
VII.2	Análisis detallado de consecuencias	95
VII.2.1	Criterios para determinar la duración de una fuga	96
VII.2.1.1	Criterios de tiempo de duración de las fugas.....	96
VII.2.1.2	Determinación de los orificios equivalentes de fuga	96
VII.2.2	Condiciones atmosféricas.....	97
VII.2.3	Estabilidad Atmosférica	98
VII.2.4	Zonas de afectación por los modelos a emplear.....	99
VII.2.5	Resultados de la modelación de eventos	99
VIII.	Interacciones de riesgos al interior y al exterior de la instalación	103
VIII.1	Sitios de interés cercanos a la “MRU Coyoil”	112

IX. Sistemas de seguridad y medidas para administrar los escenarios de riesgo	129
IX.1 Sistemas de Seguridad	129
IX.1.1 Sistema contra incendios.....	129
IX.2 Medidas preventivas.....	131
IX.2.1 Señales, señalización de seguridad e higiene y rotulaciones	131
IX.2.2 Sistema de CCTV.....	131
IX.2.3 Bitácoras de mantenimiento	132
IX.2.4 Programa de capacitación.....	132
IX.2.5 Procedimientos Operativos de la “ MRU Coyoil”	134
X. Recomendaciones derivadas del análisis de riesgo	134
XI. Conclusiones.....	136
XII. Referencias bibliográficas	138

ANEXOS

Anexo A Planos, memoria y autorizaciones de la “MRU Coyol”

Anexo B Hoja de seguridad de materiales

Anexo C Sesiones de identificación de peligros para las operaciones de la “MRU Coyol”

- Presentación del alcance de las sesiones y metodología
- Minuta y Lista de asistencia
- Matrices empleadas para la ponderación de riesgos
- Hojas de trabajo ¿Qué pasa sí...?

Anexo D Análisis de consecuencias para las operaciones de la “MRU Coyol”

- Reportes, gráficas y mapas del simulador SCRI.
- Diagramas de pétalos

Anexo E Análisis de frecuencias para las operaciones de la “MRU Coyol”

- Árboles de eventos

Anexo F Reposicionamiento de Riesgos para la “MRU Coyol”

Anexo G Procedimientos Operativos de la “MRU Coyol”

Anexo H Bitácoras de Mantenimiento de la “MRU Coyol”

Anexo I Reporte fotográfico de la “MRU Coyol”

Anexo J Documentación Legal de Combustibles Ecológicos Mexicanos , S.A. de C.V.

Anexo K Documentación del Responsable del ERA para la “MRU Coyol”

Índice de Tablas

Tabla III-1. Colindancias de la “MRU Coyol”	15
Tabla III-2 Áreas de la “MRU Coyol”	15
Tabla III-3 Normas técnicas de las MRU's.....	16
Tabla III-4 Normatividad ASEA aplicable a la “MRU Coyol	17
Tabla III-5 Normas de la STPS	17
Tabla III-6 Normas SEMARNAT	18
Tabla III-7 Normas CRE	18
Tabla III-8 Normas SENER	19
Tabla III-9 Mezcla de agua con glicol según la temperatura ambiente mínima	22
Tabla IV-1. Características de cada una de las MRU.	29
Tabla IV-2. Características del módulo de almacenamiento de la “MRU Coyol”	31
Tabla IV-3. Condiciones de Operación de la Estación de Compresión.....	32
Tabla IV-4. Condiciones Operativas de los dispensadores	32
Tabla IV-5. Características de la instrumentación y control	32
Tabla IV-6. Características Físicas y Químicas del GNC.....	34
Tabla IV-7. Características Fisicoquímicas del GNC	34
Tabla IV-8. Sustancias peligrosas manejadas en la “MRU Coyol”	35
Tabla V-1. Datos de la estación 90029 “Gran Canal 0.6+250”	36
Tabla V-2. Temperatura máxima, media y mínima	37
Tabla V-3. Velocidad del viento	38
Tabla V-4. Humedad relativa.....	38
Tabla V-5. Presión atmosférica	38
Tabla V-6 Fauna en riesgo que habita el área donde se localiza la “MRU Coyol”	44
Tabla V-7. Niebla.....	48
Tabla V-8. Pandemias de los últimos 10 años	49
Tabla V-9. Giros y/o actividades que se desarrollan en el entorno de la “MRU Coyol”	49
Tabla V-10. Cuencas y subcuencas donde se localiza la “MRU Coyol”	53
Tabla V-11. Acuíferos donde se localiza la “MRU Coyol”	54
Tabla V-12. Características de Uso de Suelo y/o tipo de Vegetación cercana a la “MRU Coyol”	62
Tabla VI-1. Antecedentes de accidentes e incidentes involucrados con el uso de gas natural.....	68
Tabla VI-2. Identificación de riesgos asociados a sustancias y materiales peligrosos manejados en la “MRU Coyol”	71
Tabla VI-3. Identificación de riesgos asociados al proceso operativo de la “MRU Coyol”	71

Tabla VI-4. Identificación de riesgos por manejo de sustancias peligrosas	72
Tabla VI-5. Típico de las metodologías de acuerdo a la etapa del Proyecto	72
Tabla VI-6. Criterios de índice de frecuencia	76
Tabla VI-7. Criterios Categorías de consecuencias.....	78
Tabla VI-8. Matrices de riesgo	79
Tabla VI-9 Distribución de escenarios de riesgo para la "MRU Coyol"	81
Tabla VI-10. Resumen de jerarquización de escenarios de riesgo para la "MRU Coyol"	86
Tabla VI-11. Escenarios de riesgo considerados para simulación de consecuencias para la "MRU Coyol"	88
Tabla VII-1. Efectos de la Radiación Térmica de acuerdo a la intensidad de energía.....	91
Tabla VII-2. Vulnerabilidad de Materiales.....	92
Tabla VII-3 Efectos derivados de la sobrepresión	93
Tabla VII-4 Criterios para Asignar Tiempos de Duración de las Fugas.....	96
Tabla VII-5. Criterios para utilizar el diámetro equivalente de fuga.....	97
Tabla VII-6. Estabilidad atmosférica	98
Tabla VII-7. Parámetros para la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo.....	99
Tabla VII-8. Resumen de los resultados de radios de afectación de los escenarios de riesgo escenarios de riesgo de la "MRU Coyol"	100
Tabla VIII-1. Interacciones de riesgo.....	104
Tabla VIII-2. Giros y/o actividades que se desarrollan en el entorno de la "MRU Coyol"	112
Tabla VIII-3. Frecuencias de ocurrencia de eventos iniciadores	118
Tabla VIII-4. Probabilidades de falla de funciones de seguridad	118
Tabla VIII-5. Frecuencias finales para los escenarios de riesgo por pérdida de integridad mecánica (Fuga y/o ruptura)	119
Tabla VIII-6. Categorías de frecuencia	120
Tabla VIII-7. Resumen de rejerarquización de escenarios de riesgo reposicionados para las operaciones de la "MRU Coyol"	127
Tabla IX-1. Distribución de extintores en la "MRU Coyol"	130
Tabla X-1. Recomendaciones de la aplicación de metodología de riesgos para la "MRU Coyol"	135

Índice de Figuras

Figura III-1. Instalaciones de la “MRU Coyol” .	11
Figura III-2. Equipos de la MRU	12
Figura III-3. Ubicación de la “MRU Coyol” .	13
Figura III-4. Vértices del Predio y del Polígono de la “MRU Coyol”	14
Figura III-5. Predio de la “MRU Coyol” sobre la imagen satelital de Google Earth.	14
Figura III-6. Distribución general de la “MRU Coyol”	15
Figura III-7 Vías de acceso a la “Unidad Móvil de Abastecimiento (MRU) Coyol”	16
Figura III-8. Funcionalidad y componentes del recinto de compresión	20
Figura III-9. Dispensarios de las MRUs	25
Figura III-10. Vista de una MRU.	26
Figura IV-1. Esquema de funcionamiento de la MRU	27
Figura IV-2. Equipos que conforman cada una de las MRU	28
Figura IV-3. Diagrama de las operaciones llevada a cabo en la “MRU Coyol”	29
Figura VI-1 Diagrama de flujo para aplicación de Metodología ¿Qué pasa sí...?	74
Figura VI-2. Gráficos de Jerarquización de riesgos para la “MRU Coyol”	87
Figura VIII-1. Radio del entorno a 500 m y sitios de interés cercanos a la “MRU Coyol”	115
Figura VIII-2. Gráficos de la re-jerarquización de riesgos para la “MRU Coyol”	128
Figura VIII-3. Gráficos comparativa de escenarios sin reposicionar vs reposicionados para la “MRU Coyol”	128
Figura VIII-4. Gráficos comparativa de escenarios sin reposicionar vs reposicionados para cada receptor de riesgo: Personal, Población Ambiente, Producción e Instalación,	129
Figura IX-1. Plano de extintores y detectores de humo en la “MRU Coyol”	130
Figura IX-2. Plano de señalización de la “MRU Coyol”	131

I. GENERALIDADES

El Estudio de Riesgo Ambiental para la Operación de la instalación denominada “**Unidad Móvil de Abastecimiento (MRU) Coyol**”, ubicada en Avenida Oriente 157 esquina con Eje 3 Oriente (Avenida Ingeniero Eduardo Molina) sin Número, Col. El Coyol, Alcaldía Gustavo A. Madero, C.P. 07420, CDMX, propiedad de **Combustibles Ecológicos Mexicanos, S.A. de C.V.**, en adelante denominada como “**MRU Coyol**”, se presenta de conformidad con lo establecido en la **CONDICIONANTE 4.** de la Autorización de Modificación a Proyecto otorgada mediante oficio No. **ASEA/UGI/DGGPI/0276/2022** de fecha del 20 de enero de 2022, emitido por la Dirección General de Gestión Comercial de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Ambiente del Sector Hidrocarburos.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) señala que se considera una actividad altamente riesgosa cuando maneja cantidades iguales o superiores de una o más sustancias señaladas en el Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de marzo de 1990 y 4 de mayo de 1992 respectivamente. En el caso de que la misma sustancia se encuentre indicada en ambos Listados, se considerará la cantidad menor.

En la Operación de la “**MRU Coyol**”, la sustancia a manejar es: Gas Natural comprimido. **Se tendrá una capacidad total de almacenamiento de 35,340 litros de gas natural comprimido.** El manejo y distribución de gas natural se considera una actividad de alto riesgo, de acuerdo con lo señalado en el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas (Diario Oficial de la Federación del 4 de mayo de 1992), cuya cantidad de reporte es de 500 kilogramos.

Por lo anteriormente expuesto y con fundamento en el Artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental

ARTÍCULO 147.- La realización de actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas, se llevarán a cabo con apego a lo dispuesto por esta Ley, las disposiciones reglamentarias que de ella emanen y las normas oficiales mexicanas a que se refiere el artículo anterior.

Quienes realicen actividades altamente riesgosas, en los términos del Reglamento correspondiente, deberán formular y presentar a la Secretaría un estudio de riesgo ambiental, así como someter a la aprobación de dicha dependencia y de las Secretarías de Gobernación, de Energía, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, y del Trabajo y Previsión Social, los programas para la prevención de accidentes en la realización de tales actividades, que puedan causar graves desequilibrios ecológicos.

Se presenta el Estudio de Riesgo Ambiental para la Operación de la “MRU Coyol” tomando en consideración y de manera orientativa la actualización de la *Guía para la elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos* publicada en la página de la Agencia Nacional de Seguridad Energía y Ambiente (ASEA) el 13 de agosto de 2020.

II. ANTECEDENTES

Combustibles Ecológicos Mexicanos, S.A. de C.V. realiza la actividad de “**Distribución de Gas Natural Comprimido por medio de Semirremolques**”, para lo cual cuenta con el siguiente permiso otorgado por la Comisión Reguladora de Energía (CRE):

- **G/21740/DIS/OM/2018** DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL COMPRIMIDO POR MEDIO DE SEMIRREMOQUE EN GUSTAVO A. MADERO, RESOLUCIÓN NÚM. **RES/2395/2018**.

Combustibles Ecológicos Mexicanos, S.A. de C.V. cuenta con las siguientes autorizaciones emitidas por la Agencia Nacional de Seguridad Energía y Ambiente (ASEA):

- Autorización en materia de impacto y riesgo ambiental que se otorgó de manera condicionada por la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Ambiente del Sector Hidrocarburos mediante el oficio No. **ASEA/UGSIVC/DGGC/12210/2020** de fecha del 09 de diciembre de 2020, con una vigencia de 30 días para las etapas de preparación del sitio y construcción y 30 años para las etapas de operación y mantenimiento del proyecto.
- Autorización en materia de impacto y riesgo ambiental que se otorgó para la modificación al proyecto autorizado (consistente en la instalación de una nueva Unidad Móvil de Abastecimiento (MRU), con 93 cilindros cada uno con capacidad de 190 litros base agua de gas natural, dando un total de 17,670.00 litros (aproximadamente 3,349.46 kg), ubicada a 7.71 metros límite de batería lado norte y 23.98 metros límite de batería este, y a 6.47 metros hacia el norte de la Unidad Móvil de Abastecimiento (MRU) actualmente instalada y autorizada mediante oficio ASEA/UGSIVC/DGGC/12210/2020 de fecha 09 de diciembre de 2020) por la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Ambiente del Sector Hidrocarburos mediante el oficio No. **ASEA/UGSIVC/DGGPI/0276/2022** de fecha del 20 de enero de 2022, con una vigencia de no mayor a 2 meses contados a partir de la fecha de notificación.

III. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La “**MRU Coyol**”, consiste en transportar gas natural comprimido desde la Estación de Servicio de gas natural donde se abastecen los módulos de almacenamiento y transporte, hasta el punto de distribución para el transporte público a través de la Unidad Móvil de Abastecimiento (MRU), integrada por contendedores, compresor y surtidores a bordo de una plataforma de 40” remolcadas por un tractocamión.

De esta forma se promueve el uso del gas natural comprimido como una fuente de energía más eficiente, menos contaminante y con menores riesgos que el gas licuado de petróleo y otros combustibles fósiles, llegando a empresas que actualmente se encuentran alejadas de ductos de transporte y distribución de gas natural, por lo que esta “**MRU Coyol**” representa una alternativa más económica, segura y con impactos ambientales mínimos.

La “**MRU Coyol**”, cuenta con dos MRU´s y tiene una capacidad total de almacenamiento de **35,340 litros de gas natural comprimido** (almacenamiento de 93 cilindros de 190 litros cada uno con volumen hidráulico total de 17,670 litros y capacidad aproximada de gas a 250 Bar (25 Mpa) de 5,366 m³, en cada MRU).



Figura III-1. Instalaciones de la “MRU Coyol”.

Los equipos que forman parte de la MRU son:

- Recinto de Compresión: Compresor (rojo)
- Recinto de Compresor: Dispensadores (verde)
- Almacenamiento de Gas Natural (amarillo)
- Porta-contenedor 40 pies, se usará sólo para montar los equipos antes mencionados y transportarlos (azul).

Como se puede ver en la Figura III.2.



Figura III-2. Equipos de la MRU

III.1 Ubicación geográfica de la “MRU Coyol”

La “Unidad Móvil de Abastecimiento (MRU) Coyol”, se ubica en la alcaldía Gustavo A. Madero, en la dirección Avenida Oriente 157 esquina con Eje 3 Oriente (Avenida Ingeniero Eduardo Molina) Sin Número, Colonia El Coyol, Alcaldía Gustavo A. Madero, Código Postal 07420, Ciudad de México. Ver Figura III-5.

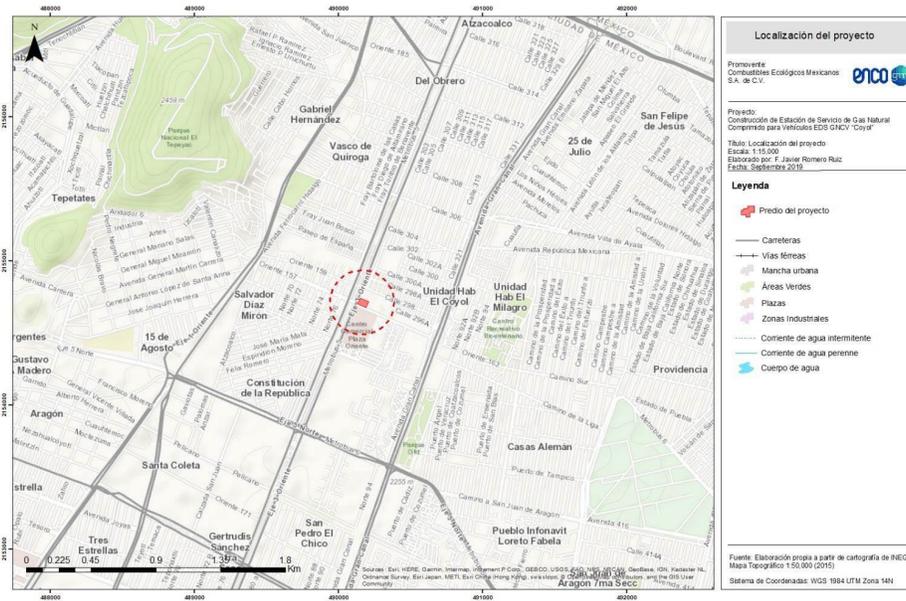


Figura III-3. Ubicación de la "MRU Coyol".

A continuación, se muestra tabla con las coordenadas de ubicación del predio y del polígono de la "MRU Coyol":

Vértices	UTM	
	X	Y
V1	490,147.63	2,154,742.83
V2	490,206.85	2,154,717.23
V3	490,188.64	2,154,675.84
V4	490,131.28	2,154,700.46
Superficie	2,750.00 m²	

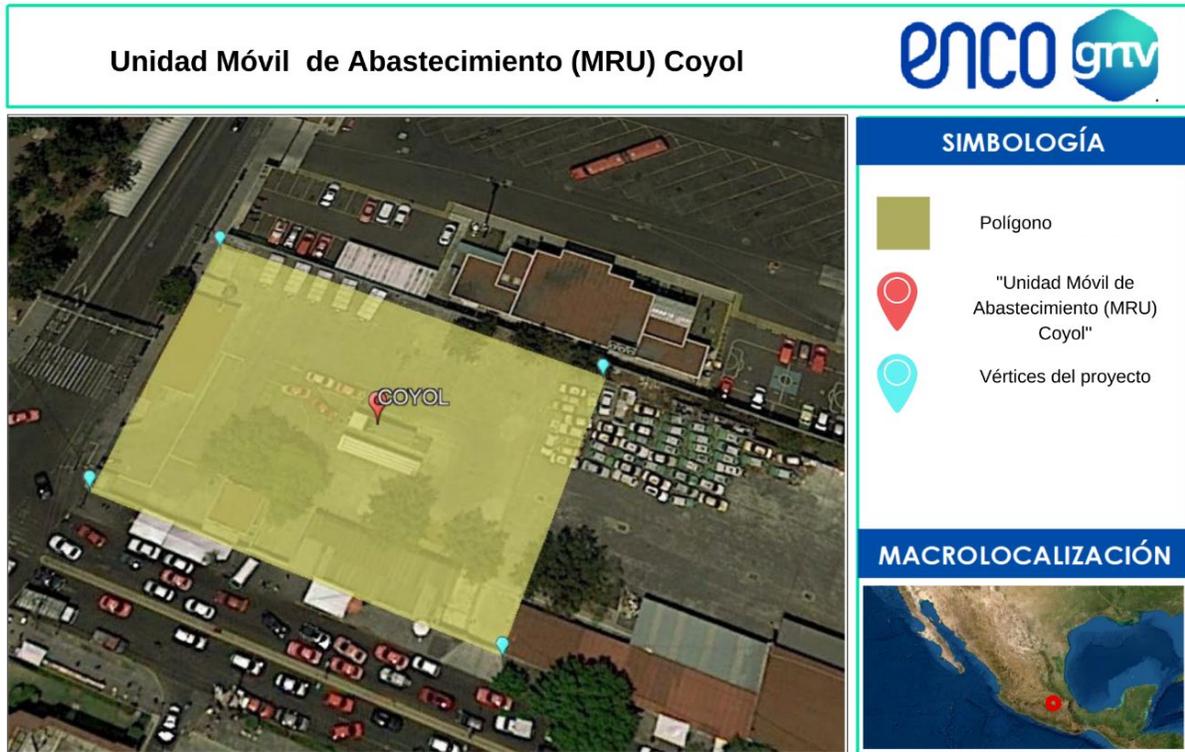


Figura III-4. Vértices del Predio y del Polígono de la “MRU Coyal”

En la Figura III-6, se muestra la distribución de Skid´s y UMD´s que integran la “MRU Coyal” dentro del terreno:

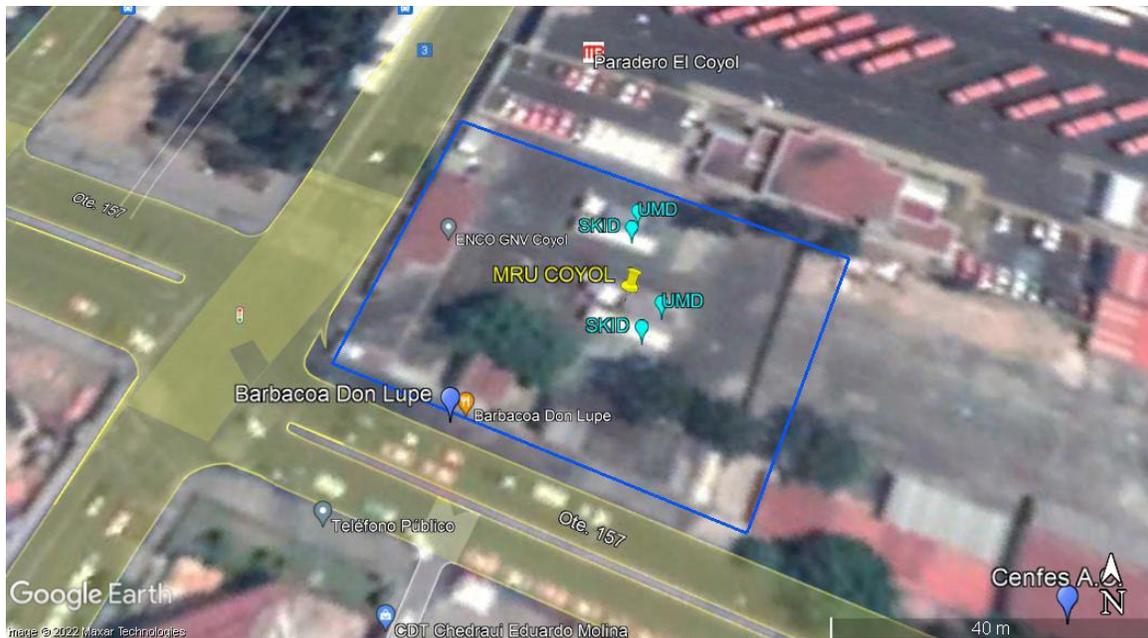


Figura III-5. Predio de la “MRU Coyal” sobre la imagen satelital de Google Earth.

III.2 Colindancias

La “MRU Coyol” presenta las siguientes colindancias:

Tabla III-1. Colindancias de la “MRU Coyol”

Colindancia	Descripción
Noroeste	A 33.44 metros se encuentra la vía pública Eje 3 Oriente (Avenida Ingeniero Eduardo Molina)
Noreste	A 24.20 metros se colinda con propiedad privada
Suroeste	A 24.20 metros se encuentra la vía pública, avenida Oriente 157
Sureste	A 33.44 metros se colinda con propiedad privada

III.3 Dimensiones de la ubicación de la “MRU Coyol”

La “MRU Coyol” cuenta con una superficie total de 2,750 m² y una superficie de 1,523.96 m² ocupados por las dos MRUs y las Oficinas, en la Tabla III-2 se muestran las áreas en las que se encuentra distribuida la “MRU Coyol” (Ver Figura III.6).

Tabla III-2 Áreas de la “MRU Coyol”

Uso específico	Área (m ²)
MRU’s	1,319.46
Oficinas	204.50

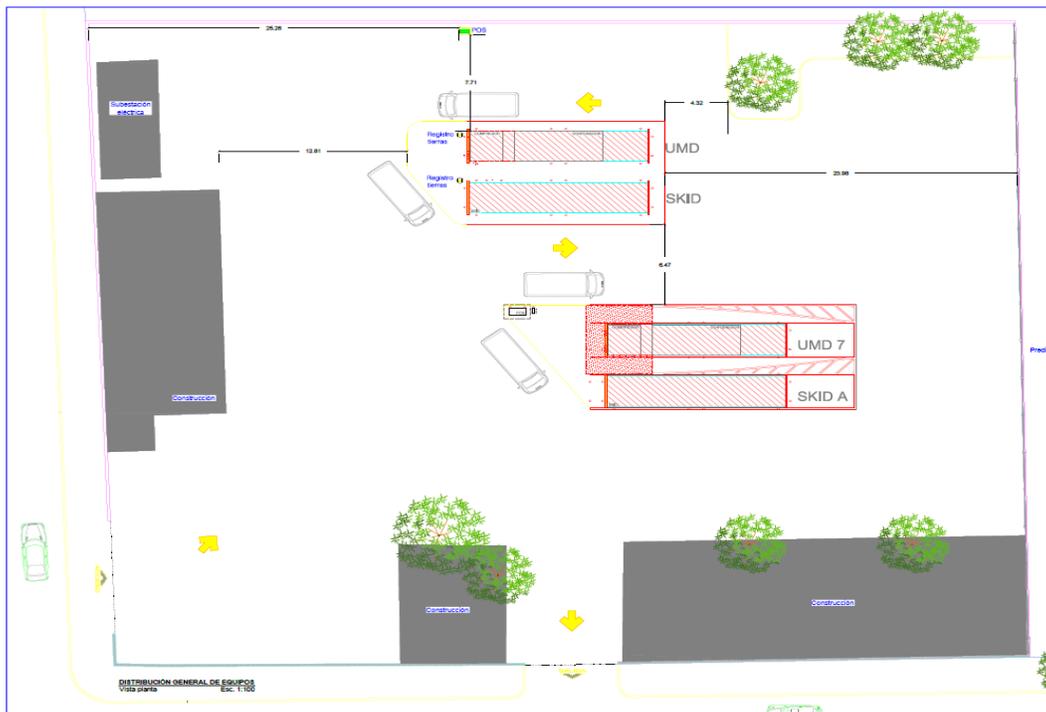


Figura III-6. Distribución general de la “MRU Coyol”.

III.4 Vías de acceso

La vialidad para acceder a la “MRU Coyoil” es la calle Salvador Hinojosa, que es una vialidad de dos sentidos, Figura III-7.



Figura III-7 Vías de acceso a la “Unidad Móvil de Abastecimiento (MRU) Coyoil”

III.5 Fecha de inicio de operación

La “MRU Coyoil”, inició sus operaciones el 05 de enero de 2021.

III.6 Criterios, normas, códigos, estándares, buenas prácticas, entre otros consideradas para la elaboración de las bases de Diseño de la Instalación

Todas las selecciones de diseño y técnicas de maquinaria, dispositivos auxiliares, componentes, instrumentación, dispositivos de seguridad, están de acuerdo con los requisitos de seguridad establecidos por la disposición legal. Específicamente, en relación con el diseño, la construcción y la prueba de las máquinas, SAFE se refiere a todas las normas técnicas europeas, como se detalla en la Tabla III.3.

Tabla III-3 Normas técnicas de las MRU's

No	Componente	Main regulation and Normas	
1	Compresor	UE DIRECTIVE 2014/68 (PED) UE DIRECTIVE 2014/34 (ATEX) UE DIRECTIVE 2006/42 (MSD)	EN1012-1

Tabla III-3 Normas técnicas de las MRU's

No	Componente	Main regulation and Normas	
2	Máquinas en presión	UE DIRECTIVE 2014/68 (PED)	
3	Válvulas de seguridad	UE DIRECTIVE 2014/68 (PED)	
4	Gas y tubería de montaje	UE DIRECTIVE 2014/68 (PED)	DIN2413 SAE J 514
5	Equipos eléctricos	UE DIRECTIVE 2014/34 (ATEX)	EN60204-1 EN60439-1 IEC 60079-14 UE DIRECTIVE 2014/3
6	Verificación y pruebas	UE DIRECTIVE 2014/68 (PED)	SAFE STD

Las Normas ASEA se pueden ver en la Tabla III-4.

Tabla III-4 Normatividad ASEA aplicable a la “MRU Coyoil

Normatividad	Título
NOM-007-ASEA-2016	Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos.
NOM-EM-003-ASEA-2016	Especificaciones y criterios técnicos de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente para el Diseño, Construcción, Prearranque, Operación y Mantenimiento de las instalaciones terrestres de Almacenamiento de Petrolíferos, excepto para Gas Licuado de Petróleo.

Las Normas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) aplicables a la “**MRU Coyoil**” se presentan en la Tabla III-5.

Tabla III-5 Normas de la STPS

Normatividad	Título
NOM-002-SPTS-2010	Condiciones de Seguridad. Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
NOM-017-STPS-2008	Selección y uso del equipo de protección personal, en los centros de trabajo
NOM-026-stps-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos condiciones en tuberías
NOM-100-STPS-1994	Extintores

Las Normas de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) aplicables a la “**MRU Coyol**” se presentan en la Tabla III-6.

Tabla III-6 Normas SEMARNAT

Normatividad	Título
NOM-041-SEMARNAT-2015	Que establece los límites permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.
NOM-044-SEMARNAT-2006	Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, bióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diésel como combustible y que se utilizan para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto mayor de 3,857 Kg.
NOM-045-SEMARNAT-2006	Vehículos en circulación que usan diésel como combustible – límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.
NOM-052-SEMARNAT-2005	Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
NOM-080-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.
NOM-081-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.
NOM-129-SEMARNAT-2006	Que establece las especificaciones de Protección Ambiental para la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono de redes de distribución de gas natural que se presentan en áreas urbanas, suburbanas e industriales, de equipamiento urbano o de servicios.

Las Normas de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) aplicables a la “**MRU Coyol**” se presentan en la Tabla III-7.

Tabla III-7 Normas CRE

Normatividad	Título
NOM-001-SECRE-2010	Especificaciones del Gas Natural

Las Normas de la Secretaría de Energía (SENER) aplicables a la “MRU Coyol” se presentan en la Tabla III-8.

Tabla III-8 Normas SENER

Normatividad	Título
NOM-001-SEDE-2012	Instalaciones Eléctricas (utilización)

III.7 Contratos compañías externas que desarrollen actividades comerciales y/o de servicios dentro de sus instalaciones

Combustibles Ecológicos Mexicanos, S.A. de C.V. no cuenta con contratos con compañías externas, sin embargo, si se realiza el expendio de gas natural a vehículos automotores.

III.8 Autorizaciones oficiales con las que se cuenten para realizar la actividad

- Permiso de la Comisión Reguladora de Energía (CRE)
 1. **G/21740/DIS/OM/2018** DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL COMPRIMIDO POR MEDIO DE SEMIRREMOQUE EN GUSTAVO A. MADERO, RESOLUCIÓN NÚM. **RES/2395/2018.**
- Autorizaciones de impacto ambiental
 1. Autorización en materia de impacto y riesgo ambiental que se otorgó de manera **condicionada** por la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Ambiente del Sector Hidrocarburos mediante el oficio No. **ASEA/UGI/DGGPI/12210/2020** de fecha del 09 de diciembre de 2020, con una vigencia de 30 días para las etapas de preparación del sitio y construcción y 30 años para las etapas de operación y mantenimiento del proyecto.
 2. Autorización en materia de impacto y riesgo ambiental que se otorgó para la modificación al proyecto autorizado (consistente en la instalación de una nueva Unidad Móvil de Abastecimiento (MRU), con 93 cilindros cada uno con capacidad de 190 litros base agua de gas natural, dando un total de 17,670.00 litros (aproximadamente 3,349.46 kg), ubicada a 7.71 metros límite de batería lado norte y 23.98 metros límite de batería este, y a 6.47 metros hacia el norte de la Unidad Móvil de Abastecimiento (MRU) actualmente instalada y autorizada mediante oficio ASEA/UGSIVC/DGGC/12210/2020 de fecha 09 de diciembre de 2020) por la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Ambiente del Sector Hidrocarburos mediante el

oficio No. **ASEA/UGSIVC/DGGPI/0276/2022** de fecha del 20 de enero de 2022, con una vigencia de no mayor a 2 meses contados a partir de la fecha de notificación.

III.9 Planes de crecimiento a futuro

Combustibles Ecológicos Mexicanos, S.A. de C.V. no contempla crecimiento a futuro para la “MRU Coyal”

III.10 Infraestructura

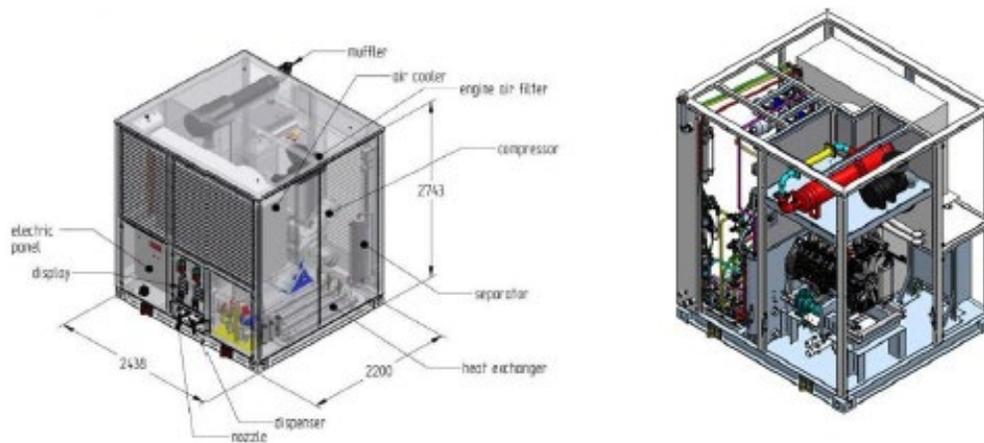
La “MRU Coyal” cuenta con dos MRU's, las cuales están conformadas por una unidad de compresión cada una.

Cada unidad de compresión está compuesta por el siguiente sistema principal:

a) Un compresor recíprocante mod. ST63TBM200/10-ICE

La unidad de compresión consiste en un compresor volumétrico alternativo con cilindros.

Los compresores alternativos SAFE alcanza altos niveles de rendimiento gracias al uso de materiales tecnológicamente avanzados, control de sistemas, automatización, diseño y métodos de simulación.



Funcionalidad

Partes que componen el recinto de compresión

Figura III-8. Funcionalidad y componentes del recinto de compresión

Los recientes sistemas de automatización ayudan considerablemente en los sistemas recién instalados y en la amortización del sistema existente para:

- La seguridad
- Facilidad de operación y control
- Eficiencia del compresor

El cuerpo del compresor contiene un eje excéntrico y, dependiendo del tipo, el tirante y la cabeza cruzada.

Los sellos dinámicos evitan que el gas y el aceite entren en contacto entre sí. Los purgadores con ventilación también aseguran que, en caso de fugas, el gas natural no entre en el cuerpo.

Las válvulas de admisión de gas, que se abren automáticamente, están equipadas con un dispositivo especial de "elevación de válvulas" que permite que el compresor funcione en seco durante el arranque y el apagado.

El cuerpo, junto con los cilindros, se atornilla el marco.

La energía se transmite, al compresor, a través de un motor de gas que se encuentra en el mismo bastidor que sostiene el compresor. La potencia se transmite a través de un acoplador o caja de cambios flexibles y un acoplador flexible de amortiguación.

b) Un sistema de gas de proceso (parcialmente montado sobre el patín)

El gas natural es aspirado desde la línea de alimentación, filtrado, recogido y comprimido en el cilindro de la primera etapa, y posteriormente a la siguiente etapa S.

Instrumentos y dispositivos de seguridad en el sistema de gas como un transductor de presión, un manómetro (PI) que lee la presión y una válvula de seguridad se instalan en la salida de cada etapa.

Las presiones se muestran en los manómetros (PI).

Cada línea de suministro del compresor es monitorizada por un transductor de presión (PT-XX) de modo que no se excede el valor de ajuste. Los valores de presión leídos por los transductores y los ajustes relativos de alarma se muestran en la pantalla del PLC en el armario de control.

El sistema de gas incluye válvulas de bola con actuador neumático y válvula de cierre manual.

La apertura y cierre de las válvulas se incluyen en la secuencia realizada para arrancar, apagar y cambiar la etapa de llenado del compresor. Los actuadores son arrancados por válvulas solenoides que transmiten el impulso neumático. Cuando la presión requerida para el funcionamiento del actuador no está

presente, la válvula cambia a las condiciones de seguridad (abierta o cerrada, dependiendo de la función ejecutada).

La válvula de bola accionada por palanca debe utilizarse siempre cuando se realiza el mantenimiento para apagar el gas enviado al compresor.

El filtro retiene cualquier líquido y / o partículas sólidas presentes en el gas alimentado al compresor.

El grado de filtración depende del estado del gas.

c) Un sistema de agua de refrigeración

La transferencia de calor tiene lugar a través del intercambiador. El gas se enfría por el flujo de una mezcla de agua y glicol. La proporción utilizada está estrictamente relacionada con la temperatura ambiental mínima a la que debe protegerse. El agua debe ser suavizada y libre de partículas suspendidas, mientras que el glicol debe ser de grado superior. Se debe añadir un inhibidor de la corrosión al refrigerante. El agua utilizada debe estar acondicionada y libre de partículas suspendidas y los glicoles deben ser de alta calidad (por ejemplo, Safe recomienda ICE FLU glycol).

Recomendamos añadir un inhibidor de corrosión al refrigerante y lavar el sistema para eliminar cualquier acumulación de calcio al menos una vez al año.

Tabla III-9 Mezcla de agua con glicol según la temperatura ambiente mínima

Porcentaje de glicol en peso de mezcla agua-glicol	Temperatura de congelación en °C
15 %	-5 / -9
25 %	-10 / -14
35 %	-15/ -19
40 %	-20
50 %	≤ 20

Un enfriador se utiliza para mantener baja la temperatura del gas con el fin de alcanzar un máximo de gas de los vehículos de llenado.

d) Un sistema de lubricación

Los componentes del sistema de lubricación con aceite:

Tanque de aceite (caja de bloqueo de compresor):

El aceite se recoge en la parte inferior del cuerpo del compresor en los modelos ST. El nivel se puede comprobar a través del indicador visual / eléctrico proporcionado donde se indican los niveles mínimo y máximo.

Bombas de aceite:

Una bomba de engranajes con una o más etapas se monta sobre el patín del compresor. La bomba es accionada directamente por el eje principal.

Circuito de lubricación de eje y cilindro:

El aceite, aspirado por la bomba, es enviado a los circuitos de lubricación. Una o más válvulas de alivio de presión están instaladas en el circuito para mantener la presión de aceite dentro del rango de operación ajustado.

Circuito de refrigeración de aceite:

Todo el aceite es enfriado por un intercambiador de calor de tamaño adecuado. La transferencia de calor tiene lugar con agua en circuito cerrado o con aire, dependiendo del tipo de sistema de refrigeración suministrado.

Filtro de aceite:

Uno o más filtros de aceite de tipo cartucho se instalan en el circuito después de las bombas de engranajes que interrumpen todo el flujo de aceite.

Indicador de filtros de aceite:

Este dispositivo asegura por una alarma que el filtro está obstruido porque mide la presión diferencial del filtro aguas arriba-abajo.

Características de seguridad:

El aceite del compresor se mantiene caliente por un calentador eléctrico, que se activa cuando la temperatura del aceite es inferior a 5 ° C. El filtro de aceite se calienta y se aísla con el fin de mantener el aceite en el filtro caliente. De esta manera se reduce la pérdida de presión a través del filtro en el arranque de la bomba y se evita el daño del filtro. Por la misma razón, el intercambiador de calor se evita mediante la válvula de contrapresión: si la caída de presión a través del intercambiador de calor es demasiado alta debido al aceite frío, el intercambiador de calor se evita.

Otra línea de derivación con válvula de contrapresión regula la presión de aceite al eje a 6 bar.

La presión del aceite, la temperatura y el nivel son controlados por el transductor de presión y el indicador visual / eléctrico.

La temperatura del aceite se controla mediante transmisores o termostatos mientras que el nivel de aceite es controlado por un indicador de nivel. Si los valores leídos no son correctos, el compresor indica una alarma.

El nivel de aceite en el depósito debe mantenerse entre los niveles máximo y mínimos indicados en el indicador de nivel LGxx.

e) Un sistema de separación

La línea de salida de gas de las tres etapas del compresor está equipada con un separador coalescente y / o centrífugo con una sola línea de sistema de drenaje automático para realizar una acción apropiada de eliminación de condensados y recoger los condensados que están a presión diferente dentro de un tanque grande.

f) Un sistema de filtración de línea de entrada

El compresor está protegido por un filtro de admisión 0.01um FT-001, cuyo papel principal es proteger los cilindros del polvo y las partículas. El filtro se compone de dos paletas, con el fin de separar las partículas más grandes, o gotas de agua residual en la primera paleta, y la más fina en la segunda paleta.

g) Circuito neumático

La máquina se controla a través del gas del instrumento de acuerdo con un principio de funcionamiento específico. El circuito de gas del instrumento se emplea para accionar todos los actuadores y cilindros de elevación de válvula a través de válvulas de solenoide.

Esta máquina funciona con un compresor de tres etapas con cuatro cilindros de efecto único.

Modelo del compresor:		ST63TBM200-10-ICE			
Líquidos comprimibles:		Natural methane-based gas CH ₄ (H ₂ S<2% - CO ₂ <4%)			
Densidad del gas:		0.60÷0.82 kg/m ³			
RPM nominal:		1500			
Número de etapas del compresor:		3			
Presión mínima de admisión del compresor:		10 bar			
Presión máxima de admisión del compresor:		200 bar			
Presión máxima de suministro del compresor:		250 bar			
Requerimientos de energía:		75 KW			
Compresor performance					
Presión de admisión	Presión de suministro 1ª etapa	Presión de suministro 2ª etapa	Presión de suministro 3ª etapa	Caudal	Consumo de energía
bar r	bar r	bar r	bar r	Sm ³ /h	kW
200	58	129	250	1100	75
Especificaciones del equipo auxiliar					
Presión del aceite en el circuito de lubricación		10 bar			
Presión de aceite en el circuito de retención:		60 bar			
Capacidad del tanque de aceite:		40 litros aprox			
Presión en el circuito de refrigeración:		1 bar r			
Pilotaje de la presión de aire:		6 – 8 bar r			

Suministro de energía

Para el suministro de energía del motor eléctrico debe ser de acuerdo a los datos proporcionados en la placa de identificación del motor. No suministrar energía al motor con una línea de alimentación con especificaciones diferentes a las indicadas.

Todas las actividades que se realizaran en el proceso operativo cumplen con las medidas de seguridad establecidas por **Combustibles Ecológicos Mexicanos S.A. de C.V.**, así como todo lo establecido en las normatividades aplicables, reduciendo así los accidentes dentro y fuera de las instalaciones.

Para los mantenimientos la empresa cuenta con manuales, los cuales tienen como objetivo principal el conservar en condiciones óptimas de seguridad y operación los elementos constructivos, equipos e instalaciones.

Se cuenta con programas de mantenimiento los cuales están elaborados conforme a los manuales de mantenimiento de cada equipo y conforme a las indicaciones de los fabricantes, proveedores de materiales y constructores.

Dispensarios

Los dispensarios se encuentran en la parte trasera del compresor, en el cual contiene 2 sensores máxicos CNG050 marca MICRO MOTION, con indicadores visuales en el cual muestra la cantidad de litros de GNC que se están abasteciendo al cliente a través de mediciones de presión, temperatura y densidad del hidrocarburo. Contiene dos cuadros visuales con dos mangueras independientes para abastecer un par de vehículos simultáneamente a 70 kg/min @ 250 bar.



Figura III-9. Dispensarios de las MRUs

En el **Anexo A** se incluye el manual de instalación, uso y mantenimiento del compresor para el módulo de compresión de GNC Móvil.

Almacenamiento 20´ft

El almacenamiento de la MRU tiene 93 elementos (tubos jumbo) de 190 litros cada uno con volumen hidráulico total de 17,670 litros y capacidad aproximada de gas a 250Bar (25Mpa) de 5,366m³. Los sistemas de almacenamiento tienen aprobaciones ADR (Acuerdo Europeo referente al transporte de materiales peligrosos por carretera) y CSC (Convención Internacional para Seguridad en contenedores según la normativa de la Organización Marítima Internacional).

Los tanques de almacenamiento han sido aprobados según CSR mediante el sometimiento a las cargas de prueba en laboratorios acreditados para este fin con inspección de DNV (Det Norske Veritas). Además, cada uno de los tanques fabricados son sometidos a pruebas de fugas mediante la presurización con mezclas controladas de aire y helio.

La estructura ha sido fabricada utilizando acero de alta calidad y soldada por personal técnico calificado de acuerdo a normas ASME.

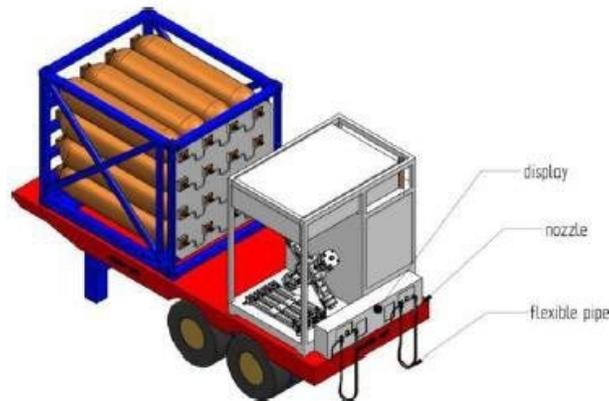


Figura III-10. Vista de una MRU.

IV. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Las MRU, como su nombre lo indica, funcionan como un punto móvil de distribución de Gas Natural. La MRU cuenta con un sistema de tanques a tres diferentes presiones, un panel prioritario, un sistema de compresión y dos puntos de descarga.

En el siguiente esquema se muestra los elementos que componen la MRU.

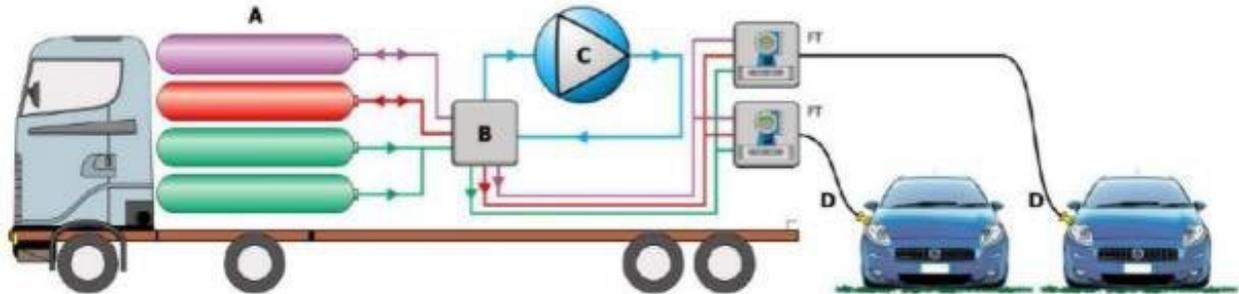


Figura IV-1. Esquema de funcionamiento de la MRU

Cuando el autotankero móvil “Mobile-Refueling Unit” (MRU) de gas natural comprimido Vehicular (GNVC) se encuentra en la estación, el compresor que se encuentra instalado en el tracto-camión trabaja recuperando la presión del gas en tres bancos de la cascada (alta, media y baja) hacia los vehículos.

Fase 1: Despacho de GNC a vehículos

Al principio del proceso, el gas es transportado de rack de cilindros (A) banco de baja presión a los puntos de despacho (D) y empieza a llenar los vehículos.

Fase 2: Despacho continuo de GNCV

Cuando la presión del gas en el rack de cilindros (A) de baja presión iguala a la del vehículo, el abastecimiento de GNC continúa usando ahora el banco de media presión de los cilindros en (A) hasta el punto de despacho (D).

Fase 3: Despacho final

Cuando la presión del gas en el rack de cilindros (A) de media presión se iguala al del vehículo, el abastecimiento se finaliza usando la presión del banco de alta presión en los cilindros en (A).

Fase 4: Recuperación de GNVC

Después de abastecer el GNCV, cuando no estén cargando los vehículos, el compresor (C) trabaja a través del panel de prioridades (B) succionando gas del banco de presión media para comprimirlo y devolverlo al banco de alta presión. Con dicho sistema el almacenaje de GNCV en la MRU se encuentra a un 90%, en donde se busca que siempre el banco de alta presión esté lleno para abastecer a los vehículos de manera más rápida.

Fase 5: Re-abastecimiento de GNC

Una vez que el GNC dentro del almacenamiento se haya agotado, la MRU o los contenedores (SKIDS) se tendrán que trasladar a una estación de compresión (madre) para rellenar nuevamente los bancos de gas natural y empezar el ciclo de despacho nuevamente. La base de compresión de gas natural en donde se proveerá el suministro del hidrocarburo será a través de la persona moral denominada Neomexicana de GNCV S.A.P.I. de C.V.

Los equipos que forman parte de la MRU son:

- Recinto de compresión: Compresor (rojo).
- Recinto de compresión: Dispensadores (verde).
- Almacenamiento de Gas Natural (amarillo).
- Porta contenedor 40FT, se usará para montar los equipos antes mencionados y transportarlos (azul).



Figura IV-2. Equipos que conforman cada una de las MRU

En la Tabla IV-1 se indican las características de los equipos que conforman la MRU:

Tabla IV-1. Características de cada una de las MRU.

Equipo	Cantidad	Características
Plataforma Plana Porta contenedor 40ft	1 por cada MRU	Remolque: Capacidad de carga: 40,000 kg Dimensiones: largo: 10.06 m, ancho: 2.60 m y alto: 1.45 m 3 ejes.
MRU mecánica	1 por cada MRU	Compresor: Presión de trabajo: 250 Bar Temperatura de diseño: -40°C a 65°C Presión de prueba: 375 Bar Norma: ISO 9809-1:2010 Material: 34CrMo4 # SERIE: 45357/3 2 surtidores SAFE FP 22/3 Panel de control
Módulo de almacenamiento 20' Gas Natural Comprimido	1 por cada MRU	Cilindros: Presión de trabajo: 250 Bar Presión de prueba: 375 Bar Norma: ISO 9809-1 Número de cilindros: 93 Capacidad: 190 L, Capacidad total: 17,670 Lt

En la Figura IV-3 se muestra el diagrama de bloques con las operaciones llevadas a cabo en la “MRU Coyol”.

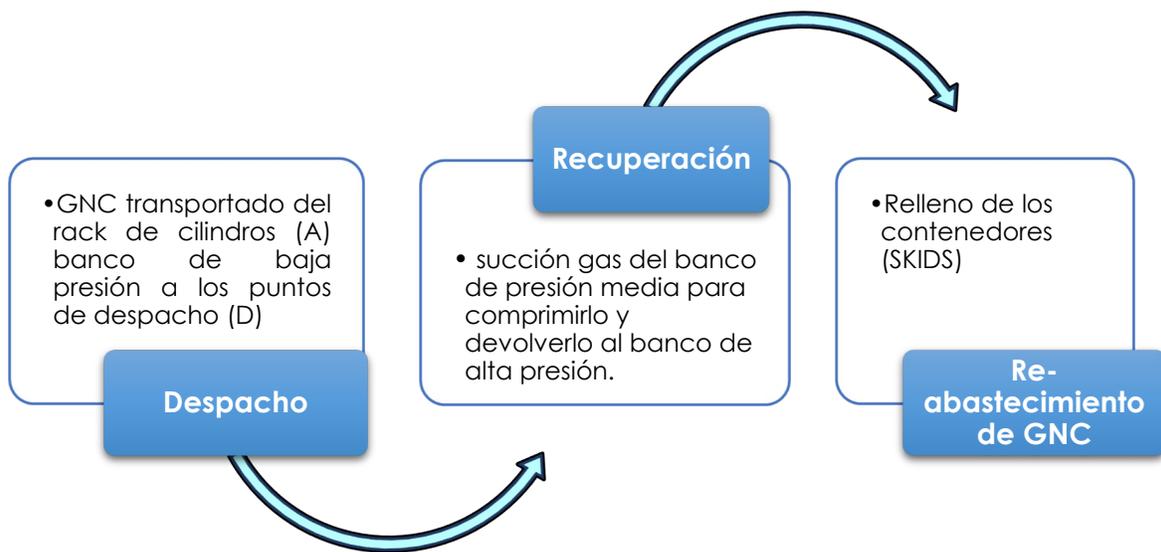


Figura IV-3. Diagrama de las operaciones llevada a cabo en la “MRU Coyol”

IV.1.1 Recipientes de almacenamiento, características, e instrumentos de medición.

La naturaleza de la "MRU Coyol" implica el almacenamiento temporal de GNC dentro de la MRU para uso vehicular. Cada unidad contará con un módulo de almacenamiento compuesto por 93 cilindros con capacidad de 190 L cada uno, teniendo un volumen total de almacenamiento de 17,670 L.

Los cilindros operan de acuerdo con la señal enviada por el panel de prioridades tomando en cuenta la presión de operación a fin de hacer pasar el GNC por el banco de baja, media y alta presión según corresponda, con el fin de realizar el despacho a los vehículos automotores (usuarios finales).

No es omiso mencionar que el módulo de almacenamiento de GNC, al encontrarse dentro de una MRU no permanece fijo, es decir, los cilindros deben rellenarse cuando se requiera, movilizandolos la MRU hacia una estación de llenado (estación madre).

La tabla IV-2 muestra las características principales del módulo de almacenamiento de la "MRU Coyol":

Tabla IV-2. Características del módulo de almacenamiento de la “MRU Coyoil”

Descripción	TAG	Año Fab.	Capacidad en L	Dimensiones	Código de diseño	Materiales de construcción	Tiempo de vida útil	Sustancia manejada	Estado físico de la sustancia	Presión de prueba hidrostática bar	Flujo de diseño y operación	Presión de diseño y operación en kg/cm ²	Temperatura de diseño y operación en °C	Sistemas de control, sistemas de seguridad y medios de contención	Ubicación
											Min./Nomal/Max.	Min./Nomal/Max.	Min./Nomal/Max.		
Cilindros de almacenamiento de GNC	Módulo de almacenamiento (93 cilindros)	----	190	-----	ISO 9809-1	Placa de acero: acero inoxidable	----	GNC	Gaseoso	375	No aplica	Presión de trabajo (bar) = 250	Temperatura máxima (°C) = -20 – 60	Válvulas de alivio de presión. Válvulas de relevo de presión	Dentro del predio del proyecto
Compresor	Compresor	----	1500 RPM	----	ISO 9809-1:2010	34CrMo4	----	GNC	Gaseoso	375	4,037 m ³ /h	Presión de trabajo (bar) = 250 Presión mínima de admisión (bar): 10 Presión mínima de admisión (bar): 200	Temperatura de diseño (°C) = -40 – 65	----	Dentro del predio del proyecto
Dispensadores	Dispensadores (2 dispensadores)	---	Flujo promedio 70 kg/min	-----	---	---	----	GNC	Gaseoso	---	70 kg/min @ 250 Bar	Presión de Operación Máxima = 250 bar	---	Regulador de presión eléctrico válvula de alivio, y manómetro.	Dentro del predio del proyecto

IV.1.2 Procedimiento para el suministro de gas natural a vehículos

El personal requerido para la operación de la “MRU Coyal” es de un máximo de 10 personas: 8 despachadores, 1 administrador y 1 técnico de mantenimiento que trabajarán en turnos de 8 horas.

La “MRU Coyal” es una instalación equipada técnicamente para suministrar GNCV a los vehículos, cumpliendo con todas las normas de seguridad establecidas a nivel nacional.

IV.2 Condiciones de operación

La “MRU Coyal” contempla dos unidades móviles de almacenamiento la cual los parámetros de operación vienen definidos por el fabricante, a través de sus manuales de operación, sin embargo, es indispensable recalcar que las condiciones operativas serán estrictamente establecidas por cada una de las fichas técnicas, a continuación, se presentan algunas para fácil relación.

Tabla IV-3. Condiciones de Operación de la Estación de Compresión

Técnicas	Temperatura interna	293.15 °K (20 °C)
	Presión interna	250 Bar
Ambientales	Temperatura Ambiente	16.9 °C
	Velocidad del viento	10 Km/h
	Dirección del viento	22.5° NNE
	Humedad	0 - 10%

Tabla IV-4. Condiciones Operativas de los dispensadores

Técnicas	Temperatura interna	298.15 °K (25 °C)
	Presión interna	250 Bar
Ambientales	Temperatura Ambiente	16.9 °C
	Velocidad del viento	10 Km/h
	Dirección del viento	22.5° NNE
	Humedad	0 - 10%
	Altitud	2135 m

Tabla IV-5. Características de la instrumentación y control

Dispositivo	Descripción
Tablero de Control	El tablero de control electrónico monitorea y controla el fluido eléctrico de los compresores en sus arranques, funcionamiento y paradas, y los sistemas de seguridad de los equipos.

Tabla IV-5. Características de la instrumentación y control

Dispositivo	Descripción
Compresores	La línea de suministro y la salida del compresor cuentan con una válvula de cierre manual al igual que de un interruptor de corte de energía eléctrica
Unidad de almacenamiento	La batería normalmente cuenta con una válvula manual, una válvula de alivio por sobre presión. Cada batería estará provista de su manómetro, una válvula de bloqueo y purga y un rotulo visible que indica en psi la presión máxima de carga, una válvula de bloqueo que independizará cada cilindro. Adicionalmente cada cilindro cuenta con la fecha de fabricación y de servicio. A la salida del almacenamiento se instala una válvula de bloqueo servocomandada, que corta el suministro de GNC a los dispensadores cuando se accione el sistema de parada de emergencia
Surtidores	Tienen dispositivos que controlan electrónicamente el cierre y la apertura de las líneas de alimentación que vienen del almacenamiento. Además, cuentan con una válvula de exceso de flujo la cual corta la salida del gas, si llegase a haber una rotura. Las mangueras que incluyen estos equipos son flexibles y resistentes a la corrosión y al daño mecánico, y deberán estar soportadas sobre el surtidor para prevenir el exceso de doblamiento lo cual produce el desgaste. Los surtidores tendrán una válvula de bloqueo manual para cortar el suministro de GNV al surtidor.
Extintores	Instalados de acuerdo con la normatividad vigente . Se tienen 15 equipos de extintores del tipo Polvo Químico Seco (PQS): 4 de 50 kg, 4 de 4.5 kg y 7 de 6 kg, y 4 de 50 kg distribuidos en la “MRU Coyol” , con su debida señalética visible. En la Tabla IX-1 se indica la distribución de extintores de la “MRU Coyol”.

Sistema de CCTV y datos:

Esta área de la “MRU Coyol” cuenta con un sistema de datos tipo modem inalámbrico para comunicación con la MRU y un sistema de CCTV que incluye 2 cámaras, todo esto montado sobre postes de concreto 7,500kg compartidos con iluminación y comunicación alámbrica aérea acorde a los lineamientos técnicos en redes de telecomunicación.

Señaletica:

Para delimitar el área operativa se utilizan barriles para tránsito (con cinta reflejante) sujetos con cadenas para impedir el acceso de personas y vehículos. Se instalarán señalizaciones en las paredes, sobre los equipos MRU y señaléticas tipo móviles para las zonas de circulación

de buses. Todas las señaléticas seguirán las especificaciones según las Normas NOM-003-SEGOB-2011 (Señales y avisos para protección civil. - Colores, formas y símbolos a utilizar) y la norma NOM-026-STPS-2008 (Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.)

En el **Anexo A** se incluye el plano de señalización.

Sistema contra incendio:

Se tienen 15 equipos de extintores del tipo Polvo Químico Seco (PQS): 4 de 50 kg, 4 de 4.5 kg y 7 de 6 kg, y 4 de 50 kg distribuidos en la "MRU Coyol", con su debida señalética visible. Sustancias manejadas en el proceso

La única sustancia que se empleará y que podría causar algún impacto al ambiente es el GNC, por ello se detallan sus características y propiedades. Ver **Anexo B**, Hoja de Seguridad.

Tabla IV-6. Características Físicas y Químicas del GNC

Producto	Peso molecular	Densidad relativa	Punto de fusión/punto de congelación °C	Punto de ebullición °C	Límites inferior y superior de explosión/límite de inflamabilidad
GNC	49.7	0,5540	-182	-165,5°C	de 4,5% y más de 14,5%

Tabla IV-7. Características Físicoquímicas del GNC

Nombre comercial	Nombre técnico	CAS	Estado físico	Tipo de envase	Cantidad almacenada (m³)	Cantidad de Reporte (kg)	CRETIB ²		IDLH ³ (mg/m³)	TLV ⁴ (mg/m³)	Uso final	Uso sobrante
							R	I				
Gas seco, Gas natural licuado, Gas natural comprimido, Liquefied Natural Gas (LNG).	Gas Natural	8006-14-2	Gas	Cilindros (93 cilindros) en cada MRU	5,366 m3 (17,670 L) en cada MRU	500 Kg	0	4	----	----	Distribución	-----

1. CAS. - Chemical Abstract Service
2. CRETIB. - Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable, Biológico-Infecioso
3. IDLH. - Inmediatamente Peligroso para la vida o la salud (Immediately Dangerous of Life or Health)
4. TLV. - Valor Límite de Umbral (Threshold Limit Value)

Tabla IV-8. Sustancias peligrosas manejadas en la “MRU Coyol”

Sustancia	Capacidad de Almacenamiento	Cantidad de reporte*
GNC	1 MRU = 17,670 L (5,366 m ³) (3,219.6 kg)	500 kg
	2 MRU = 35,340 L (10,732 m ³) (6,439.2 kg)	

* Segundo Listados de Actividades Altamente Riesgosas publicados en el Diario Oficial de la Federación el 4 de mayo de 1992

El gas licuado de natural se utiliza en el sector industrial se utiliza en la generación de vapor, generación eléctrica, secado, industria de alimentos, fundición de metales, hornos, tratamientos térmicos, temple y recocido de metales y producción de petroquímicos entre muchos otros. En el sector comercial y doméstico se utiliza para la calefacción, aire acondicionado, preparación de alimentos, agua caliente y como combustible vehicular.

Normalmente el transporte del gas natural se realiza a través de gasoductos desde el yacimiento hasta el lugar de destino. En caso de que no haya conducciones que comuniquen dos puntos, el transporte se realiza con barcos metaneros (o criogénicos).

Las compañías distribuidoras de gas natural son las empresas dedicadas al transporte del gas natural desde la red de transporte a alta presión hasta los puntos de suministros de cada cliente.

Al igual que pasa en el sector eléctrico, la distribuidora de gas presta servicio a través de la comercializadora que es quien tiene contacto directo con el cliente. Es decir, cada zona tiene asignada una distribuidora de gas, pero puedes cambiar libremente la compañía comercializadora.

La “MRU Coyol”, se limita al Trasiego de GNC: es decir el trasvase de gas de un recipiente a otro mediante accesorios adecuados; el GNC no tienen características reactivas, corrosivas o radioactivas; sin embargo, es peligroso aspirar GNC, ya que en grandes cantidades puede provocar la muerte por asfixia.

Para poder quemar GNC necesita estar mezclado con cierta cantidad de aire; si la mezcla tiene demasiado aire, no encenderá, y si la mezcla tiene demasiado gas tampoco encenderá. El gas se quema totalmente sin dejar residuos ni cenizas, no produce humo ni hollín, su llama es muy caliente; la temperatura o punto de inflamación ronda en -222°C.

IV.2.1 Hojas de seguridad

En el **Anexo B** se presenta la hoja de datos de seguridad de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015, Sistema armonizado para la identificación y comunicación de Peligros y Riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo para el Gas Natural.

V. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

V.1 Clima

De acuerdo con la Comisión Nacional para el **Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (2008)** y su clasificación de “Clima” (Koppen, modificado por García). El Clima presente en la zona de la **“MRU Coyal” C (wo)**, el cual se caracteriza por ser templado-subhúmedo con una temperatura media anual entre 12°C y 18°C.



Mapa V-1. Clima del de la zona donde se localiza la “MRU Coyal”.

La estación climatológica del Sistema Meteorológico Nacional (SMN) más cercana al predio y que se encuentra en operación es la **9029 (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. V-1)** con el nombre de **Gran Canal km 0.6+250** se ubica en el municipio de Gustavo A. Madero a un poco más de 1.16 km al Sur del Área de la zona donde se localiza la **“MRU Coyal”** y cuenta con los registros normales climatológicas desde el año 1952 al 2017.

Tabla V-1. Datos de la estación 90029 “Gran Canal 0.6+250”

Clave	Nombre	Municipio	Latitud Norte	Latitud Oeste	Altura (msnm)
9029	Gran Canal Km 0.6+250	Gustavo A. Madero	19.4767	-99.0914	2,239

V.1.1 Temperatura

En la Tabla V-2 se puede observar la temperatura máxima, media, y mínima de Gustavo A. Madero, donde se localiza la "Unidad Móvil de Abastecimiento (MRU) Coyol". La información antes mencionada proviene de la Estación 9029 del Servicio Meteorológico Nacional.

Tabla V-2. Temperatura máxima, media y mínima

Temperatura máxima, media y mínima												
Temperatura máxima normal												
T °C	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máxima normal	23.3	25.0	27.6	28.2	28.3	26.2	24.6	24.6	24.5	24.5	24.2	22.9
Máxima mensual	26.1	27.4	31.5	31.1	31.3	29.5	26.4	26.3	27.2	26.8	27.9	25.4
Año de máxima	1989	1994	1991	1983	1983	1983	1980	1986	1987	1994	1994	1987
Máxima diaria	30.0	31.0	34.0	35.0	36.5	35.0	30.0	29.5	30.0	30.5	31.0	29.0
Fecha máxima diaria	29/1 979	26/1 984	06/1 991	22/1 983	02/1 983	08/1 989	17/1 989	19/1 981	29/1 982	19/1 993	27/1 994	23/1 990
Años con datos	27	29	30	29	29	30	30	29	30	29	29	27
Temperatura media												
T °C	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Normal	13.9	15.4	17.8	19.1	20.0	19.3	18.2	18.3	18.1	17.2	15.8	14.2
Años con datos	27	29	30	29	29	30	30	29	30	29	29	27
Temperatura mínima												
T °C	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Mínima normal	4.5	5.9	8.1	10.1	11.6	12.4	11.9	11.9	11.8	9.9	7.4	5.5
Mínima mensual	1.3	2.7	6.0	7.5	10.2	8.4	10.9	10.7	9.9	7.3	5.9	3.1
Año de mínima	1996	1976	1989	1971	1992	1990	1994	2000	1975	1987	1975	1975
Mínima diaria	-5.0	-3.0	0.0	2.0	7.0	5.5	7.5	8.0	3.0	1.5	-3.0	-1.0
Fecha mínima diaria	12/1 973	25/1 976	10/1 989	12/1 971	23/1 976	05/1 990	14/1 974	24/2 000	25/1 975	26/1 999	27/1 974	18/1 980
Años con datos	27	29	30	29	29	30	30	29	30	29	29	27

V.1.2 Velocidad y dirección de viento

En la Tabla V-3 se encuentra la velocidad de viento en la Alcaldía Gustavo A. Madero, donde se localiza la "MRU Coyol".

Tabla V-3. Velocidad del viento

Parámetro	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Velocidad del viento (Km/h)	9.1	10.3	10.5	11.9	13.2	11.9	11.6	12.3	12.1	10.9	10.2	8.5

V.1.3 Humedad relativa

En la Tabla V-4 se muestra la humedad relativa en la Alcaldía Gustavo A. Madero, donde se localiza la "MRU Coyol".

Tabla V-4. Humedad relativa

Parámetro	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Humedad relativa (%)	52	46	41	42	49	63	73	72	76	70	63	54

V.1.4 Presión atmosférica

En la Tabla V-5 se muestra la humedad relativa en la Alcaldía Gustavo A. Madero, donde se localiza la "MRU Coyol".

Tabla V-5. Presión atmosférica

Parámetro	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septie	Octubre	Nov	Dic
Presión atmosférica (hPa)	1020	1020	1018	1017	1017	1012	1015	1013	1012	1014	1016	1016

V.2 Geología

De acuerdo con la Información recabada por el **Servicio Geológico Mexicano** el área de la zona de la "MRU Coyol" está conformado por una litología Aluvial de la era "Cenozoica", periodo "Cuaternario" y clave geológica Qho (al).

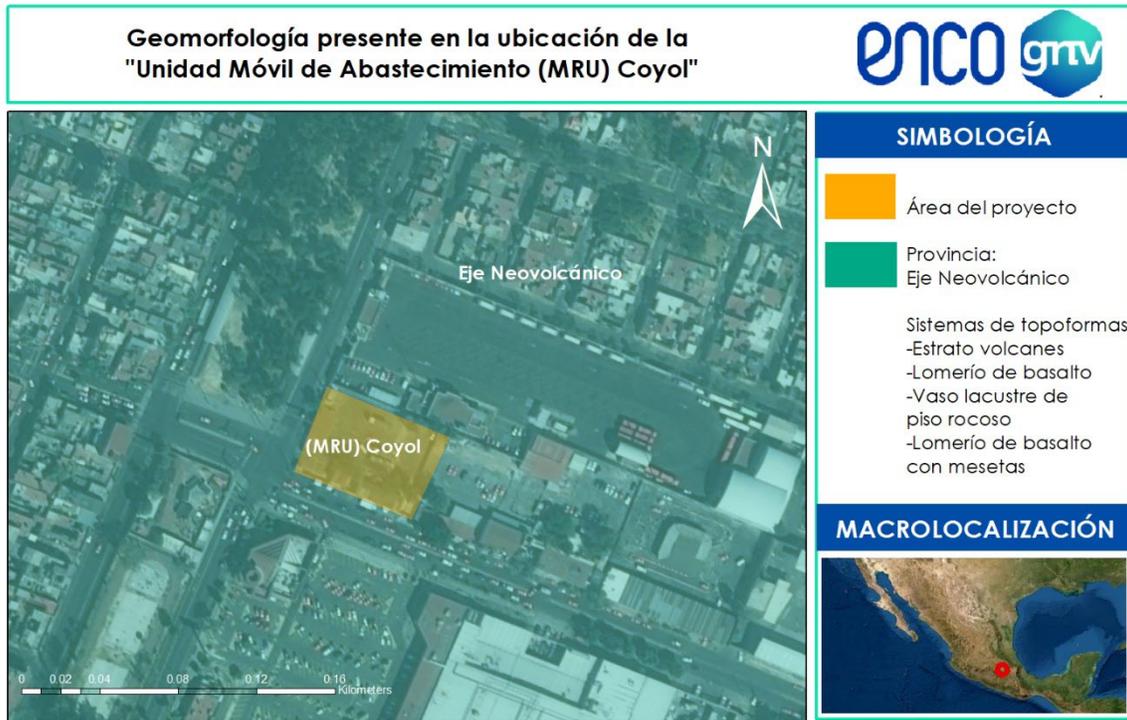
No se presentan fallas o fracturas geológicas dentro de la "MRU Coyol".



Mapa V-2 Geología donde se localiza la “MRU Coyol”.

V.3 Geomorfología

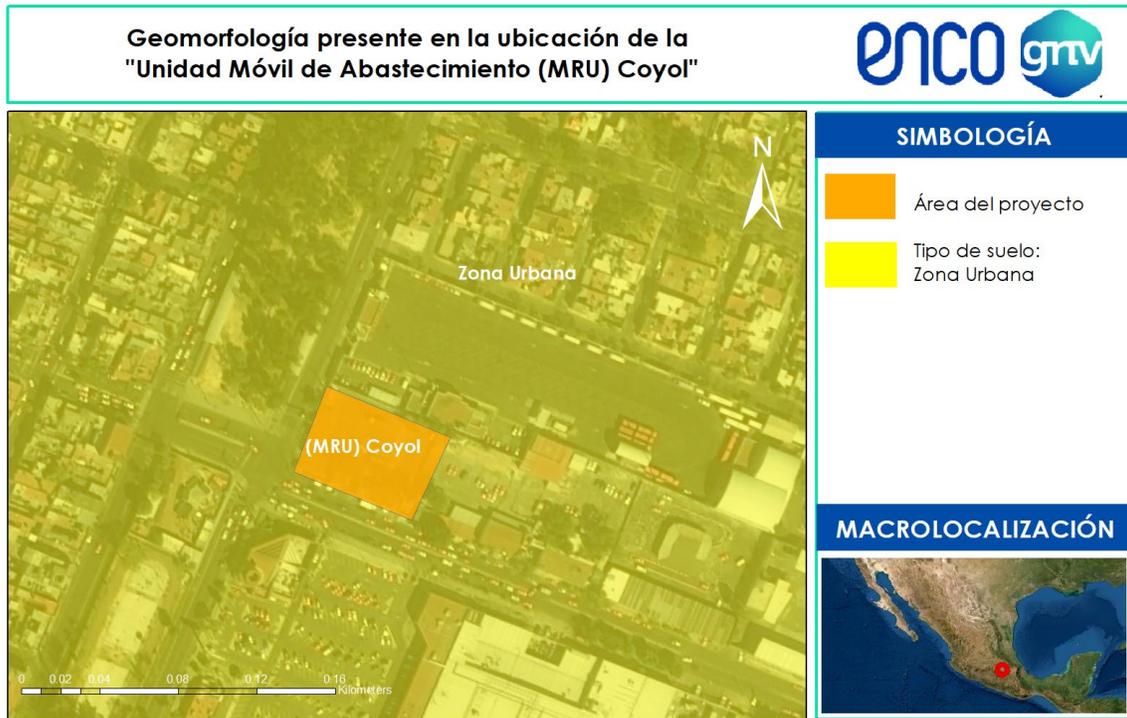
Con base a la Información recabada por el **Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI)** El Sitio de la “**MRU Coyol**” se encuentra dentro de la Provincia **Eje Neovolcánico** con un sistema de topografía de Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados (56.47%), Lomerío de basalto (30.37%), vaso lacustre de piso rocoso o cementado (12.73%) y Lomerío de basalto con mesetas (0.43%).



Mapa V-3. Geomorfología donde se localiza la “MRU Coyol”

V.4 Tipo de suelos

Con base con la Información recabada por el **Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) en el Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250 000 Serie II (Continuo Nacional)**, el Sitio de la “MRU Coyol” se caracteriza por un tipo de suelo de zonas urbanas.



V.5 Especies de flora y fauna

V.5.1 Flora

V.5.1.1 Musgos

El Área de la “**MRU Coyol**” presenta dos especies de musgo *Bryum argenteum* y *Tortula pagorum*. De las cuales ninguna de ellas se encuentra identificada dentro de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.

V.5.1.2 Helechos

El Área de la “**MRU Coyol**” no presenta ninguna especie de helechos.

V.5.1.3 Pastos, palmeras y parientes

Dentro del área de la “**MRU Coyol**” se localizan veinte especies entre las cuales se encuentran Niña en barco (*Tradescantia pallida*), Zacate plumoso (*Pennisetum villosum*), Navajita rastrera (*Bouteloua repens*), Pasto (*Sporobolus atrovirens*), Lirio sudafricano de monte (*Clivia miniata*), Grama morada eurasiática (*Echinochloa crus-galli*), Barbas de indio (*Chloris virgata*), Navajita simple (*Bouteloua simplex*), Almejita lisa (*Urochloa meziana*), Took' su'uk (*Setaria grisebachii*), Banderilla (*Bouteloua curtipendula*), Agujilla

grande (*Pseudoeriuca eminens*), Elsgras (*Microchloa kunthii*), Zacate gigante (*Leptochloa dubia*), *Louisiella elephantipes*, Zacate abrojo de la costa (*Cenchrus spinifex*), American five-minute Grass (*Tripogon spicatus*), Pasto pampa (*Cortaderia selloana*), Purple love grass (*Eragrostis pectinacea*), y Lesser Canary Grass (*Phalaris minor*). De las cuales ninguna de ellas se encuentra identificada dentro de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.

V.5.1.4 Magnolias, margaritas y parientes

Dentro del área de la “**MRU Coyol**” se localizan doce especies de magnolias y margaritas de las cuales se reconocen al Tulipán moteado (*Hibiscus rosa-sinensis*), Diente de león (*Taraxacum officinale*), Cinco negritos (*Lantana camara*), Higuera (*Ficus carica*), Niña en barco (*Tradescantia pallida*), Abanico (*Celosia argentea*), Falso brezo mexicano (*Cuphea hyssopifolia*), Hierba del golpe (*Oenothera rosea*), Girasol (*Helianthus annuus*), Zacate plumoso (*Pennisetum villosum*), Navajita rastrera (*Bouteloua repens*) y Pasto (*Sporobolus atrovirens*). De las cuales ninguna de ellas se encuentra identificada dentro de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.

V.5.2 Fauna

México se encuentra ubicado en la zona de transición de dos regiones zoogeográficas; la neártica y la neotropical, el Área de la “**MRU Coyol**” se encuentra en la Alcaldía **Gustavo A. Madero** en la Ciudad de México.

V.5.2.1 Mamíferos

Dentro del área de la “**MRU Coyol**” se localizan una especie de mamífero identificada como Ardilla vientre rojo (*Sciurus aureogaster*). La cual no se encuentra identificada dentro de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.

V.5.2.2 Reptiles

Dentro del área de la “**MRU Coyol**” se localizan una especie identificada Culebra listonada de montaña cola corta (*Thamnophis scaliger*). La cual se encuentra identificada dentro de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.

V.5.2.3 Anfibios

El área de la “**MRU Coyol**” no presenta ninguna especie de anfibios.

V.5.2.4 Arañas

El área de la “**MRU Coyol**” no presenta ninguna especie de alacranes y/o arañas.

V.5.2.5 Insectos

Dentro del área de la “**MRU Coyol**” se localizan diez especies de insectos de las cuales se reconocen Abeja melífera europea (*Apis mellifera*), Polilla Bruja (*Ascalapha odorata*), Mariposa blanca de la Col (*Leptophobia aripa*), Mariposa sedosa verde mexicana (*Callophrys xami*), Catarina asiática (*Harmonia axyridis*), Mariposa pasionaria (*Dione moneta*), Chapulín diferencial (*Melanoplus differentialis*), Mariposa Almirante Rojo (*Vanessa atalanta*), *Melissodes sphaeralceae*, y Rayadora espinosa verde (*Erythemis vesiculosa*). De las cuales ninguna de ellas se encuentra identificada dentro de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.

V.5.2.6 Caracolas, almejas y pulpos

Dentro del área de la “**MRU Coyol**” se localizan una especie identificada como Caracol europeo de jardín (*Cornu aspersum*). La cual no se encuentra identificada dentro de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.

V.5.2.7 Camarones, cangrejos y parientes

Dentro del área de la “**MRU Coyol**” se localizan una especie identificada como Cochinilla mediterránea (*Armadillidium vulgare*). La cual no se encuentra identificada dentro de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.

V.5.2.8 Aves

Dentro del área de la “**MRU Coyol**” se localizan veintiuna especies identificadas como Zanate mexicano (*Quiscalus mexicanus*), Tortolita Cola Larga (*Columbina inca*), Pinzón mexicano (*Haemorhous mexicanus*), Gorrión Doméstico (*Passer domesticus*), Perico Monje Argentino (*Myiopsitta monachus*), Paloma Doméstica (*Columba livia*), Cuicacoche Pico Curvo (*Toxostoma curvirostre*), Saltapared cola larga (*Thryomanes bewickii*), Rascador Viejita (*Melospiza fusca*), Golondrina tijereta (*Hirundo rustica*), Colibrí pico ancho (*Cyananthus latirostris*), Colibrí berilo (*Saucerottia beryllina*), Jilguerito Dominicano (*Spinus psaltria*), Mirlo primavera (*Turdus migratorius*), Mirlo dorso canela (*Turdus rufopalliatatus*), Tordo Ojos Rojos (*Molothrus aeneus*), Sastrecillo (*Psaltriparus minimus*), Chorlo tildío (*Charadrius vociferus*), Paloma Alas Blancas (*Zenaida asiatica*), Paloma turca de collar (*Streptopelia decaocto*) y Carpintero mexicano (*Dryobates scalaris*). De las cuales ninguna de ellas se encuentra identificada dentro de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.

Tabla V-6 Fauna en riesgo que habita el área donde se localiza la “MRU Coyal”

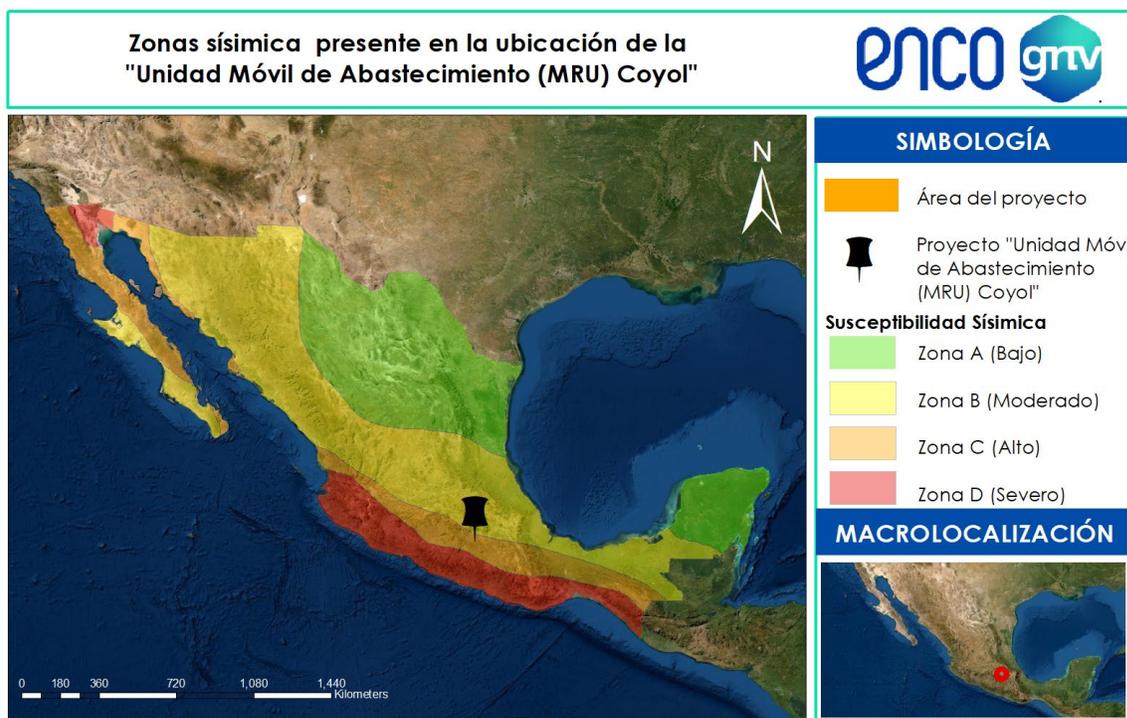
Orden	Familia	Genero	Especie	Subespecie	Sinonimia	Nombre común	Distribución	Categoría	Método
Reptiles									
Squamata	Colubridae	Thamnophis	scaliger			culebra listonada de montaña cola corta	Endémica	A	

V.6 Susceptibilidad de la zona

V.6.1 Terremotos (sismos)

De acuerdo al **Servicio Sismológico Nacional** la República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas. La zona **A** donde no hay registros históricos de sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones, **B** y **C** las cuales son zonas intermedias, donde se reportan sismos no tan frecuentes y la zona **D** zonas donde se han reportado grandes sismos históricos.

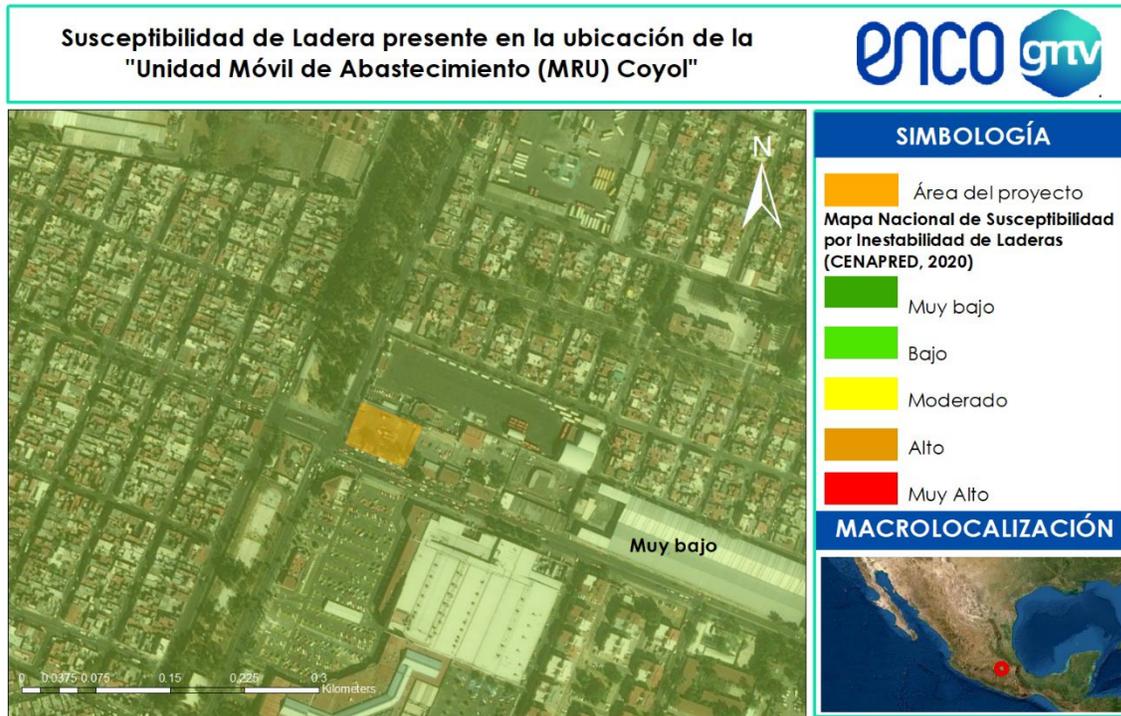
La **Ciudad de México** y en la alcaldía **Gustavo A. Madero** se ubica dentro de la **zona B**, en donde se han reportado sismos no tan frecuentes los cuales se han sentido con carácter moderado.



Mapa V-5. Susceptibilidad sísmica donde se localiza la “MRU Coyal”

V.6.2 Susceptibilidad de ladera

La susceptibilidad de ladera para la Zona de la “MRU Coyol”, de acuerdo al **Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)**, 2020 es de grado muy bajo.



Mapa V-6. Susceptibilidad de ladera donde se localiza la “MRU Coyol”

V.6.3 Derrumbamiento o hundimiento

Con base a la información de **Hundimientos (Fenómenos Geológicos), en México, INEGI, 2011** dentro de la Delegación Gustavo A. Madero, se han identificado zonas susceptibles a derrumbamientos o hundimientos con un grado moderado a excepción de la Colonia Unidad Habitacional la Esmeralda, Colonia San Juan de Aragón, Colonia La Malinche y Av. Congreso de la Unión donde se registra un grado de medio a alto.



Mapa V-7. Susceptibilidad de hundimiento donde se localiza la “MRU Coyoil”

V.6.4 Inundaciones

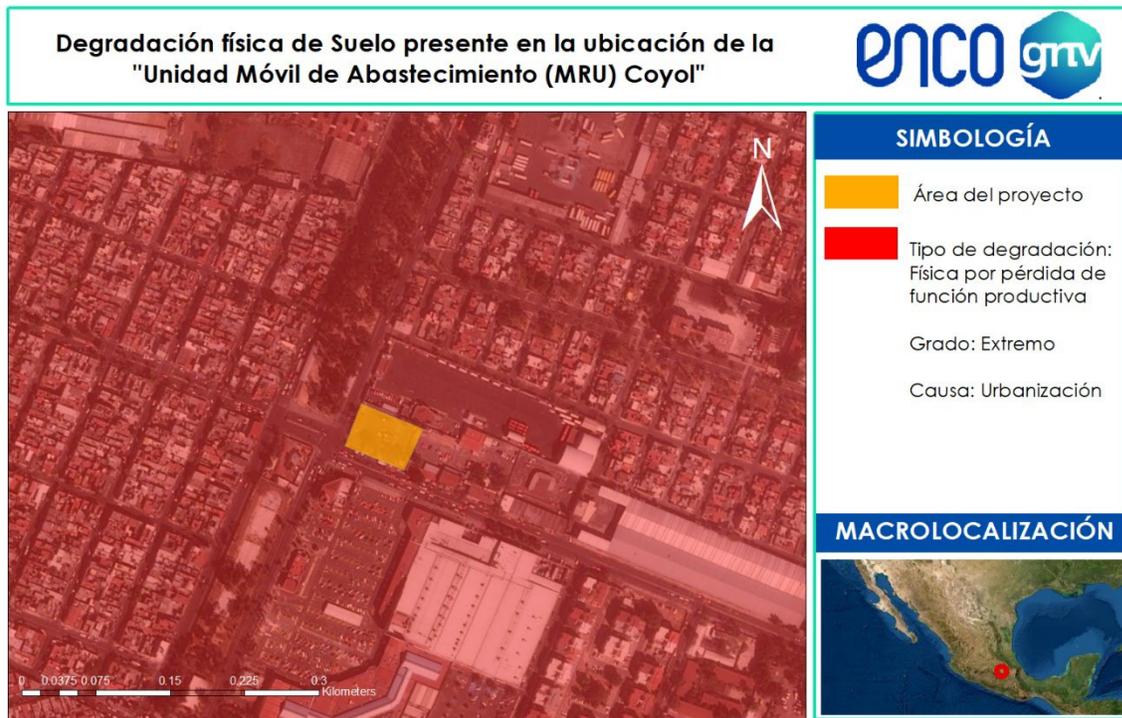
La erosión del suelo para la Zona de la “MRU Coyoil”, de acuerdo a la **Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)** Clasificación de Inundabilidad bajo 5 niveles de peligro, 2020 es de grado de riesgo es muy **alto/peligroso**.



Mapa V-8. Susceptibilidad de inundación donde se localiza la “MRU Coyoil”

V.6.5 Pérdidas de suelo debido a la erosión

La erosión del suelo para la Zona de la “Unidad Móvil de Abastecimiento (MRU) Coyol”, de acuerdo al **Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)**, 2020 es de grado **extremo**.



Mapa V-9. Degradación física donde se localiza la “MRU Coyol”.

V.6.6 Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimiento y erosión

La Delegación Gustavo A. Madero pertenece a la Cuenca del Río Pánuco, Subcuenca del Río Moctezuma y del Lago de Texcoco y Zumpango (INEGI, 2010). Entre los ríos y escurrimientos más importantes se encuentran el Arroyo la Armella y la Mora, que tienen su origen en la Sierra de Guadalupe, bajan paralelamente por Cuauhtepac; se unen en el Arroyo La Rivera y desembocan en el Río San Felipe, el cual presenta una intersección con los ríos Tlalnepantla y de los Remedios.

Este último es uno de los más importantes por su caudal y longitud, ya que cruza la delegación en forma transversal y parte del Estado de México. El Gran Canal se localiza en la zona de Aragón y cruza en dirección Suroeste–Noreste.

Estos cuerpos de agua están en un estado grave de contaminación, ya que las descargas de los drenajes y de las industrias son dirigidas a estos caudales. Respecto a Cuauhtepac, de los numerosos escurrimientos que existen sólo están presentes durante el año los ya mencionados, sin embargo, en tiempo de lluvias presentan un riesgo inminente para los habitantes de la zona, ya que han provocado inundaciones.

V.6.7 Riesgos radiológicos

En la zona donde se localiza la “MRU) Coyol”, no se presentan Riesgo radiológicos.

V.6.8 Huracanes

Por la ubicación de la **Ciudad de México** y la delegación **Gustavo A. Madero** dentro de la República Mexicana, este aspecto de los fenómenos geológicos resulta irrelevante en los efectos y consecuencias de manera directa.

V.6.9 Inversión térmica

La inversión térmica que registra en la alcaldía Gustavo A. Madero se puede presentar en cualquier etapa del año, sin embargo, son más frecuentes durante el invierno lo cual tiene como consecuencia el agravar la contaminación del aire en los meses de noviembre a febrero, etapa en la cual se restringen las actividades al aire libre.

V.6.10 Niebla

En la Tabla V-7 se muestra los niveles de niebla en la Alcaldía Gustavo A. Madero, donde se localiza la “MRU Coyol”.

Tabla V-7. Niebla

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Niebla	3.4	2.5	2.2	1.9	2.3	2.1	2.6	2.9	1.9	3.1	3.6	4.1
Años con datos	52	53	55	54	54	55	55	54	55	54	53	52

V.7 Historial Epidémico y endémico

En la Tabla V-8 se listan las pandemias en los últimos 10 años.

Tabla V-8. Pandemias de los últimos 10 años .

No.	Eventos	Duración	Patógeno	Origen	Expansión	Tipo	Muertes
1	<u>Epidemia de virus del Zika</u>	2015 - 2016	<u>Virus del Zika</u>		<u>Mundial</u>	<u>Epidemia</u>	4.030
2	<u>Epidemia de dengue de 2019</u>	2019 - presente	<u>Dengue</u>	<u>Bangladés</u>	<u>Mundial</u>	<u>Epidemia</u>	3.930
3	<u>Pandemia de COVID-19</u>	2019 - presente	<u>SARS-CoV-2</u>	<u>China</u>	<u>Mundial</u>	<u>Pandemia</u>	6.000.000 +

V.8 Zonas vulnerables de Población

En la Tabla V.9 y el mapa V.10 se indican los giros o actividades desarrolladas por terceros en torno al Proyecto "MRU Coyol" son los siguientes:

Tabla V-9. Giros y/o actividades que se desarrollan en el entorno de la "MRU Coyol"

Razón social	Giro	Distancia* (m)
Patio Metrobus Coyol	Metro	51 m
CDT Chedraui Eduardo Molina	Centro Comercial	52 m
Toks Eduardo Molina	Restaurante	64 m
CHEBA	Bar	100 m
Taquería Arandas	Taquería	120 m
CENFES	Centro para el Fomento de la Educación y Salud de los Operarios del Transporte Público	160 m
Burger King	Restaurante	170 m
Servicio Eléctrico Automotriz	Automotriz	200 m
Puga Burger	Restaurante	220 m
Gas natural fenosa	Servicio de distribución	489.20
Tarjetas para toda ocasión	Imprenta	491.54
Club de cruceros internacional	Estancia de granjas	484.55
Cochinita jarocho	Restaurante	470.95
Cremería	Tienda de abarrotes	464.68
Las espadas de los primos	Restaurante	431.84

Tabla V-9. Giros y/o actividades que se desarrollan en el entorno de la "MRU Coyoil"

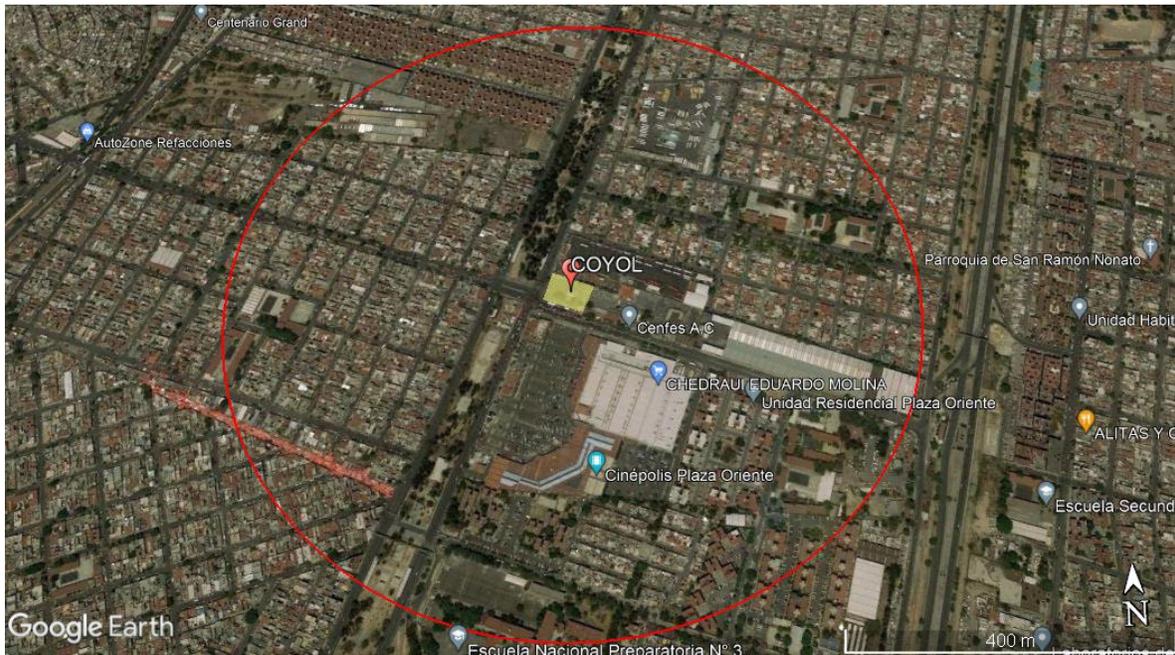
Razón social	Giro	Distancia* (m)
Logitel	Teléfono público	416.69
Abarrotes los 3 gallos	Tienda de abarrotes	372.76
Tamales quiroga	Tienda de tamales	329.55
Escuela primaria "Tezozomoc"	Educación	451.13
Jardín de Niños "República de Uruguay"	Educación	448.34
Sppeddy ingeering biker	Taller de reparación de motos	438.25
SPAR	Agencia de marketing	399.48
Leeisa Laboratorio y Electrónica Industrial S.A de C.V	Electrónica	350.13
Malla trampolín	Fábrica	329.30
Tornillos y Herramientas	Ferretería	299.30
Abarrotes Bethel	Tienda de abarrotes	256.43
Farmacia Epsilon	Farmacia	230.89
Servicio Cometa	Taller de reparación de automóviles	199.77
Captación Eduardo Molina del Interceptor Oriente	Oficinas de empresa	131.71
Patio Metrobus Coyoil	Oficinas de empresa	60.19
Muebles Molina	Tienda de artículos para el hogar	456.62
Electromecánico Martínez	Taller de reparación de automóviles	486.96
Flex print	Imprenta	434.07
NuMini	Tienda infantil	464.38
La cocina de la sazón	Restaurante	478.08
Publi Mich it	Comercio	468.57
Los amigos	Restaurante	493.35
Quesadillas	Restaurante	470.25
Parroquia de Santa Irene Virgen y Mártir	Iglesia	357.08
Papelería Tere	Papelería	333.82
Parrillas 1997	Boutique	288.50
Impresos romero	Imprenta	229.16
Chacharitas Quiquis	Accesorios	188.62
Tienda "As"	Tienda de abarrotes	223.68
Marsie Pizzas	Restaurante	237.36
Farmacias Salud	Farmacias	188.03
Servicios de Administración Jurídicos S.C.	Abogados	249.31
Escuela primaria "Heroica Veracruz"	Educación	455.26
Jardín de niños "Ramona Martínez Arcos"	Educación	360.68
Escuela Secundaria Diurna No. 176	Educación	319.78

Tabla V-9. Giros y/o actividades que se desarrollan en el entorno de la "MRU Coyol"

Razón social	Giro	Distancia* (m)
Modulo de seguridad 2 "El Coyol"	Oficina de gobierno local	282.03
Distribuidor autorizado de agua Bonafont	Tienda de alimentación	266.99
Artes Rodriguez	Herrería y Aluminio	124.59
HOP México	Gimnasio	212.99
Miscelánea las termitas	Tienda de abarrotes	295.29
La pape	Papelería	281.90
Nimesh Kawinda	Hotel	372.85
SACMEX Hidroneumáticos	Tienda de automóviles	470.26
Escuela Diurna No. 215	Educación	385.47
Escuela primaria "Anastasio Gaona Durán"	Educación	366.87
Jardín de Niños Organización mundial	Educación	366.76
Unidad Residencial Plaza Oriente	Unidad habitacional	290.71
Centro Comercial "Eduardo Molina"	Centro comercial	128.14
Cenfes AC	Asociación u organización	105.05
Módulo de Bienestar Social Nuevos Horizontes	Centro del cuidado de iguanas "Jesús Razo"	407.15
Abarrotes don Yofo	Tienda de abarrotes	431.38
Partypards	Oficinas de empresas	426.13
Embai	Asesor	467.89
Abarrotes Alicia y Gabriel	Tienda de abarrotes	368.72
La Ventanita del 7	Tienda de abarrotes	324.92
Hamburguesas Maquina de Fuego	Restaurante	377.93
Jugos de Naranja	Restaurante	386.21
Gimnasio Salvador Diaz Mirón	Gimnasio	315.14
Centro deportivo Luiggy	Gimnasio	325.73
Parque recreativo	Parque recreativo	375.13
Gym vital	Gimnasio	482.32
Biomaussan Aragón la Villa	Distribuidor de comestibles	463.14
MB Línea 5	Línea del metro	432.99
Lavado de autos Lalo	Autolavado	407.26
Oxxo	Tienda de abarrotes	408.15
La Suerte Café	Restaurante	404.84
Casa de Oración 5ta. Apostólica	Iglesia	398.29
Multinivel del 3er espacio	Comercio	347.32
Costurera	Costurera	337.94
Tacos el nene	Restaurante	437.14

Tabla V-9. Giros y/o actividades que se desarrollan en el entorno de la “MRU Coyol”

Razón social	Giro	Distancia* (m)
Ghura	Empresa de software	478.19
Club de nutrición oriente 159	Restaurante	368.56
Taller mecánico y laboratorio Víctor	Taller mecánico	396.50
Salón de fiestas Candy Kids	Salón de fiestas	355.86
Abarrotes los Olivos	Tienda de abarrotes	446.64
Instituto Salvador Días Mirón	Educación	468.08
Escuela primaria Dr. Carlos Bauer	Educación	492.30
Escuela Secundaria diurna No. 146	Educación	396.81
Carpintería y barniz Brena	Carpintería	336.75
Videojuegos MicroTerm	Tienda de videojuegos	220.11
Casa de Adultos mayores	Casa de descanso	217.38
Miscelánea la providencia	Tienda de abarrotes	251.03
Abarrotes el Donis	Tienda de abarrotes	274.08
Cheba	Bar	119.12
Taquería Arandas	Restaurante	124.26
Taquería Don Ampelio	Restaurante	266.74
Antojitos mexicanos	Restaurante	315.25
Médica integral Dr. Aguilar	Centro médico	281.56
Rincón Oaxaqueño	Restaurante	453.68
Burger mexicano	Restaurante	405.18
Huaraches y quesadillas	Restaurante	493.63
Telmex	Empresa de telefonía	297.44



Mapa V-10. Radio del entorno a 500 m de la “MRU Coyol”

V.9 Componentes ambientales

V.9.1.1 Cuerpos de agua

Con base con la Información recabada por el **Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI)**, en el sitio de la “Unidad Móvil de Abastecimiento (MRU) Coyol” se ha identificado

V.9.1.1.1 Cuencas y subcuencas donde se localiza la “MRU Coyol”

El área de la “**MRU Coyol**” se encuentran dentro de la cuenca R. Moctezuma, con subcuenca Pachuca-Cd. Mx, en la Región Hidrológica Pánuco.

Tabla V-10. Cuencas y subcuencas donde se localiza la “MRU Coyol”

Cuenca	Subcuenca	Área de la cuenca (Ha)	Perímetro de la cuenca (Ha)	R. Hidrológica
R. Moctezuma	Pachuca-Cd. Mx	3.715884	11.765178	Pánuco

V.9.1.2 Áreas naturales protegidas de carácter federal, estatal o municipal

V.9.1.2.1 Acuífero de la “MRU Coyol”

En el área de la “MRU Coyol” se encuentra el acuífero “Zona metropolitana de la Ciudad de México”

Tabla V-11. Acuíferos donde se localiza la “MRU Coyol”

Clave del acuífero	Nombre del acuífero	Disponibilidad	Fecha D.O.F.	Sobreexplotado	Superficie del acuífero (Ha)
1508	Zona Metropolitana de la Ciudad de México	Sin disponibilidad	17/09/2020	Si	148283.119

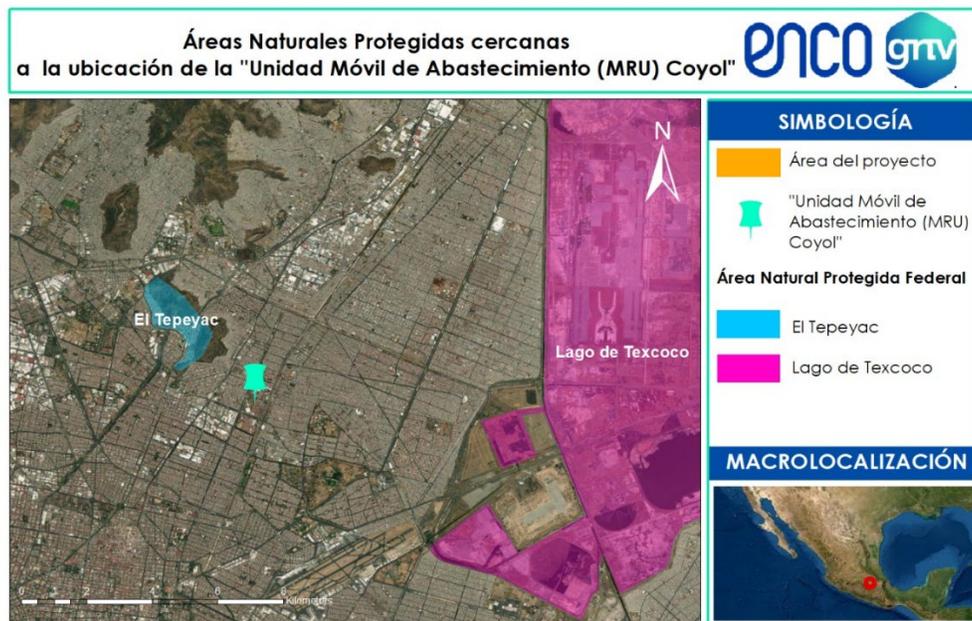


Mapa V-11. Hidrología de la zona donde se localiza la “MRU Coyol”

V.9.1.3 Áreas naturales protegidas de carácter federal y estatal

V.9.1.3.1 Federal

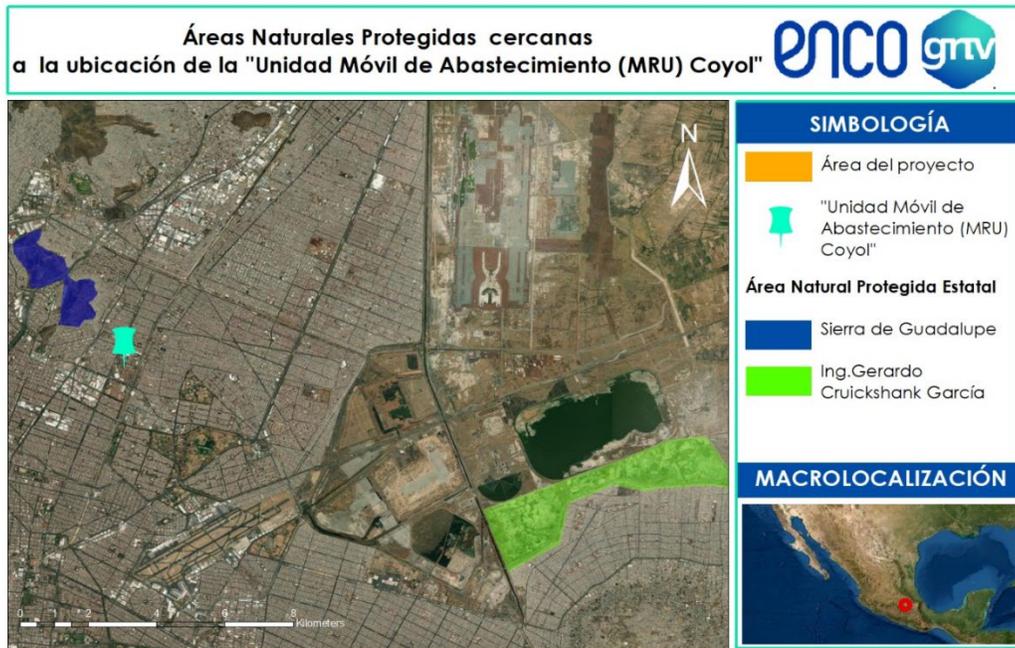
De acuerdo con la Comisión Nacional para el **Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 2015** cercano al área de la “MRU Coyol” se encuentra las Áreas Naturales Protegidas del Tepeyac a 2.153 km y Lago de Texcoco a 9.014 km.



Mapa V-12 Áreas Naturales Protegidas Federales cercanos a la “MRU Coyol”

V.9.1.3.2 Estatal

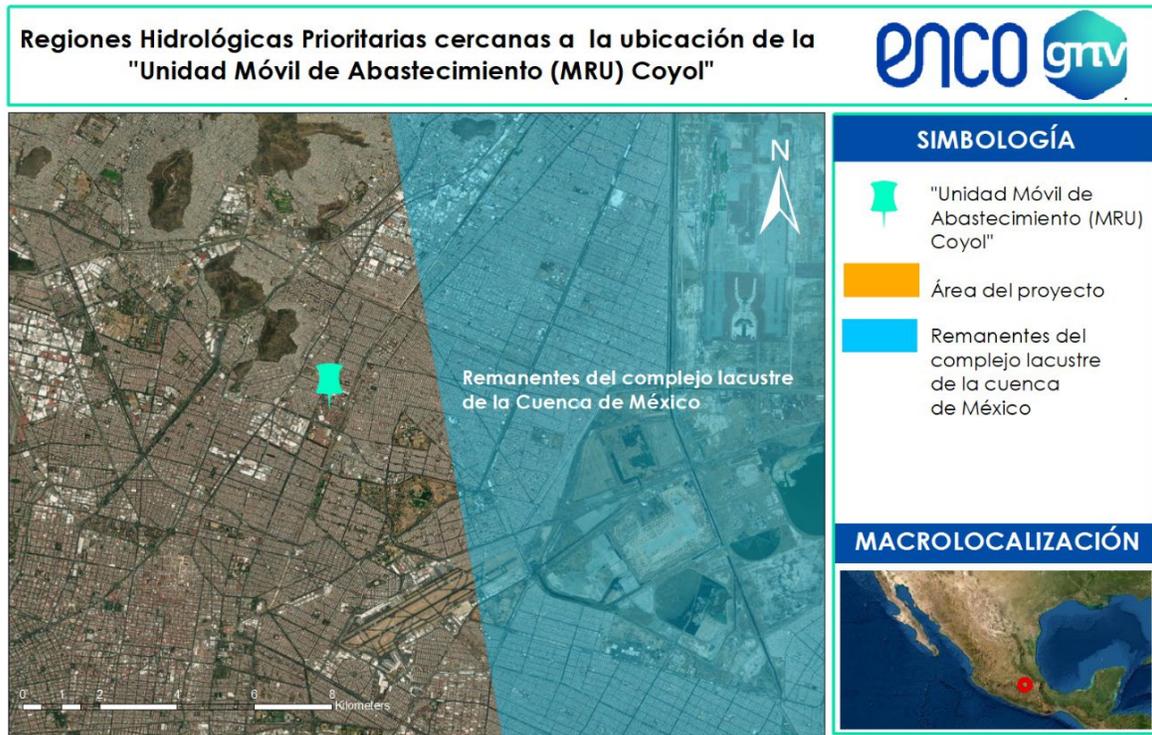
Dentro de la Ciudad de México se distingue el Área Natural Protegida Sierra de Guadalupe a 1.695 km y la **Ing. Gerardo Cruickshank García** a 12.190 km.



Mapa V-13. Áreas Naturales Protegidas cerca de la “MRU Coyoil”

V.9.1.4 Regiones hidrológicas prioritarias

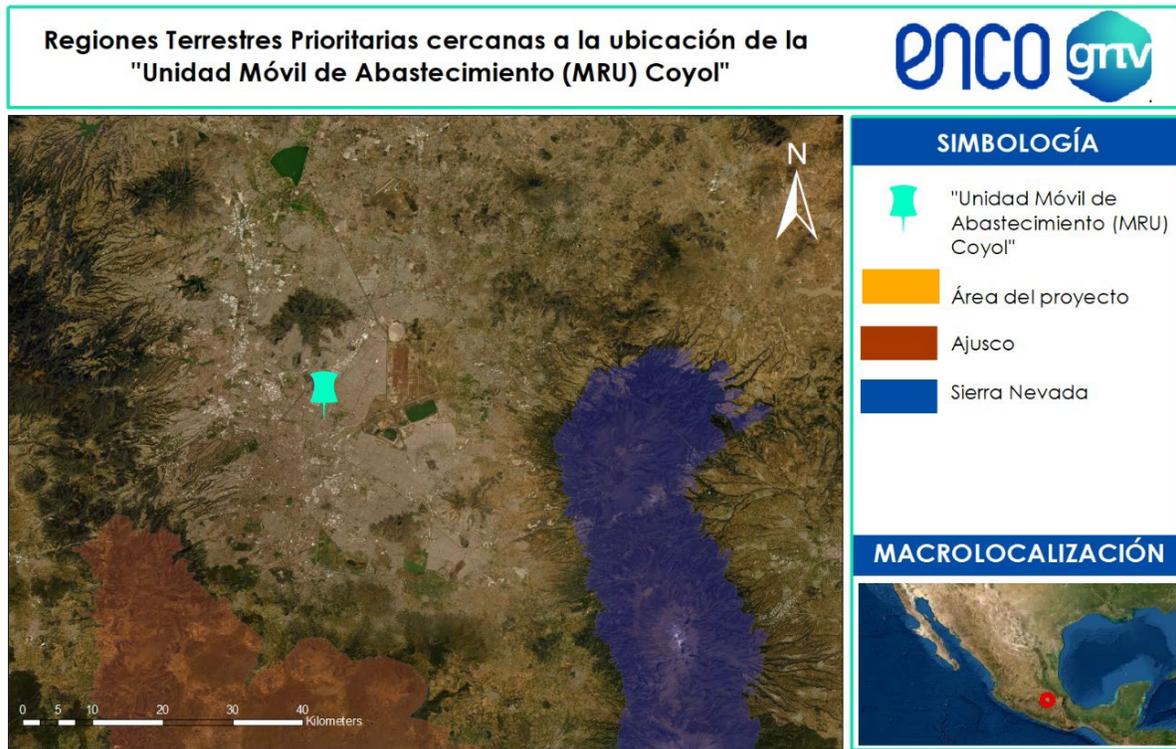
De acuerdo con la Comisión Nacional para el **Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 2015** cercano al área de la “MRU Coyoil” se encuentra la Región Hidrológica Prioritaria **Remanentes del complejo lacustre de la cuenca de México** a 2.977 km.



Mapa V-14 Regiones Hidrológicas Prioritarias donde cercanas a MRU Coyol”

V.9.1.5 Regiones terrestres prioritarias

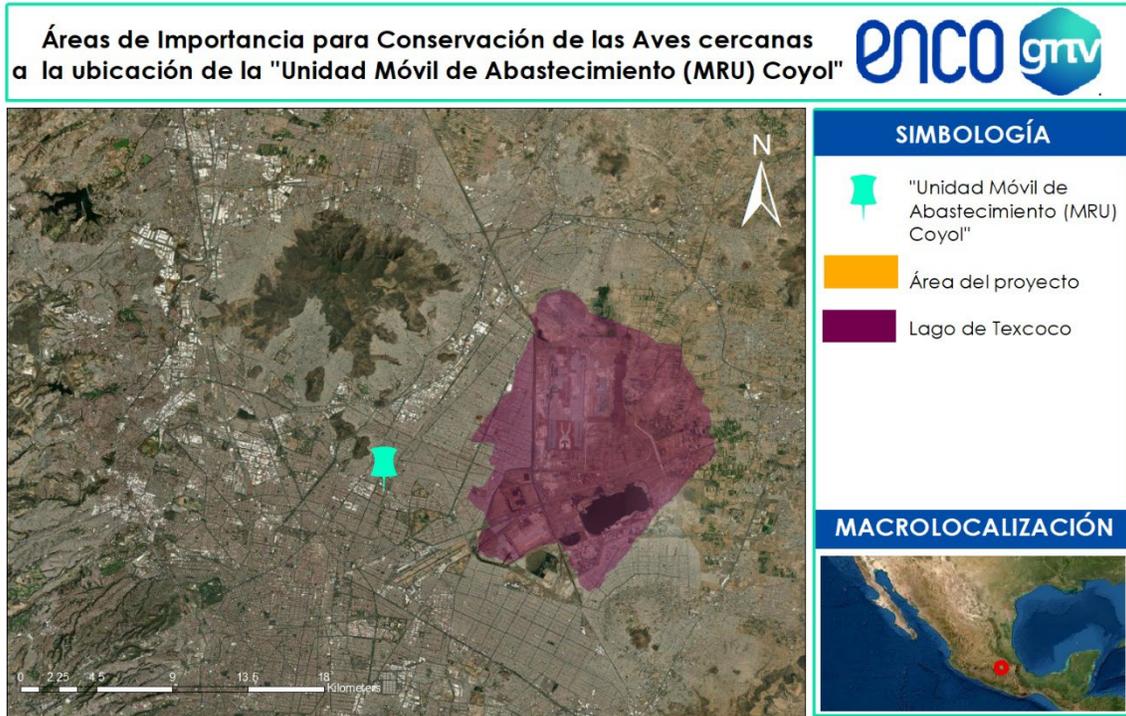
De acuerdo con la Comisión Nacional para el **Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 2015** la Región Terrestre Prioritaria más cercanas al proyecto se encuentran a 42.309 km con el nombre de Ajusco y a 40.533 Sierra Nevada.



Mapa V-15. Regiones Terrestres Prioritarias cercanas a la “MRU Coyol”

V.9.1.6 Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA’s)

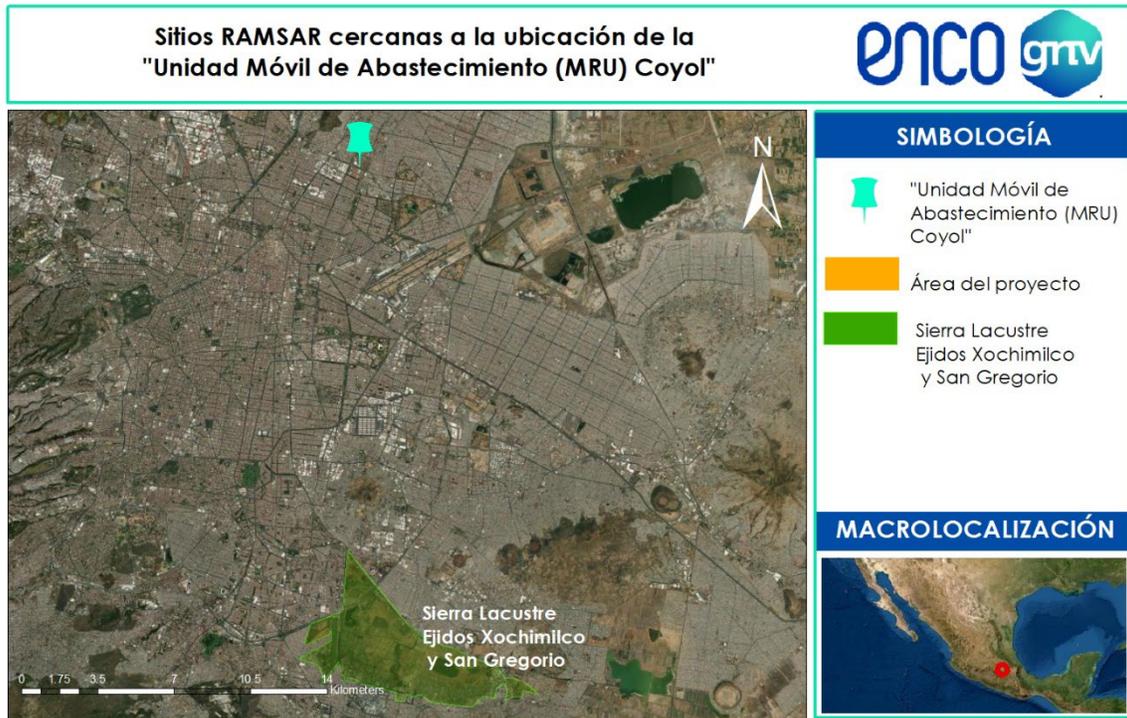
De acuerdo con la Comisión Nacional para el **Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 2015** cercana al área de la “MRU Coyol” se ubica un área de Importancia para la Conservación de las Aves a 7.317 km la cual tiene el nombre de Lago de Texcoco.



Mapa V-16. AICA cercanas a la “MRU Coyoil”

V.9.1.7 Sitios Ramsar

De acuerdo con la Comisión Nacional para el **Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 2015**. Se encuentran un sitio RAMSAR cercana al área de la “**MRU Coyoil**” **Sierra Lacustre Ejidos Xochimilco y San Gregorio** a 21.010 km.



Mapa V-17. Sitios RAMSAR cercanos a la "MRU Coyol"

V.9.2 Infraestructura

V.9.2.1 Vial

V.9.2.1.1 Carreteras

Con base al **Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI)**, y la **Red Nacional de Caminos 2020**, cerca del área de la "MRU Coyol" se encuentra la Autopista Peñón Texcoco y el Anillo periférico.

V.9.2.1.2 Vía férrea

Con base al **Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI)**, y la **Red Nacional de Caminos 2020**, se identifica una vía férrea que sirve como línea del metro.



Mapa V-18. Vialidades cercanas a la "MRU Coyoil"

V.9.2.2 Industria

De acuerdo al **Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI)**, dentro del área de la **"MRU Coyoil"** no se localizan zonas industriales, por lo cual no se afecta ninguna de las infraestructuras que estas generan. La Zona Industrial más cercana se ubica a 1.43 km.



Mapa V-19. Industria cercana a la “MRU Coyol”.

V.9.2.3 Uso de suelo

Con base con la Información recabada por el **Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), Serie VI (USyV, 2017)**, en el área de la “MRU Coyol” el uso de suelo es dado por Asentamientos humanos con las características que se desglosan a continuación.

Tabla V-12. Características de Uso de Suelo y/o tipo de Vegetación cercana a la “MRU Coyol”

Información	Asentamientos Humanos
Clave (uso del suelo y/o tipo de vegetación)	AH
Tipo de información	Complementaria
Grupo de vegetación	Asentamientos Humanos
Grupo de sistema agropecuario	No aplicable
Tipo de agricultura	No aplicable
Tipo de vegetación	No aplicable
Desarrollo de la vegetación	No aplicable
Fase de vegetación secundaria	Ninguno
Clave de fotointerpretación	AH
Tipo de vegetación/Vegetación Secundaria	Asentamientos Humanos
Tipo de plantación	No aplicable

Tabla V-12. Características de Uso de Suelo y/o tipo de Vegetación cercana a la “MRU Coyol”

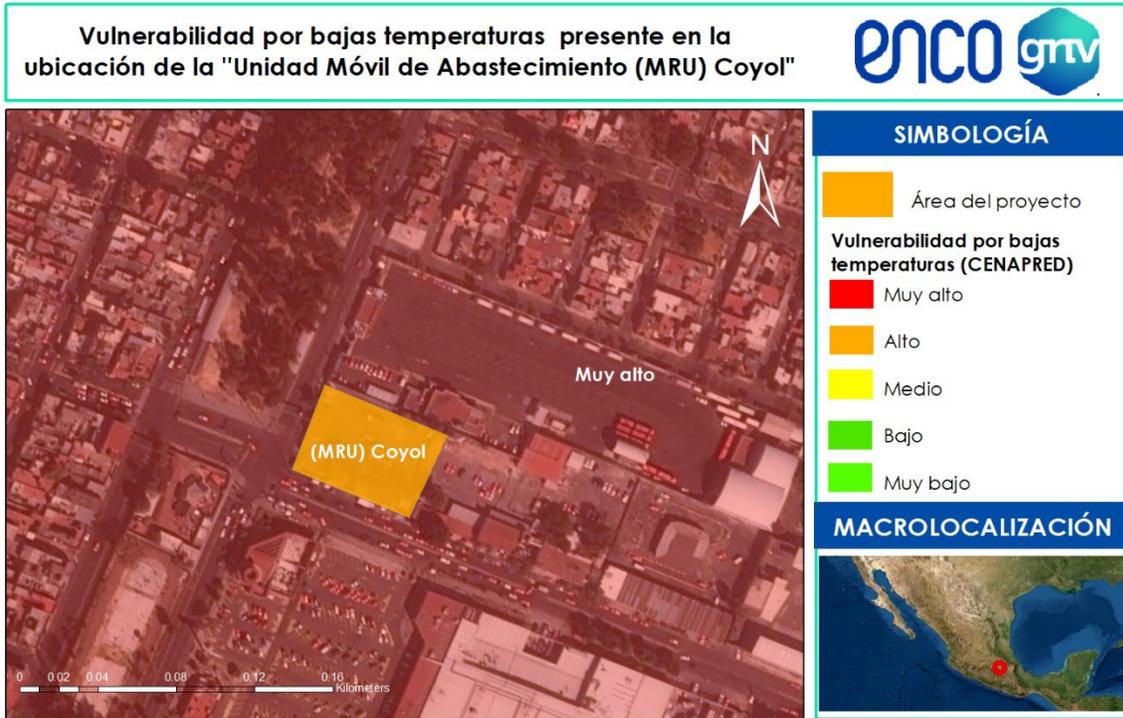
Información	Asentamientos Humanos
Tipo de cultivo 1	No aplicable
Tipo de cultivo 2	No aplicable
Otros	No aplicable
CUS	No



Mapa V-20. Uso de Suelo y Vegetación cercana a la “MRU Coyol”

V.9.3 Zonas vulnerables entorno a la Instalación

Con base al Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) las zonas vulnerables localizadas en torno a la “MRU Coyol”, se muestran a continuación:



Mapa V-21. Vulnerabilidad por bajas temperaturas en la “MRU Coyol”



Mapa V-22. Vulnerabilidad por ciclones tropicales de la “MRU Coyol”



Mapa V-23. Vulnerabilidad por granizo de la zona donde se localiza la “MRU Coyol”.



Mapa V-24. Vulnerabilidad por inundación de la zona donde se localiza la “MRU Coyol”.



Mapa V-25. Vulnerabilidad por nevadas en la zona donde se localiza la “MRU Coyol”.



Mapa V-26. Vulnerabilidad por sequías de la zona donde se localiza la “MRU Coyol”.

VI. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

VI.1 Histórico de accidentes e incidentes en instalaciones similares

El histórico de accidentes es una base de datos de los accidentes que han ocurrido en instalaciones similares a la que se está analizando, con ayuda de ella se puede llevar a cabo un Análisis Frecuencia de la periodicidad con la presentan los distintos tipos de accidentes, así como la búsqueda de los agentes que pudieron causar dichos eventos, revisando las condiciones de seguridad y operación en las instalaciones existentes, lo que nos lleva a mejorar sustancialmente los diseños y procedimientos de operación y seguridad.

El Análisis Histórico de Accidentes es una herramienta de identificación de riesgos que hace uso de los datos recogidos del pasado de accidentes ocurridos en instalaciones similares y permite vislumbrar el potencial de riesgo que tiene la “MRU Coyol”.

Sin embargo, en México la cultura de previsión de accidentes no ha alcanzado mecanismos que permitan tener trazabilidad sobre los distintos accidentes que ocurren, incluso la búsqueda de las causales no se realiza o se obvia, dificultando el Análisis del Histórico de Accidentes, sin embargo, hay estadísticas que indican que el mayor número de emergencias relacionadas con la liberación de sustancias altamente riesgosas, tienen que ver con el uso inadecuado del gas a nivel doméstico y se deben en mayor medida por la falta de mantenimiento en instalaciones y aparatos; en segunda instancia se tiene a la distribución del gas por parte de compañías quienes transportan el hidrocarburo por medio de autotanques (pipas) a domicilio.

Consultando bases de datos de diversas fuentes, se ha detectado que es muy poca la información disponible respecto a accidentes ocurridos durante operaciones de suministro y/o manipulación de gas natural en Estaciones de Servicio. De acuerdo a ello, se presenta a continuación de detalle de un accidente ocurrido en una estación de llenado de contenedores, el cual, a pesar de no haber ocurrido en una estación de servicio, guarda cierta relación con el proyecto en evaluación. De igual manera se reafirma el compromiso por parte del promovente de reportar y asentar en bitácora de operación, la ocurrencia de estos eventos.

Año	Ciudad o País	Instalación	Sustancias involucradas	Eventos	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales dañados)	Acciones realizadas para su atención
2012	San Miguel Xoxtla	Contenedores con cilindros GNC	Gas Natural	Estallido/e incendio	Falla en sistema de carga de tanques para transporte	Emisión de partículas derivadas de la combustión de los contenedores	Cierre de Válvulas de control, Extinción de incendio, Evacuación y ventilación

Fuente: (Sánchez, Andrés; Agencia Reforma, 2012) Sánchez, Andrés; Agencia Reforma. (13 de Noviembre de 2012). Explota Gasera en Puebla y deja 3 personas heridas. . El Sur. Periodico de Guerrero. Recuperado el 05 de Septiembre de 2017, de <http://suracapulco.mx/6/explota-gasera-en-puebla-y-deja-tres-personas-heridas/>

El análisis de este accidente ha sido tomado como referencia para el diseño del proyecto en evaluación, especialmente la adopción de sistemas de control y detección de desviaciones en el suministro de gas natural.

Estadísticamente, este tipo de sistemas de transportación de gas natural cuenta con un buen nivel de seguridad. La posibilidad de ocurrencia de un accidente en este tipo de actividades se puede considerar relativamente mínima si se toma en cuenta la experiencia de la empresa, las condiciones de operación del proceso, y las medidas de seguridad que se adoptarán.

Sin embargo, el manejo de gas natural, y de hidrocarburos en general en cantidades por arriba de la cantidad de reporte, entrañan un alto riesgo de accidentes potenciales.

El manejo y distribución de gas natural se considera una actividad de alto riesgo, de acuerdo con lo señalado en el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas (Diario Oficial de la Federación del 4 de mayo de 1992), cuya cantidad de reporte es de 500 kilogramos.

Es necesario tener siempre presente que muchos accidentes se han producido en empresas que manejan todo tipo de productos, ocasionados generalmente por falta de conciencia, exceso de confianza o por descuido.

La siguiente tabla se presenta los antecedentes de accidentes e incidentes involucrados con el uso del gas natural.

Tabla VI-1. Antecedentes de accidentes e incidentes involucrados con el uso de gas natural

Año	Ciudad o País	Instalación	Sustancias involucradas	Eventos	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales dañados)	Acciones realizadas para su atención
1994	USA	Instalación base de recepción en tierra	Gas Natural	Explosión	Se cambió el tanque contenedor debido a una fisura, el tanque nuevo tenía un defecto estaba hecho de bajo contenido de níquel y aleación de acero, el níquel es conocido que es susceptible a muy bajas temperaturas	12:15 hectáreas fueron afectadas severamente, invasión de nubes de vapor de gas	Respuesta emergencias, bomberos y servicios médicos.
1964	Argelia	Barco de Almacenaje	Gas Natural	Fugas e incendio	Un rayo cayó sobre el elevador de ventilación delante de la nave, se liberó vapor y hubo una pequeña ignición	Invasión de nubes de vapor de gas	Purga de nitrógeno y aire sobre la línea vertical de la conexión.
1965	Inglaterra	Tanque de almacenaje	Gas Natural	Incendio	Vapores generados durante el mantenimiento	Invasión de nubes de vapor de gas	Respuesta emergencias, bomberos y servicios médicos
1968	USA	Tanque de almacenaje	Gas Natural	Explosión	Accidente por un aislamiento inadecuado de presión	Invasión por nubes de vapor de gas	Respuesta emergencias, bomberos y servicios médicos.
1971	Italia	Tanque de almacenaje	Gas Natural	Daños a la estructura del tanque	"Roll-over" repentino incremento en la presión del tanque	Invasión de gas en el ambiente	Respuesta emergencias

Tabla VI-1. Antecedentes de accidentes e incidentes involucrados con el uso de gas natural

Año	Ciudad o País	Instalación	Sustancias involucradas	Eventos	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales dañados)	Acciones realizadas para su atención
1979	USA	Punto de Cobertura de la subestación eléctrica	Gas Natural	Explosión	Inadecuado cerrado de la bomba eléctrica de gas para sellar el flujo.	Vapor de gas y humo en el ambiente	Respuesta emergencias, bomberos y servicios médicos.
1989	Inglaterra	Bombas de distribución	Gas Natural	Incendio	Una válvula no cerrada	Incendio afectando 40 m, humo al ambiente	Respuesta emergencias, bomberos y servicios médicos
1993	Indonesia	Línea de distribución	Gas Natural	Equipo y estructura dañado	Apertura de una línea durante el proyecto de modificación de un tubo	Daños menores al suelo	Respuesta emergencias
2003	México	Ducto de gas natural	Gas Natural	Explosión	Explosión del ducto de gas natural cercano de la ciudad de Mendoza, en investigación	Daño a los alrededores y humo	Respuesta emergencia, protección civil y servicios médicos
2044	Argelia	Sistema de refrigeración	Gas Natural	Explosión	Se rompe el sistema de refrigeración y provoca incremento de temperatura vaporizada	Humo al ambiente e incendio alrededor de la planta	Respuesta emergencias, bomberos y servicios médicos
2006	Malasia	Sistema de compresos de gas propano de la turbina del primer tren	Gas Natural y gas propano	Incendio	Se rompió la estructura entre la cabeza y el tubo con las perillas para la recolección de gas natural	Humo al ambiente	Respuesta emergencias
2007	México	Plataforma de Petróleos Mexicanos (PEMEX)	Gas natural y crudo de petróleo	Incendio y explosión	El choque de la plataforma Usumacinta con la Kab 101, cuando el frente frío número 4 provocó rachas de viento de hasta 130 Km por hora y olas ente 6 y 8 metros de altura. El mal tiempo en las aguas del golfo de México ocasionó que la plataforma auto elevable Usumacinta, que realizaba labores de interconexión para perforar el pozo Kab 103, rompió el árbol de válvulas de la Kab 101, lo que originó un derrame de petróleo crudo y gas natural asociado	Afectación y contaminación de las aguas marinas.	Respuesta emergencias, marina y servicios médicos.
2008	México	Ducto de gas	Gas Natural	Incendio	Golpe accidental al ducto por parte de los trabajadores, producto de una perforación para un puente vehicular.	Humo al ambiente	Respuesta emergencias, protección civil y servicios médicos.

Tabla VI-1. Antecedentes de accidentes e incidentes involucrados con el uso de gas natural

Año	Ciudad o País	Instalación	Sustancias involucradas	Eventos	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales dañados)	Acciones realizadas para su atención
2011	España	Cisterna	Gas Natural	Explosión	Accidente automovilístico en una curva	Afectación al talud de tierra y roca en la carretera	Respuesta emergencias, bomberos
2012	México	Instalación de extracción	Gas Natural	Explosión	Accidente donde explotó parte de las instalaciones de PEMEX, los encargados fueron los técnicos especializados de PEMEX exploración y producción, no hay detalles	Afectación de los terrenos aledaños a las instalaciones	Respuesta emergencias, protección civil y servicios médicos.
2013	México	Ducto de gas natural	Gas Natural	Explosión	Accidente causado al perforar un ducto de 10 pulgadas de diámetro por trabajadores de la construcción del puente vehicular del circuito exterior mexiquense.	Afectación alrededor, humo y fuego	Respuesta emergencias, bomberos, protección civil y servicios médicos.
2014	México, ZMMTY	Ducto de gas natural	Gas Natural	Incendio	Ocurrió una fuga en la zona hotelera del municipio de San Pedro Garza García, debido a tierra reblandecida por una fuga de agua que origino un colapso de la tubería por el paso constante de vehículos.	Afectación a instalaciones hoteleras, y generación de humos.	Respuesta emergencias y protección civil.

VI.2 Identificación de peligros y de escenarios de riesgo

VI.2.1 Justificación técnica de la metodología de riesgos empleada

A fin de identificar los potenciales peligros y/o riesgos asociados a la operación de la “MRU Coyal” consideramos los equipos, proceso, herramientas, y las sustancias que se manejan para llevar a cabo la distribución de gas natural revisando los puntos en los que se considera se pueda presentar una liberación de sustancia o la potencial ocurrencia de incidentes que puedan generar escenarios de riesgo en: maquinaria o equipos, procesos, operaciones, instalaciones, equipos de seguridad, etc.

- **Identificación preliminar de peligros**

Para el tipo de instalación que nos ocupa realizaremos la identificación de riesgos potenciales por equipos y sustancias que se manejan en la “MRU Coyoil” (Tabla VI-2 y Tabla VI-3). Se debe aclarar que los riesgos para la nube, en la “MRU Coyoil”, es poco probable considerando que las actividades se desarrollan en áreas completamente abiertas.

Los riesgos pueden ser generados por su ubicación, operación, falla del equipo o mantenimiento.

Tabla VI-2. Identificación de riesgos asociados a sustancias y materiales peligrosos manejados en la “MRU Coyoil”

Sustancias y materiales peligrosos	Incendio	Explosión	Derrame	Inflamabilidad, Nube tóxica o asfixiante
Gas natural	√	√	X	√

√: Existe la posibilidad de riesgo; X: No existe posibilidad de riesgo.

Los riesgos están asociados a la liberación del combustible líquidos forma continua o masiva, dando paso a la formación de albercas de fuego (pool fire), incendio y/o atmósferas flamables.

Tabla VI-3. Identificación de riesgos asociados al proceso operativo de la “MRU Coyoil”

Actividad	Incendio	Explosión	Derrame	Inflamabilidad, Nube tóxica o asfixiante
Suministro y compresión de GNC	√	√	X	√
Almacenamiento de GNC	√	√	X	√
Despacho GNC	√	√	X	√

√: Existe la posibilidad de riesgo; X: No existe posibilidad de riesgo.

Los riesgos están asociados a la liberación de gas de forma continua o súbita, por potenciales fallas durante la operación.

En la Tabla VI-4 se muestra el manejo de Sustancias clasificadas como peligrosas en general presentan características que pueden desarrollar sucesos no deseados por su transporte y almacenamiento, los sucesos iniciadores, propagación, mitigación y medidas de prevención generales pueden ser (Información adaptada del libro “BATTELLE COLUMBUS DIVISION-AICHE/CCPS”: Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, American Institute of Chemical Engineers. Nueva York (1985)” y tomada del libro “Análisis y reducción de riesgos en la industria química, fundación MAPFRE, J.M. Santamaría Ramiro y P.A. Braña Aísa):

Tabla VI-4. Identificación de riesgos por manejo de sustancias peligrosas

Características Peligrosas	Sucesos Iniciadores	Circunstancias Propagadoras	Circunstancias Mitigantes	Consecuencias del Accidente
Manejo de cantidades de sustancias peligrosas (materiales inflamables, combustibles, inestables o tóxicos, gases inertizantes materiales a muy alta o baja temperatura, etc.).	Fallos de contención (tuberías, juntas, soldaduras etc.) Errores humanos (Operación mantenimiento, revisiones). Pérdida de servicios Agentes de externos (Inundaciones, terremotos, tormentas, vientos fuertes, impactos, sabotajes, etc.). Errores de método o información.	Fallos de contención (Tuberías, recipientes, tanques juntas, fuelles, entrada o salida de venteo, etc.). Ignición, explosión. - Errores del operador (Comisión, omisión, diagnóstico, toma de decisiones). - Agentes externos. - Errores de método o de información	Respuestas de control, respuestas de los operadores. Operaciones de emergencia (alarmas, procedimientos de Emergencia, equipos de protección personal, evaluación, etc.). Agentes externos. Flujo adecuado de información	- Fuegos - Explosiones - Impactos - Dispersión de materiales tóxicos.

VI.2.2 Selección de técnica de identificación de riesgos

La selección de la metodología para la identificación de riesgos se basó en la guía sugerida por el Centro de Seguridad en Procesos Químicos (CCPs) del Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE) publicada bajo el título de Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, segunda edición con ejemplos desarrollados, 1995.

También se consideró el procedimiento DG-SASIPA-SI-02741 Rev. 3 “Guía para Realizar Análisis De Riesgos” que señala que la identificación de riesgos se puede llevar a cabo mediante las siguientes metodologías de acuerdo a criterios que se indican en la Tabla VI-5:

Tabla VI-5. Típico de las metodologías de acuerdo a la etapa del Proyecto

Método de análisis de riesgos								
Etapa de desarrollo del Proyecto	Lista de verificación	¿Qué pasa si?	¿Qué pasa si? / Lista de verificación	FMEA	HAZOP	AAE	AAF	AC
Investigación desarrollo	y	√	√					

Tabla VI-5. Típico de las metodologías de acuerdo a la etapa del Proyecto

Método de análisis de riesgos								
Etapa de desarrollo del Proyecto	Lista de verificación	¿Qué pasa si?	¿Qué pasa si? / Lista de verificación	FMEA	HAZOP	AAE	AAF	AC
Diseño conceptual	√	√	√					
Operación MRU (almacenamiento, compresor, dispensarios)	√	√	√	√	√	√	√	√
Ingeniería de detalle	√	√	√	√	√	√	√	√
Construcción y arranque	√	√	√		√			
Operación rutinaria	√	√	√	√	√	√	√	√
Expansión o modificación	√	√	√	√	√	√	√	√
Desmantelamiento	√	√	√					
Investigación de accidentes	√			√	√	√	√	√

FMEA: Failure Mode and Effect Analysis (AMEF: Análisis de modos de fallas y efectos), **HAZOP:** Hazard and Operability Analysis (Análisis de peligros y Operabilidad); **AAE:** Análisis de Árbol de eventos; **AAF:** Análisis de Árbol de Fallas; **AC:** Análisis de Consecuencias.

VI.2.2.1 Metodología ¿Qué pasa sí...?

La técnica ¿Qué pasa sí...? es un enfoque en el que un grupo de personas (equipo multidisciplinario) con experiencia y familiaridad con el proceso en cuestión, hacen preguntas y comparten sus preocupaciones acerca del potencial de eventos no deseados. Esta técnica no es tan estructurada como el Hazop y FMEA, y requiere que el analista adapte el concepto básico del análisis a la aplicación específica. A pesar de que existe muy poca información acerca de la técnica ¿Qué pasa sí...? o de sus aplicaciones, esta se utiliza frecuentemente en la industria del proceso de hidrocarburos en casi todas las etapas de la vida del proceso y ofrece muy buenos resultados.

El concepto de la técnica ¿Qué pasa sí...? promueve tormentas de ideas que animan al equipo a pensar en preguntas del tipo ¿Qué pasa sí...? Es decir, esta técnica promueve las tormentas de ideas acerca de escenarios hipotéticos con el potencial de causar consecuencias de interés (eventos no deseados con impactos negativos). Sin embargo, cualquier preocupación acerca de la seguridad del proceso puede ser compartida con el equipo de análisis, aunque quizá esta no esté estructurada en forma de una pregunta.

El propósito de esta técnica es identificar y evaluar los peligros inherentes por el transporte de gas natural comprimido desde la Estación de Servicio de gas natural

donde se abastecen los módulos de almacenamiento y transporte, hasta el punto de distribución para el transporte público suministro de GNC (MRU: almacenamiento, compresor y dispensarios). El equipo de análisis de riesgos en los procesos identifica situaciones potenciales de accidentes, sus consecuencias y las salvaguardas, para luego sugerir las alternativas para la reducción de riesgo. La técnica ¿Qué pasa sí...?, puede involucrar el análisis de las desviaciones posibles del diseño, construcción, modificación u operación; además requiere un entendimiento básico de la intención del proceso, así como la habilidad de combinar las desviaciones con el potencial de causar un accidente. Este puede ser un procedimiento poderoso si los miembros del equipo son realmente experimentados, de lo contrario, los resultados tenderán a ser incompletos, debido a su esencia no estructurada.

En la Figura VI.1 se muestra el diagrama de flujo típico para la aplicación de la metodología ¿Qué pasa sí...?.

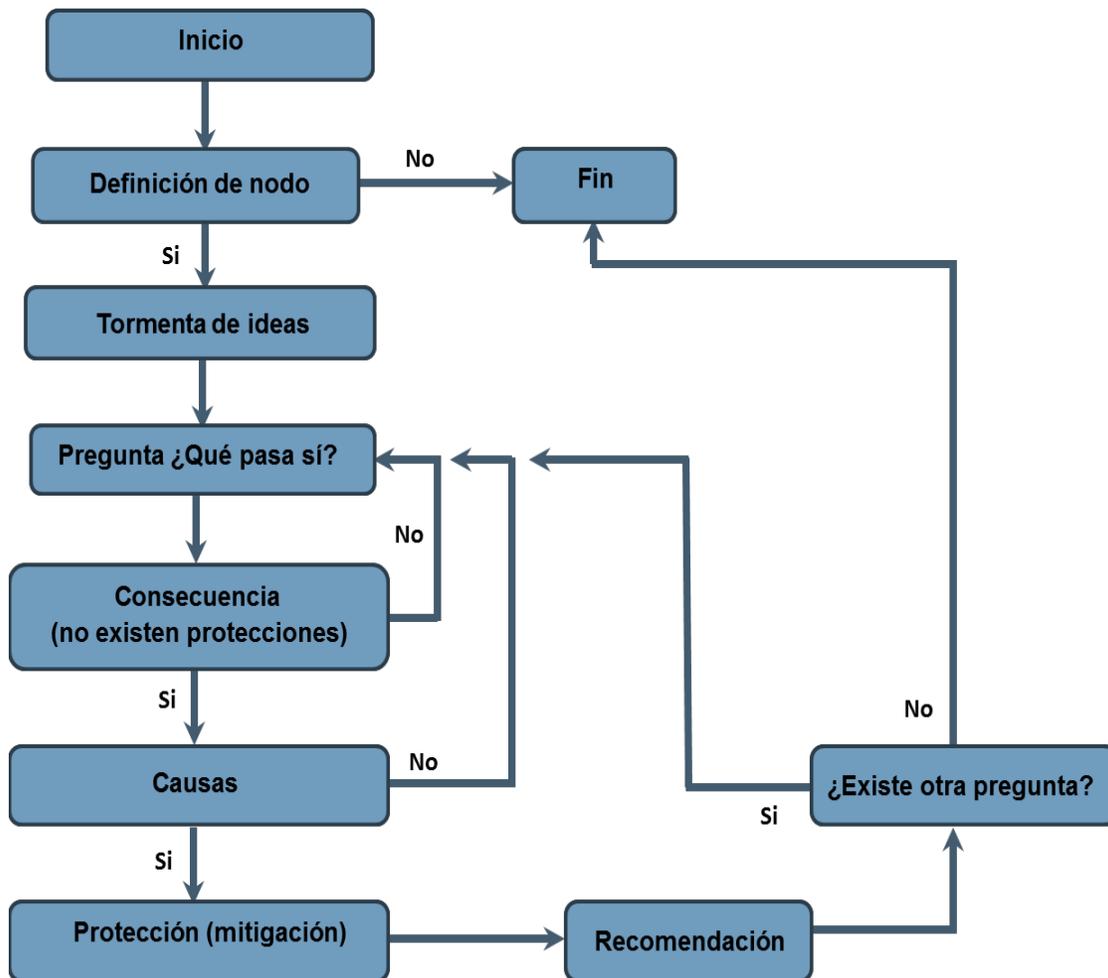


Figura VI-1 Diagrama de flujo para aplicación de Metodología ¿Qué pasa sí...?

VI.3 Desarrollo y resultados de la metodología de riesgos

Derivado de la inducción a las metodologías ¿Qué pasa sí...? y la descripción del proceso de la “MRU Coyol” que inicia con el transporte del gas del rack de cilindros (A) banco de baja, media o alta presión a los puntos de despacho (D) donde se comienza el llenado de los vehículos. Una vez que se abastecen los vehículos el compresor succiona el GNC del banco de presión media para comprimirlo y enviarlo al banco de presión alta y posteriormente al módulo de almacenaje de la MRU, el cual estará en todo momento al 90% de su capacidad máxima. Una vez que el GNC dentro del almacenamiento se haya agotado, la MRU o los contenedores (SKIDS) se tendrán que trasladar a una estación de compresión (madre) para rellenar nuevamente los bancos de gas natural y empezar el ciclo de despacho nuevamente, el grupo dividió las instalaciones en las siguientes secciones:

- Sección 1 Compresor ST63TBM200-10-ICE.
- Sección 2 Cilindros de almacenamiento.
- Sección 3 Despacho de GNC a vehículos, Dispensarios.
- Sección 4 Llegada de la MRU después de la recarga de GNC.

Se consideraron los siguientes supuestos para el caso de la aplicación de ¿Qué pasa sí...?

Sección 1 Compresor ST63TBM200-10-ICE	
1.1	¿Qué pasa si falla el controlador de flujo?
1.2	¿Qué pasa si no funciona el sistema de enfriamiento por agua/glicol?
1.3	¿Qué pasa si se cierra la válvula de alivio?
1.4	¿Qué pasa si existe falta mantenimiento?
Sección 2 Cilindros de almacenamiento	
2.1	¿Qué pasa si no se tiene nivel?
2.2	¿Qué pasa si se presenta corrosión o erosión?
2.3	¿Qué pasa si Existe falla en las válvulas de alivio de presión?
2.4	¿Qué pasa si Se bloquea la válvula de entrada al sistema de almacenamiento de GNC?
2.5	¿Qué pasa si Las válvulas de exceso de caudal no cortan el ingreso de GNC al sistema de almacenamiento?
Sección 3 Despacho de GNC a vehículos, Dispensarios	
3.1	¿Qué pasa si se tiene incremento de presión en el despacho de GNV?
3.2	¿Qué pasa si hay Mayor flujo en el despacho de GNV?
3.3	¿Qué pasa el Equipo de Protección Personal (EPP) no se utiliza?
3.4	¿Qué pasa si Existiera una falla en las válvulas automáticas de llenado?
3.5	¿Qué pasa si Falla el surtidor apagado?
3.6	¿Qué pasa si El surtidor despacha de más o de menos?

3.7	¿Qué pasa si El surtidor no corta el despacho?
Sección 4: Llegada de la MRU después de la recarga de GNC.	
4.1	¿Qué pasa si La MRU de GNC sufre daño estructural al momento de estacionarlas en el área de despacho de la estación?
4.2	¿Qué pasa si no se inmoviliza la MRU?
4.3	¿Qué pasa si se realiza una conexión deficiente de las mangueras de la Unidad Móvil para el despacho de GNC?
4.4	¿Qué pasa si falla el panel de prioridades?
4.5	¿Qué pasa si hay Incendios en predios o áreas próximas a la MRU Coyol ?
4.6	¿Qué pasa si el operador desconoce la operación?
4.7	¿Qué pasa si falta mantenimiento?

Las hojas de trabajo del desarrollo de la metodología ¿Qué pasa sí...? Se incluyen en el **Anexo C.**

VI.4 Evaluación y jerarquización de escenarios de riesgo

Durante la aplicación de las metodologías de identificación de riesgos se elaboró de forma simultánea el proceso de jerarquización de los eventos identificados, con objeto de seleccionar los postulados finales sobre los que se proseguirá el Análisis de Consecuencias, así como para definir aquellos que, estando en una situación de riesgo intermedia, deben ser cuestionados sobre la justificación o no de la implementación de las recomendaciones.

VI.4.1 Matriz de jerarquización de riesgos

Para la ponderación de riesgos se utilizaron las categorías de consecuencia y de frecuencia listadas en las Guías técnicas para realizar Análisis de Riesgos de proceso, 800-16400-DCO-GT-75, Ago./2012, Rev. 1 de PEMEX, ya que pertenecen al sector hidrocarburos, mismas que se indican en las Tablas siguientes:

Tabla VI-6. Criterios de índice de frecuencia

Clasificación	Tipo	Descripción de la frecuencia de ocurrencia
6	Muy frecuente	Ocurre una o más veces por año
5	Frecuente	Ocurre una vez en un período entre 1 y 3 años
4	Poco frecuente	Ocurre una vez en un período entre 3 y 5 años
3	Raro	Ocurre una vez en un período entre 5 y 10 años
2	Muy raro	Ocurre solamente una vez en la vida útil de la planta
1	Extremadamente raro	Evento que es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro

Tabla VI-7. Criterios Categorías de consecuencias

Categoría	Daños al personal	Efectos en la población	Impacto Ambiental	Pérdida de producción (MM USD)	Daños a la instalación (MM USD)	Daños a bienes de terceros o de la Nación (MM USD)
6	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 15 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 100 fatalidades	Fuga o derrame externo que no se puede controlar en una semana	Mayor de 50	Mayor de 50	Mayor de 50
5	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 4 a 15 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 15 a 100 fatalidades	Fuga o derrame externo que se puede controlar en una semana	De 15 a 50	De 15 a 50	De 15 a 50
4	Heridas o daños físicos que pueden resultar en hasta 3 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 4 a 15 fatalidades	Fuga o derrame externo que se puede controlar en un día	De 5 a 15	De 5 a 15	De 5 a 15
3	Heridas o daños físicos que generan incapacidad médica	Heridas o daños físicos que pueden resultar en hasta 3 fatalidades. Evento que requiere hospitalización en gran escala	Fuga o derrame externo que se puede controlar en algunas horas	De 0.500 a 5	De 0.500 a 5	De 0.500 a 5
2	Heridas o daños físicos reportables y/o que se atienden con primeros auxilios	Heridas o daños físicos reportables y/o que se atienden con primeros auxilios. Evento que requiere de evacuación. Ruidos, olores e impacto visual que se pueden detectar	Fuga o derrame externo que se puede controlar en menos de una hora (incluyendo el tiempo para detectar)	De 0.250 a 0.500	De 0.250 a 0.500	De 0.250 a 0.500
1	No se esperan heridas o daños físicos	No se esperan heridas o daños físicos. Ruidos, olores e impacto visual imperceptibles	No hay fuga o derrame externo	Hasta 0.250	Hasta 0.250	Hasta 0.250

Para este estudio, las matrices de riesgo utilizadas se indican a continuación, en la cual se muestran las diferentes categorías de consecuencias para daños al personal, a la población, impacto ambiental, pérdida de producción, daño a la instalación y daño a bienes a terceros o de la Nación. La matriz identifica de acuerdo a su color, el tipo de riesgo de cada uno de los escenarios.

Tabla VI-8. Matrices de riesgo
 (personal, población, impacto ambiental, instalación/producción)

Matriz de consecuencias por Daños al personal							
		CONSECUENCIAS					
		1	2	3	4	5	6
FRECUENCIA	6	C	B	A	A	A	A
	5	C	B	B	A	A	A
	4	C	C	B	A	A	A
	3	C	C	B	A	A	A
	2	C	C	C	B	B	A
	1	C	C	C	C	B	B

Matriz de consecuencias por Daños a la población							
		CONSECUENCIAS					
		1	2	3	4	5	6
FRECUENCIA	6	C	B	A	A	A	A
	5	C	B	A	A	A	A
	4	C	B	A	A	A	A
	3	C	B	A	A	A	A
	2	C	B	A	A	A	A
	1	C	C	B	A	A	A

Matriz de consecuencias por Impacto Ambiental							
		CONSECUENCIAS					
		1	2	3	4	5	6
FRECUENCIA	6	C	B	A	A	A	A
	5	C	B	B	A	A	A
	4	C	B	B	B	A	A
	3	C	C	C	B	A	A
	2	C	C	C	C	B	A
	1	C	C	C	C	C	B

Matriz de consecuencias por Daños a la instalación/producción							
		CONSECUENCIAS					
		1	2	3	4	5	6
FRECUENCIA	6	B	B	A	A	A	A
	5	C	B	B	A	A	A
	4	C	C	B	B	A	A
	3	C	C	C	B	B	A
	2	C	C	C	C	B	A
	1	C	C	C	C	C	B

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

Tomando como base los resultados de la evaluación cualitativa de riesgo (¿Qué pasa sí?) y considerando los valores de frecuencia de la Tabla VI.6 y de consecuencia de la Tabla VI-7, el grupo multidisciplinario asignó valores al sistema previamente analizado.

Todo el personal participante, con base a su experiencia, aportó los elementos necesarios para que de manera consensada se fueran estimando los valores que se tomarían para la clasificación por categorías de frecuencias y consecuencias de los accidentes. Primeramente, se ponderaba la frecuencia del escenario, tomando en cuenta las características del evento, las posibles causas y las protecciones existentes. Posteriormente se asignaba la calificación a cada una de las consecuencias de riesgo de interés que podían generarse del escenario de riesgo.

Cabe señalar que los valores de consecuencia asignados con número “1”, corresponden a aquellos escenarios de riesgo, cuya consecuencia es mínima o en su caso, no se identificó en la desviación correspondiente, pero dado que no existe un riesgo “cero”, se le asignaba el valor más bajo.

Durante la ponderación también se consideraron, las variables económicas principales, tales como los costos para la reparación o reemplazo de equipos, el tiempo que se tarda en volver a arrancar los equipos de telecomunicaciones y los costos asociados con interrupciones de comunicación de los distintos usuarios.

Los valores determinados para la frecuencia y consecuencia de cada escenario se iban capturando en las casillas correspondientes de las hojas de trabajo de la identificación de riesgos, en cada uno de los nodos del presente análisis de riesgo.

En la Tabla VI-9 se muestra de forma condensada los resultados de la jerarquización de riesgos para la “**MRU Coyol**”.

VI.4.2 Identificación de escenarios más probables y peor caso

Con la aplicación de la metodología ¿Qué pasa sí...? se identificaron **12** escenarios con de Riesgo Tipo “**A**” No Tolerable; **43** escenarios de Riesgo del Tipo **ALARP “B”** Tan bajo como sea razonablemente práctico y **300** de riesgo Tipo “**C**” Tolerable para la “**MRU Coyol**” (Ver Tabla VI-9 y Tabla VI.10).

Tabla VI-9 Distribución de escenarios de riesgo para la “MRU Coyol”

Matriz de consecuencias por Daños al personal							
		CONSECUENCIAS					
		1	2	3	4	5	6
FRECUENCIA	6	C (1)	B (1) 4.6.1.1	A (1) 4.6.1.2	A	A	A
	5	C (1) 2.1.1.1	B	B	A	A	A
	4	C	C	B	A	A	A
	3	C (4) 1.3.1.1, 4.1.1.1, 4.3.1.1, 4.3.1.4	C (17) 1.3.1.2, 4.2.1.1, 4.2.2.1, 4.3.1.2, 4.4.1.1, 4.4.1.2, 4.4.1.5, 4.4.2.1, 4.4.2.2, 4.4.2.5, 4.4.3.1, 4.4.3.2, 4.4.3.5, 4.4.4.1, 4.4.4.2, 4.4.4.5, 4.7.1.1	B (11) 1.3.1.3, 3.3.1.1, 4.1.1.2, 4.2.1.2, 4.2.2.2, 4.3.1.3, 4.4.1.3, 4.4.2.3, 4.4.3.3, 4.4.4.3, 4.7.1.2	A (4) 4.4.1.4, 4.4.2.4, 4.4.3.4, 4.4.4.4	A	A
	2	C (9) 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.1.3, 1.1.2.1, 1.1.2.2, 1.1.2.3, 1.2.1.1, 2.3.1.1, 2.4.1.1	C (5) 1.4.1.1, 2.2.1.1, 2.3.1.2, 3.1.1.1, 3.2.1.1	C (5) 1.4.1.2, 2.2.1.2, 2.3.1.3, 3.1.1.2, 3.2.1.2	B (2) 2.2.1.3, 3.2.1.3	B	A
	1	C (4) 2.5.1.1, 3.5.1.1, 3.6.1.1, 4.1.1.1	C (3) 3.4.1.1, 3.7.1.1, 4.5.1.2	C (2) 3.4.1.2, 4.5.1.3	C (2) 3.4.1.3, 4.5.1.4	B	B

Matriz de consecuencias por Daños a la población							
FRECUENCIA		CONSECUENCIAS					
		1	2	3	4	5	6
FRECUENCIA	6	C (1) 4.6.1.1	B (1) 4.6.1.2	A	A	A	A
	5	C (1) 2.1.1.1	B	A	A	A	A
	4	C	B	A	A	A	A
	3	C (22) 1.3.1.1, 1.3.1.2, 3.3.1.1, 4.1.1.1, 4.2.1.1, 4.2.2.1, 4.3.1.1, 4.3.1.2, 4.3.1.4, 4.4.1.1, 4.4.1.2, 4.4.1.5, 4.4.2.1, 4.4.2.2, 4.4.2.5, 4.4.3.1, 4.4.3.2, 4.4.3.5, 4.4.4.1, 4.4.4.2, 4.4.4.5, 4.7.1.1	B (10) 1.3.1.3, 4.1.1.2, 4.2.1.2, 4.2.2.2, 4.3.1.3, 4.4.1.3 4.4.2.3, 4.4.3.3, 4.4.4.3, 4.7.1.2	A (4) 4.4.1.4, 4.4.2.4 4.4.3.4, 4.4.4.4	A	A	A
	2	C (13) 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.1.3, 1.1.2.1, 1.1.2.2, 1.1.2.3, 1.2.1.1, 1.4.1.1, 2.2.1.1, 2.3.1.1, 2.4.1.1, 3.1.1.1, 3.2.1.1	B (5) 1.4.1.2, 2.2.1.2, 2.3.1.2, 3.1.1.2 3.2.1.2	A (3) 2.2.1.3, 2.3.1.3, 3.2.1.3	A	A	A
	1	C (7) 2.5.1.1, 3.4.1.1, 3.5.1.1, 3.6.1.1, 3.7.1.1, 4.5.1.1 4.5.1.2	C (2) 3.4.1.2, 4.5.1.3	B (2) 3.4.1.3, 4.5.1.4	A	A	A

Matriz de consecuencias por Impacto Ambiental							
FRECUCENCIA		CONSECUENCIAS					
		1	2	3	4	5	6
6		C (1) 4.6.1.1	B (1) 4.6.1.2	A	A	A	A
5		C (1) 2.1.1.1	B	B	A	A	A
4		C	B	B	B	A	A
3		C (19) 1.3.1.1, 3.3.1.1, 4.1.1.1, 4.3.1.1, 4.3.1.2, 4.3.1.4, 4.4.1.1, 4.4.1.2, 4.4.1.5, 4.4.2.1, 4.4.2.2, 4.4.2.5, 4.4.3.1, 4.4.3.2, 4.4.3.5, 4.4.4.1, 4.4.4.2, 4.4.4.5, 4.7.1.1	C (9) 1.3.1.2, 4.2.1.1, 4.2.2.1, 4.3.1.3, 4.4.1.3, 4.4.2.3, 4.4.3.3, 4.4.4.3, 4.7.1.2	C (4) 1.3.1.3, 4.1.1.2, 4.2.1.2, 4.2.2.2	B (4) 4.4.1.4, 4.4.2.4, 4.4.3.4, 4.4.4.4	A	A
2		C (10) 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.1.3, 1.1.2.1, 1.1.2.2, 1.1.2.3, 1.2.1.1, 2.3.1.1, 2.4.1.1, 3.1.1.1	C (5) 1.4.1.1, 2.2.1.1, 2.3.1.2, 3.1.1.2, 3.2.1.1	C (4) 1.4.1.2, 2.2.1.2, 2.3.1.3, 3.2.1.2	C (2) 2.2.1.3, 3.2.1.3	B	A
1		C (5) 2.5.1.1, 3.5.1.1, 3.6.1.1, 4.5.1.1, 4.5.1.2	C (3) 3.4.1.1, 3.7.1.1, 4.5.1.3	C (1) 3.4.1.2	C (2) 3.4.1.3, 4.5.1.4	C	B

Matriz de consecuencias por Daños a la instalación							
FRECUENCIA		CONSECUENCIAS					
		1	2	3	4	5	6
FRECUENCIA	6	B	B (2) 4.6.1.1, 4.6.1.2	A	A	A	A
	5	C	B	B (1) 2.1.1.1	A	A	A
	4	C	C	B	B	A	A
	3	C (12) 1.3.1.1, 1.3.1.2, 3.3.1.1, 4.1.1.1, 4.2.1.1, 4.2.2.1, 4.3.1.1, 4.3.1.4, 4.4.1.5, 4.4.2.5, 4.4.3.5, 4.4.4.5	C (20) 1.3.1.3, 4.1.1.2, 4.2.1.2, 4.2.2.2, 4.3.1.2, 4.3.1.3, 4.4.1.1, 4.4.1.2, 4.4.1.3, 4.4.2.1, 4.4.2.2, 4.4.2.3, 4.4.3.1, 4.4.3.2, 4.4.3.3, 4.4.4.1, 4.4.4.2, 4.4.4.3, 4.7.1.1, 4.7.1.2	C (4) 4.4.1.4, 4.4.2.4, 4.4.3.4, 4.4.4.4	B	B	A
	2	C (10) 1.1.1.2, 1.1.2.2, 1.2.1.1, 1.4.1.1, 2.2.1.1, 2.3.1.1, 2.4.1.1, 3.1.1.1, 3.1.1.2, 3.2.1.1	C (8) 1.1.1.1, 1.1.1.3, 1.1.2.1, 1.1.2.3, 1.4.1.2, 2.2.1.2, 2.3.1.2, 3.2.1.2	C (3) 2.2.1.3, 2.3.1.3, 3.2.1.3	C	B	A
	1	C (6) 2.5.1.1, 3.4.1.1, 3.5.1.1, 3.6.1.1, 3.7.1.1, 4.5.1.1	C (3) 3.4.1.2, 4.5.1.2, 4.5.1.3	C (2) 3.4.1.3, 4.5.1.4	C	C	B

Matriz de consecuencias por Daños a la producción							
FRECUENCIA		CONSECUENCIAS					
		1	2	3	4	5	6
6	6	B	B (2) 4.6.1.1, 4.6.1.2	A	A	A	A
	5	C	B	B (1) 2.2.1.1	A	A	A
	4	C	C	B	B	A	A
	3	C (9) 1.3.1.1, 1.3.1.2, 3.3.1.1, 4.3.1.1, 4.3.1.4, 4.4.1.5, 4.4.2.5, 4.4.3.5, 4.4.4.5	C (18) 1.3.1.3, 4.1.1.1, 4.3.1.2, 4.3.1.3, 4.4.1.1, 4.4.1.2, 4.4.1.3, 4.4.2.1, 4.4.2.2, 4.4.2.3, 4.4.3.1, 4.4.3.2, 4.4.3.3, 4.4.4.1, 4.4.4.2, 4.4.4.3, 4.7.1.1, 4.7.1.2	C (9) 4.1.1.2, 4.2.1.1, 4.2.1.2, 4.2.2.1, 4.2.2.2, 4.4.1.4, 4.4.2.4, 4.4.3.4, 4.4.4.4	B	B	A
	2	C (3) 1.2.1.1, 1.4.1.1, 2.4.1.1	C (3) 1.4.1.2, 3.1.1.1, 3.1.1.2	C (15) 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.1.3, 1.1.2.1, 1.1.2.2, 1.1.2.3, 2.2.1.1, 2.2.1.2, 2.2.1.3, 2.3.1.1, 2.3.1.2, 2.3.1.3, 3.2.1.1, 3.2.1.2, 3.2.1.3	C	B	A
	1	C (4) 2.5.1.1, 3.5.1.1, 3.6.1.1, 4.5.1.1	C (2) 4.5.1.2, 4.5.1.3	C (5) 3.4.1.1, 3.4.1.2, 3.4.1.3, 3.7.1.1, 4.5.1.4	C	C	B

Nota: 1.1.1.1, el primer dígito se refiere al sistema, el segundo dígito a la pregunta, el tercer dígito a la causa y el cuarto dígito a la consecuencia.

De acuerdo con lo anterior tenemos que el nivel de riesgo de la “MRU Coyol” es aceptable con controles, los escenarios de riesgos están asociados a la recepción, almacenamiento y suministro (despacho) de GNC.

En la Tabla VI-10. se muestra de forma condensada los resultados de la jerarquización de riesgos de las operaciones de recepción, almacenamiento y suministro (despacho) de GNC.

Tabla VI-10. Resumen de jerarquización de escenarios de riesgo para la “MRU Coyol”

Rubro	Región de Riesgo						Total	
	No Tolerable		ALARP B (Tan bajo como sea razonablemente práctico)		Tolerable			
	A		B		C		Cantidad	%
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%		
Daños al personal	5	7	14	20	52	73	71	100
Daños a la población	7	10	18	25	46	65	71	100
Impacto Ambiental	0	0	5	7	66	93	71	100
Daños a la producción	0	0	3	4	68	96	71	100
Daños a la instalación	0	0	3	4	68	96	71	100
Total	12	3	43	12	300	85	355	100

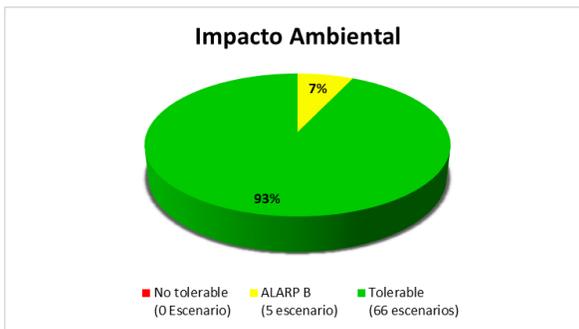
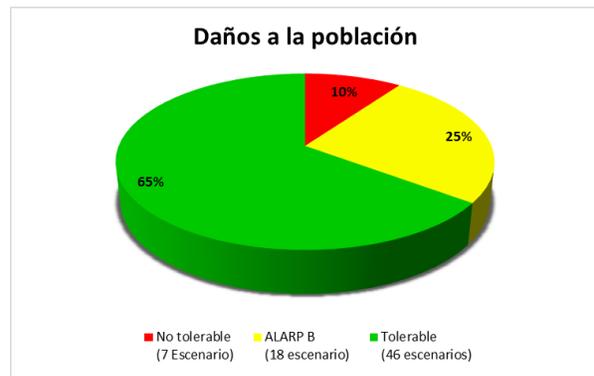
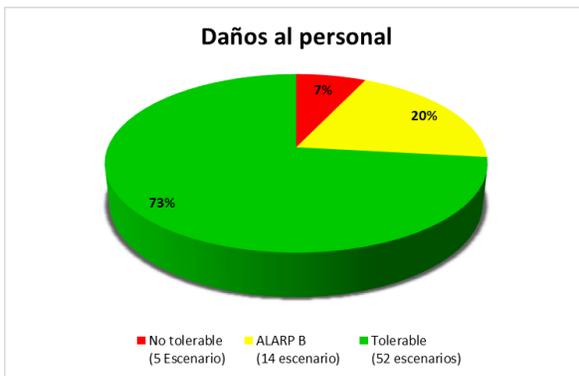




Figura VI-2. Gráficos de Jerarquización de riesgos para la "MRU Coyol"

VI.4.3 Potenciales escenarios de riesgos identificados

Derivado de la metodología aplicada se identificó que los escenarios potenciales de riesgo están asociados a la liberación de Gas Natural y que por la cantidad que se libere sus potenciales afectaciones pueden generar daños a otros equipos o áreas del predio en donde se ubica la “MRU Coyol” y/o a las instalaciones que se encuentran colindantes.

Para el fin de este estudio, se contemplaron los riesgos que pudieran causar afectaciones al entorno de las instalaciones y aquellos riesgos que solamente representen problemas operacionales, que afecten la continuidad o eficiencia de los procesos, como es el paro de equipos o alguna actividad similar.

Como puede observarse, los riesgos que pudieran presentarse van desde fugas por rotura en tuberías, fugas por aumento de presión y temperatura, hasta incendio y explosión y, en todos los casos, ocasionados posiblemente por:

1. falta de procedimientos
2. no seguir los procedimientos de manejo del gas natural
3. falta de capacitación
4. programa de mantenimiento incompleto
5. fallas en la ejecución del programa de mantenimiento
6. negligencia.
7. Daño por terceros

La falta de programas de mantenimiento, el incumplimiento de los mismos o la deficiencia en su aplicación por falta de capacitación de los trabajadores se refleja en un posible riesgo que puede llegar a ser grave si su insuficiencia es recurrente. Es importante disponer de un programa que contemple actividades preventivas y acciones que preserven la correcta operación y mantenimiento de tanques, tuberías, accesorios y equipos auxiliares. Estos riesgos son fácilmente evitables con procedimientos de seguridad y prevención, programas de monitoreo y detección, pruebas periódicas, procedimientos operativos, capacitación, inspección y mantenimiento adecuados.

Como único evento de riesgo no controlable se presenta el caso de accidente por agentes externos. Si bien el proyecto “MRU Coyal” se encontrará ubicado en un área segura (zona asísmica), recientemente se han tenido eventos notorios.

Esto, considerando que históricamente se han tenido en la región terremotos denominados interplaca, los cuales son terremotos relativamente de baja intensidad que se presentan en el interior de placas, o lejanas a las zonas.

Además, no puede descartarse la posibilidad de un accidente ocurrido por agentes externos, como es el caso de un incendio externo o una lluvia extraordinaria ocasionada por una tormenta tropical, ciclón e inclusive un huracán.

En la Tabla VI-11 se muestran los escenarios de riesgos identificados, así como su agrupación para la simulación de consecuencias:

Tabla VI-11. Escenarios de riesgo considerados para simulación de consecuencias para la “MRU Coyal”

Escenario para simular		Tipo	Referencia en ¿Qué pasas sí?	Región de riesgo
No.	Descripción			
1	Incendio por fuga en tubería de entrada al compresor, debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento (masa a fugar 39.96 kg en 10 minutos, considerando un caudal del compresor de 400 m ³ /h promedio)	Más probable, menos catastrófico	1.3.1.3, 1.4.1.2	B
2	Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (diámetro de orificio de fuga = 0.03 m)	Más probable, menos catastrófico	2.2.1.2, 2.3.1.2	B
3	Explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (capacidad de almacenamiento al 90% = 2,897.64 kg: 1 MRU y 5,795.28 kg: 2 MRU’s). Peor caso	Más catastrófico, menos probable	2.2.1.3, 2.3.1.3	A
4	Incendio por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 2.22 kg/s, considerando que por cada MRU se tienen dos mangueras independientes para abastecer un par de vehículos simultáneamente a 70 kg/min @ 250 bar).	Más probable, menos catastrófico	3.1.1.2, 3.2.1.2	B

Tabla VI-11. Escenarios de riesgo considerados para simulación de consecuencias para la “MRU Coyol”

Escenario para simular		Tipo	Referencia en ¿Qué pasas sí?	Región de riesgo
No.	Descripción			
5	Explosión por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido Válvula manual abierta por falla mecánica / Mal enroscado de la válvula al recipiente del vehículo automotor (masa a fugar 2.22 kg/s, considerando que por cada MRU se tienen dos mangueras independientes para abastecer un par de vehículos simultáneamente a 70 kg/min @ 250 bar).	Más catastrófico, menos probable	3.2.1.3,	A
			3.4.1.3	B
6	Incendio en MRU (Llegada de MRU a patio de la Instalación) debido a daño estructural al momento de estacionarlas /no inmovilización /conexión deficiente para el despacho de GNC / falla el panel de prioridades / desconocimiento de operación / falta de mantenimiento (considerando las 2 MRU's = 5,795.28 kg al 90%)	Más catastrófico, menos probable	4.1.1.2, 4.2.1.2, 4.2.2.2, 4.3.1.3, 4.4.1.3, 4.4.2.3, 4.4.3.3, 4.4.4.3, 4.5.1.4, 4.6.1.1	B
7	Explosión en MRU (Llegada de MRU a patio de la Instalación) debido a daño estructural al momento de estacionarlas /no inmovilización /conexión deficiente para el despacho de GNC / falla el panel de prioridades / desconocimiento de operación / falta de mantenimiento (considerando las 2 MRU's = 5,795.28 kg al 90%)	Más catastrófico, menos probable	4.4.1.4, 4.4.2.4, 4.4.3.4, 4.4.4.4, 4.6.1.2	A

Nota: 1.1.1.1, el primer dígito se refiere al sistema, el segundo dígito a la pregunta, el tercer dígito a la causa y el cuarto dígito a la consecuencia.

VII. DETERMINACIÓN DE RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

La modelación matemática del comportamiento de los potenciales escenarios de riesgos permite evaluar la magnitud de los efectos negativos potenciales de la “MRU Coyol” y la propagación de un incidente que generalmente involucra modelos de liberación accidental de sustancias peligrosas, desarrollándose una variedad de escenarios y cuyo análisis determina el impacto potencial al personal, la terminal y población circundante.

La Tabla VI-11 se listan los Escenarios de riesgos considerados para simulación de consecuencias. Para la determinación de radios se utilizó el software SCRI® (Contaminación de Contaminación y Riesgos en Industrias) de Heurística, S.A. de C.V.

Para la estimación de los radios de afectación se utiliza el software de Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias “SCRI” versión 2.2, en sus dos paquetes SCRI-Modelos y SCRI-Fuego. El SCRI-Modelos se enfoca en el análisis de accidentes por fuego, explosión, fuga o derrame de una sustancia peligrosa, adicionalmente permite la identificación de áreas expuestas a contaminación por actividades productivas. SCRI-Fuego, ha sido utilizado para la elaboración de análisis de consecuencias por emisiones tóxicas y/o contaminantes, incluyendo modelos de radiación térmica o aspectos relevantes para consecuencias por fuego y/o explosiones. Este modelo, se basa en metodologías de la agencia de Protección Ambiental de EUA (EPA), del Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE) y de la Agencia de Administración Federal de Emergencias de EUA (FMEA).

En general, estos métodos son un conjunto de herramientas, para simular en computadora; emisiones de contaminantes, fugas y derrames de productos tóxicos y daños por nubes explosivas, de manera que se puedan estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas, para estudios de riesgo e impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales, apoyar en la capacitación y/o entrenamiento de personal, y en el manejo de situaciones de emergencia.

Los radios de afectación se obtuvieron mediante la modelación de los peores escenarios considerados para el análisis de consecuencias. El software SCRI, específicamente el relacionado a modelos de simulación ha sido utilizado extensivamente en México para la realización de estudios de riesgo e impacto ambiental por más de 15 años y el Instituto de Ecología de México lo menciona como uno de los modelos que actualmente se utilizan para evaluación de riesgos.

Los riesgos potenciales con posibilidad de afectar al entorno ambiental (atmósfera, suelo, agua), están asociados al manejo y uso del Gas Natural.

Con la finalidad de determinar las posibles consecuencias a las que se vería expuesta la población, es de gran utilidad contar con información, al menos estimada, del número de habitantes del área, incluyendo las horas en que se presenta la mayor concentración, por ejemplo, en las escuelas, hospitales, centros comerciales, templos o centros de reunión social. Cuando se lleva a cabo el análisis de accidentes, resulta útil contar con el registro de accidentes que han ocurrido con anterioridad en la zona, las causas y consecuencias de ellos (Zagal, 1996).

VII.1 Potenciales escenarios de riesgo identificados y sus efectos

La clase de eventos más comunes que pueden ocurrir como resultado de los escenarios de riesgo por la pérdida de contención de sustancias peligrosas en forma de líquido presurizado, líquido no presurizado y de un vapor o gas presurizado, para la operación de la “**MRU Coyol**” son los siguientes:

VII.1.1 Radiación térmica

VII.1.1.1 Flash fire (Flamazo)

Cuando un gas o líquido inflamable con punto de inflamación bajo, es descargado a la atmósfera, se forma una nube de gas y se dispersa. Si el vapor resultante se encuentra con un punto de ignición antes de que la dilución de la nube sea menor al límite inferior de explosividad, ocurre el flamazo. Las consecuencias primarias de un flamazo son las radiaciones térmicas generadas durante el proceso de combustión. Este proceso de combustión tiene una corta duración, los daños son de baja intensidad y en ocasiones provocan un chorro de fuego en el punto de fuga.

VII.1.1.2 Jet fire (Incendio de antorcha o chorro de fuego)

Si un gas inflamable licuado o comprimido es descargado de un tanque de almacenamiento o de una tubería, el material descargado a través de un orificio o ruptura formaría una descarga a presión del tipo chorro, el cual se mezcla con el aire. Si el material entra en contacto con una fuente de ignición, ignita y entonces ocurre un chorro de fuego.

VII.1.1.3 Fireball (Bola de Fuego)

El evento de bola de fuego resulta de la ignición de una mezcla líquido/vapor inflamable y sobrecalentada que es descargada a la atmósfera. El evento de bola de fuego ocurre frecuentemente seguido a una Explosión de Vapores en Expansión de un Líquido en Ebullición (BLEVE).

A continuación, se describen los efectos de acuerdo al nivel de radiación térmica.

Tabla VII-1. Efectos de la Radiación Térmica de acuerdo a la intensidad de energía

Intensidad de Radiación Kw/m ²	Descripción
1.4	Puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal), se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial. En general se considera que no hay dolor – sea cual sea el tiempo de exposición - con flujos térmicos inferiores a 1.7 Kw/m ² (mínimo necesario para causar dolor).
3	Zona de alerta

Tabla VII-1. Efectos de la Radiación Térmica de acuerdo a la intensidad de energía

Intensidad de Radiación Kw/m ²	Descripción
5	Zona de intervención con un tiempo máximo de exposición de 3 minutos. Máximo soportable por personas protegidas con trajes especiales y tiempo limitado. El tiempo necesario para sentir dolor (piel desnuda) es aproximadamente de 13 segundos, y con 40 segundos pueden producirse quemaduras de segundo grado. Cuando la temperatura de la piel llega hasta 55 °C aparecen ampollas.
11 - 7	El acero delgado, parcialmente aislado, puede perder su integridad mecánica.
12.5	Extensión del incendio, fusión de recubrimiento de plástico en cables eléctricos. La madera puede prender después de una larga exposición. 100 % de letalidad.
25	El acero delgado aislado puede perder su integridad mecánica.
37.5	Suficiente para causar daños a equipos de proceso, colapso de estructuras.

La Tabla siguiente muestra los valores umbrales para la vulnerabilidad de los materiales, cuando se presenta un evento de radiación térmica.

Tabla VII-2. Vulnerabilidad de Materiales

Radiación (Kw/m ²)	Material
60	Cemento
40	Cemento prensado
200	Hormigón armado
40	Acero
33	Madera (Ignición)
30 - 300	Vidrio
400	Pared de ladrillos
13	Daños en depósitos
12	Instrumentación

VII.1.2 Sobrepresión

VII.1.2.1 Explosión de nube de gas no confinada (UVCE) confinada (VCE)

La explosión de nube de vapor no confinada se presenta cuando la sustancia ha sido dispersada y se incendia a una distancia del lugar de descarga. La magnitud de la explosión depende del tamaño de la nube y de las propiedades químicas de la sustancia. Se pueden ocasionar ondas de sobre presión, y los efectos térmicos suelen ser

menos importantes que los anteriores. Igualmente, las explosiones confinadas pueden dar lugar a deflagraciones y los efectos adversos que pueden provocar son: ondas de presión, formación de proyectiles y radiación térmica. La siguiente tabla muestra los efectos derivados de la sobrepresión.

Tabla VII-3 Efectos derivados de la sobrepresión

Variable Física Peligrosa Ondas de presión (kg/cm ²)	Efecto observado (Clancy)
0.703	Probable destrucción de edificios; máquinas herramientas pesadas (3,175 kg) desplazadas y dañadas seriamente, herramientas para maquinaria muy pesadas (5,443 kg) sin daños.
0.351 – 0.492	Destrucción casi completa de casas.
0.210 – 0.281	Demolición de edificio sin marcos o de paneles de acero; ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo.
0.070	Demolición parcial de casas, las vuelve inhabitables.
0.035 – 0.070	Ventanas grandes y pequeñas se hacen añicos; daño ocasional a marcos de ventanas.

VII.1.2.2 BLEVE (Boiling liquid expanding vapor explosión (explosión del vapor en expansión de un líquido hirviendo))

Las explosiones de tipo **BLEVE** son uno de los peores accidentes que pueden ocurrir en la industria química o en el transporte de mercancías peligrosas. Desde un punto de vista riguroso, como se verá más adelante, estas explosiones no siempre tienen efectos térmicos. No obstante, en la mayoría de los casos reales la sustancia involucrada es combustible; esto provoca que la explosión sea seguida por la formación de una bola de fuego, de efectos muy graves.

Cuando se habla de **BLEVE**, en general a lo que se hace referencia realmente es a la combinación de los fenómenos **BLEVE**-bola de fuego, esto es, a un accidente que involucra simultáneamente efectos térmicos y mecánicos.

El **BLEVE** es un accidente que puede ocurrir las sustancias que lo pueden producir (butano, propano, cloruro de vinilo, cloro, etc.) son relativamente comunes en la industria, y abundan las instalaciones susceptibles de sufrirlo (depósitos, cisternas). Por otra parte, de vez en cuando sucede durante el transporte, ya sea por carretera o por tren, con las connotaciones especiales que esto conlleva. El origen puede ser diverso (reacción fuera de control, colisión, etc.), pero una de las causas más frecuentes es la acción del fuego sobre un recipiente.

Se deben dar tres condiciones necesarias para la producción de este fenómeno:

1. Tiene que tratarse de un gas licuado o un líquido sobrecalentado y a presión.

2. Que se produzca una súbita baja de presión en el interior del recipiente, esta condición puede ser originada por impactos, rotura o fisura del recipiente, actuación de un disco de ruptura o válvula de alivio con diseño inadecuado.
3. También es necesario que se den condiciones de presión y temperatura a los efectos que se pueda producir el fenómeno de nucleación espontánea, con esta condición se origina una evaporación de toda la masa del líquido en forma de flash rapidísima, generada por la rotura del equilibrio del líquido como consecuencia del sobrecalentamiento del líquido o gas licuado.

1. Líquido sobrecalentado y bajo presión.

Los gases licuados se deben encontrar a una temperatura "bastante superior" a la que se encontraba si estuviese a presión atmosférica normal (1 Atm) no es suficiente que se encuentre a unos pocos grados por encima de su temperatura ya que esta es una condición bastante común en la mayoría de los gases licuados (GLP, Amoníaco, Cloro), algunos criogénicos (CO₂, Nitrógeno, etc.).

También ocurre con los líquidos que se encuentran por encima de su temperatura de ebullición, cuando los recipientes que los contienen entran en contacto con fuentes de calor y estando bien cerrados aumentan su presión, este es un caso muy común en ciertos incendios donde la intensidad del mismo involucra recipientes que se encuentren en el lugar.

Por tales motivos dos grandes categorías de productos pueden ocasionar **BLEVES** como:

- I. Todos los gases licuados almacenados a temperatura ambiente inflamables o no.
- II. Los líquidos que accidentalmente entran en contacto con fuentes de calor.

Conforme a lo desarrollado para que exista una **BLEVE** la primera condición esencial pero no suficiente es el sobrecalentamiento de los gases licuados o los líquidos, pero también es necesario que se encuentren a presión y en el caso de los líquidos que no se almacenan presurizados, esta condición de presión es debido a su aumento cuando accidentalmente se calienta.

2. Súbita de baja presión.

La segunda condición necesaria pero no suficiente es que dentro del recipiente que contiene el líquido se produzca un súbito descenso de la presión.

Cualquier problema de colapso estructural del recipiente, fisura u oquedad que pueden ser producidas por causas mecánicas, grietas en las chapas del tanque, impactos, choque o vuelcos de la cisterna bajo presión en su transporte.

Es importante aclarar que esto no ocurriría con los líquidos inflamables y combustibles que no están presurizados, luego del colapso por fallas mecánicas, choques o impactos a lo sumo se produciría el derrame del producto.

También puede producirse una BLEVE por causas térmicas, la resistencia del acero al carbono disminuye gradualmente al aumentar la temperatura por encima de los 204°C, los datos se basan en aceros con bajo contenido de carbono no obstante las curvas varían en el caso de otros aceros, pero el efecto de pérdida de resistencia es relativamente similar con el aumento de temperatura en los metales comunes inclusive a temperaturas no tan críticas como las que desarrolla un incendio, en el caso de los aceros utilizados comúnmente en la construcción de tanques pueden colapsar a presiones de 14 a 20 Kg/cm², por calentamiento de la chapa entre los 650 a 700 °C, debido a que la resistencia se reduce un 30% comparativamente a temperaturas normales.

3. Nucleación espontánea.

Es importante resaltar que referente a la teoría de R.C. REID y KING sobre la nucleación espontánea, aunque todavía se continúan las experimentaciones parece confirmar dichas hipótesis.

Esta es la tercera y más específica condición para que ocurra una explosión BLEVE, una evaporación en masa tipo flash en milésimas de segundo que haga de desencadenante para el fenómeno.

Este podría ser el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión en el almacenamiento de la MRU en los 93 cilindros con la capacidad al 90%.

VII.2 Análisis detallado de consecuencias

Se entiende por análisis de consecuencias la evaluación cuantitativa de la evolución espacial y temporal de las variables físicas representativas de los fenómenos peligrosos en los que intervienen sustancias peligrosas, y sus posibles efectos sobre las personas, el medio ambiente y los bienes, con el fin de estimar la naturaleza y magnitud del daño.

El Análisis de Consecuencias (AC) de incendios, explosiones y nubes tóxicas es una metodología de Análisis de Riesgos que permite estimar la medida de los efectos esperados de la ocurrencia de un evento potencialmente peligroso.

Mediante el AC permite estimar los posibles daños debido a la pérdida de control sobre sustancias peligrosas.

Los diversos tipos de accidentes graves a considerar en las instalaciones en las que haya sustancias peligrosas, pueden producir determinados fenómenos peligrosos para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales:

- Fenómenos de tipo mecánico: ondas de presión y proyectiles
- Fenómenos de tipo térmico: radiación térmica
- Fenómenos de tipo químico: fugas o derrames incontrolados de sustancias tóxicas o contaminantes.

VII.2.1 Criterios para determinar la duración de una fuga

Esencialmente, podemos decir que los daños o efectos antes citados pueden ser mayores o menores dependiendo del tiempo al que se exponga a este nivel de energía, principalmente en lo que se refiere a la radiación térmica; y en el caso de la explosión (sobrepresión) la duración de una fuga, determina la cantidad de masa que se libera de la sustancia y por tanto las dimensiones de la explosión y sus ondas de sobrepresión.

Existe otro parámetro que determina la cantidad de masa que se libera en una fuga, el diámetro del orificio o poro, o falla de instrumento o accesorio de seguridad, y para el cual también se han establecido rangos que están en función de equipo o dispositivo de seguridad con que cuenta la “MRU Coyoil” que se analiza.

A continuación, se citan los criterios para estos dos parámetros.

VII.2.1.1 Criterios de tiempo de duración de las fugas

Se tomaron los criterios de tiempo recomendados por el “Guidelines for Quantitative Risk Assessment” CPR18E (Purple book ed. 1999) de TNO y se indican en la siguiente tabla.

Tabla VII-4 Criterios para Asignar Tiempos de Duración de las Fugas

Situación	Duración de la fuga de escape	
	Ruptura total	Ruptura parcial
Válvula operada remotamente y existencia de detectores.	2 minutos	5 minutos
Válvula manual y existencia de detectores.	5 minutos	10 minutos
Válvula operada remotamente sin detectores.	5 minutos	10 minutos
Válvula manual sin detectores.	10 minutos	20 minutos

VII.2.1.2 Determinación de los orificios equivalentes de fuga

De acuerdo al “Risk management program guidance for offsite consequence analysis” los cuales se describen a continuación:

- Para tuberías de diámetro mayor o igual a 6” se consideró un orificio de fuga con un diámetro equivalente al 20 % de la sección transversal de la propia tubería.
- Para tuberías de diámetro inferior a 6” se ha postulado la ruptura total de la línea.

Por su parte PEMEX en el procedimiento **DCO-GDOESSSPA-CT-001 Rev.0** señala que, para el caso de líneas de proceso, ductos, bridas, sellos o empaquetaduras en válvulas de proceso, debe utilizarse el Diámetro Equivalente de Fuga (**DEF**) y podrán utilizarse los siguientes criterios según sea el caso (alterno o más probable).

Tabla VII-5. Criterios para utilizar el diámetro equivalente de fuga

Diámetro equivalente de fuga (DEF)			
Para el caso alterno:	Líneas de proceso: $\frac{3}{4}'' \leq DN \leq 2''$	DEF=1.00 veces del diámetro nominal (DN) de la línea de proceso.	
	Líneas de proceso: $2'' \leq DN \leq 4''$	DEF=0.30 veces del diámetro nominal (DN) de la línea de proceso.	
	Líneas de proceso o ductos de transporte: $6'' \leq DN$	DEF=0.20 veces del diámetro nominal (DN) de la línea de proceso.	
	Bridas	Según el diámetro de la línea de proceso, aplican los criterios anteriores [1.0* (DN), 0.3* (DN) Y 0.2 (DN)]	
	Sellos mecánicos en equipo rotatorio de proceso.	Para todos los tamaños de flechas, DEF = Calcularlo con el 100% del área anular.	
	Sellos o empaquetaduras en válvulas de proceso.	Para todos los tamaños de vástagos. DEF = Calcularlo con el 100% del área anular.	
	El DEF en el cuerpo de un recipiente, será aquel que sea determinado por el Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgo.		
Para el caso más probable:	Líneas de proceso: $\frac{3}{4}'' \leq DN \leq 2''$	DEF=0.20 veces del diámetro nominal (DN) de la línea de proceso.	
	Líneas de proceso o ductos: $2'' < DN \leq 4''$	DEF=0.6" [por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en soldadura]	
	Líneas de proceso o ductos o ductos: $6'' \leq DN$	DEF=0.75" para DN de 6" a 14". DEF=1.25" para DN de 6" a 24". DEF=2.0" para DN mayores de 30" [Por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en soldadura].	
	Bridas	Aplican los mismos criterios de las líneas de proceso para los casos más probables.	
	Sellos mecánicos en equipo rotatorio de proceso. Empaquetaduras en válvulas de proceso.	DEF = Calcularlo con el 40% del área anular que resulte.	
	El DEF en el cuerpo de un recipiente, será aquel que sea determinado por el Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgo.		

VII.2.2 Condiciones atmosféricas

De acuerdo a la ubicación de la “MRU) Coyoil” las variables atmosféricas a considerar son:

- Velocidad del viento: 5.4 m/s
- Dirección del viento: NNE
- Temperatura: 17°C
- Humedad relativa: 11%
- Hora: Se considerará que los eventos ocurrirán durante la noche, a las 20 hrs.
- Rugosidad del terreno: Se utilizó la opción urbano o bosque, aunque por el tipo de sustancia no tiene efecto significativo en el resultado.
- Estabilidad atmosférica Tipo F

VII.2.3 Estabilidad Atmosférica

La estabilidad atmosférica describe la tendencia de la mezcla en la atmosfera entre aire y un contaminante debida a la generación de turbulencia por fuerzas naturales (Woodward, 1998), indica la tendencia de que un paquete de aire se mueva hacia arriba o hacia abajo verticalmente después de haber sido desplazado por una pequeña cantidad de aire o algún contaminante (Hanna, 1982 visto en Woodward, 1998). El esquema más reconocido y utilizado para cuantificar la estabilidad atmosférica es el propuesto por Pasquill y Gifford. Dicho esquema clasifica la estabilidad ambiente utilizando letras de la A la G, cada letra resume el comportamiento de la mezcla en la atmosfera bajo distintas condiciones.

Tabla VII-6. Estabilidad atmosférica

Estabilidad Atmosférica según el esquema Pasquill Gifford			
Estabilidad Pasquill-Gifford	Descripción	Tiempo y clima	Velocidad del viento [m/s]
F	Muy Estable	Noche	< 3
E	Estable	↓	2 a 4
D	Neutral	Nublado o con viento	Cualquiera
B o C	Inestable	↓	2 a 6
A	Muy inestable	Soleado	< 3

Fuente: Center of Chemical Process Safety, 1996, O. 16, tabla 3

De acuerdo a lo anterior y en base a las condiciones climáticas del sitio en donde se ubica la “MRU Coyol”, la estabilidad atmosférica se considerará Tipo F, este nos permitirá agregar al modelo de simulación valores bajo los cuales se generen escenarios en condiciones que favorezcan la acumulación del gas.

VII.2.4 Zonas de afectación por los modelos a emplear

A fin de determinar los radios de afectación, se considerarán los siguientes parámetros:

La siguiente tabla muestra los valores umbrales de referencia adoptados en este estudio para una radiación térmica, sobrepresión y dispersión tóxica sobre personas.

Tabla VII-7. Parámetros para la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo.

	Zona de Alto Riesgo por daño a equipos	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
Toxicidad (Concentración)	---	---	TLV (8 h, TWA) 1000 ppm
Inflamabilidad (Radiación térmica)	Rango de 12.5 kW/m ² a 37.5 kW/m ²	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
Explosividad (Sobrepresión)	Rango de 3 lb/in ² a 10 lb/in ²	1.0 lb/in ² (0.070 kg/cm ²)	0.5 lb/in ² (0.035 kg/cm ²)

VII.2.5 Resultados de la modelación de eventos

Los reportes de simulación de eventos y diagramas de pétalos se incluyen en el **Anexo D**.

Tabla VII-8. Resumen de los resultados de radios de afectación de los escenarios de riesgo escenarios de riesgo de la "MRU Coyal".

Escenario de Riesgo	Radiación Térmica (kW/m ²)			Sobrepresión psi			
	Tipo	Criterio			Criterio		
		Amortiguamiento	Alto riesgo	Alto riesgo por daño a equipos	Amortiguamiento	Alto riesgo	Alto riesgo por daño a equipos
		1.4	5.0	37.5	0.5	1.0	3.0
<p>Escenario 1 Incendio por fuga en tubería de entrada al compresor, debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento (masa a fugar 39.96 kg en 10 minutos, considerando un caudal del compresor de 400 m³/h promedio)</p> <p>Más probable, menos catastrófico</p> <p>Referencia ¿QPS? 1.3.1.3, 1.4.1.2</p>	Jet fire	134.98	73.40	27.97	---	---	---
<p>Escenario 2 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (diámetro de orificio de fuga = 0.03 m)</p> <p>Más probable, menos catastrófico</p> <p>Referencia ¿QPS? 2.2.1.2, 2.3.1.2.</p>	Jet fire	93.36	50.65	18.92	---	---	---
<p>Escenario 3 Explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (capacidad de almacenamiento al 90% = 2,897.64 kg: 1 MRU y 5,795.28 kg: 2 MRU's). Peor caso</p> <p>Más catastrófico, menos probable</p> <p>Referencia ¿QPS? 2.2.1.3, 2.3.1.3</p>	---	---	---	---	377.37	222.00	97.25
<p>Escenario 4 Incendio por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 2.22 kg/s, considerando que por cada MRU se tienen dos mangueras independientes para abastecer un par de vehículos simultáneamente a 70 kg/min @ 250 bar).</p> <p>Más probable, menos catastrófico</p> <p>Referencia ¿QPS? 3.1.1.2, 3.2.1.2.</p>	Jet fire	33.84	18.38	6.79	---	---	---
<p>Escenario 5 Explosión por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido Válvula manual abierta por falla mecánica / Mal enroscado de la válvula al recipiente del vehículo automotor masa a fugar 2.22 kg/s, considerando que por cada MRU se tienen dos mangueras independientes para abastecer un par de vehículos simultáneamente a 70 kg/min @ 250 bar).</p> <p>Más catastrófico, menos probable</p> <p>Referencia ¿QPS? 3.2.1.3, 3.4.1.3</p>	---	---	---	---	27.41	16.12	7.06

Tabla VII-8. Resumen de los resultados de radios de afectación de los escenarios de riesgo escenarios de riesgo de la “MRU Coyol”.

Escenario de Riesgo	Radiación Térmica (kW/m ²)			Sobrepresión psi			
	Tipo	Criterio			Criterio		
		Amortiguamiento	Alto riesgo	Alto riesgo por daño a equipos	Amortiguamiento	Alto riesgo	Alto riesgo por daño a equipos
	1.4	5.0	37.5	0.5	1.0	3.0	
Escenario 6 Incendio en MRU (Llegada de MRU a patio de la Instalación) debido a daño estructural al momento de estacionarlas /no inmovilización /conexión deficiente para el despacho de GNC / falla el panel de prioridades / desconocimiento de operación / falta de mantenimiento (considerando las 2 MRU's = 5,795.28 kg al 90%) Más Más catastrófico, menos probable Referencia ¿QPS? 4.1.1.2, 4.2.1.2, 4.2.2.2, 4.3.1.3, 4.4.1.3, 4.4.2.3, 4.4.3.3, 4.4.4.3, 4.5.1.4, 4.6.1.1	Jet fire	1460.73	794.38	302.90	---	---	---
Escenario 7 Explosión en MRU (Llegada de MRU a patio de la Instalación) debido a daño estructural al momento de estacionarlas /no inmovilización /conexión deficiente para el despacho de GNC / falla el panel de prioridades / desconocimiento de operación / falta de mantenimiento (considerando las 2 MRU's = 5,795.28 kg al 90%) Más catastrófico, menos probable Referencia ¿QPS? 4.4.1.4, 4.4.2.4, 4.4.3.4, 4.4.4.4, 4.6.1.2	---	---	---	---	377.37	222.00	97.25

Con base a los resultados obtenidos de las simulaciones para determinar la vulnerabilidad de las instalaciones y alrededores, se cruzó la información de los radios de afectación resultado de los modelos con el inventario de equipos y sitios sensibles o estratégicos de interés. Mediante la comparación de las distancias de estos puntos a la zona caliente o zero de los eventos modelados, se construyó un sistema de semáforo que indica su susceptibilidad a ser afectado, identificando para cada radio de afectación la infraestructura o zona que se vería afectada de la propia “MRU Coyol” y de los puntos o sitios de interés cercanos.

Los efectos observados para los niveles de radiación térmica y sobrepresión son los siguientes:

- **Radiación térmica**
 - Zona de amortiguamiento a 1.4 kW/m²: Puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal), se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial. En general se

considera que no hay dolor – sea cual sea el tiempo de exposición - con flujos térmicos inferiores a 1.7 kW/m² (mínimo necesario para causar dolor).

- Zona de alto riesgo a 5 kW/m²: Zona de intervención con un tiempo máximo de exposición de 3 minutos. Máximo soportable por personas protegidas con trajes especiales y tiempo limitado. El tiempo necesario para sentir dolor (piel desnuda) es aproximadamente de 13 segundos, y con 40 segundos pueden producirse quemaduras de segundo grado. Cuando la temperatura de la piel llega hasta 55 °C aparecen ampollas.
- Zona de alto riesgo por daño a equipos a 37.5 kW/m²: Suficiente para causar daños a equipos de proceso, colapso de estructuras. Efecto domino
- **Sobrepresión**
 - Zona de amortiguamiento a 0.5 psi: Daño a ventanas pequeñas y grandes.
 - Zona de alto riesgo a 1 psi: Demolición parcial de casas (tal que son inhabitables).
 - Zona de alto riesgo por daño a equipos a 3 psi: Daños a edificios con estructura metálica, equipo pesado sufre poco daño. / Ruptura de tanques de almacenamiento. Efecto domino.

Se cuenta con los siguientes dispositivos de seguridad para minimizar dichos eventos y poder así administrarlos y no sucedan es por eso que se centra básicamente todos sus esfuerzos en la prevención, de ahí que, desde su concepción e instalación, tiene previsto la incorporación de dispositivos de seguridad que previenen y evitan una fuga, explosión o conato de incendio, tales como:

- Válvulas de cierre neumático y control remoto desde el panel de control
- Excesos de flujo y separación con cierre hermético y automático. Lo que significa que el equipo está diseñado para la distribución del flujo de acuerdo a las tomas de suministro y válvulas de llenado de cilindros, por lo que, de excederse el volumen suministrado, es decir que este sea mayor al requerido.
- Válvulas pool away de separación automática y cierre hermético. Estos dispositivos tienen por finalidad que en caso de un movimiento o arranque de la unidad estando conectada la manguera, se separará de la toma de suministro o descarga e inmediatamente se cierra la válvula a través de la cual se mantenía el flujo de combustible.
- Equipos acordes a las necesidades, según área, esto es bombas para las tomas de suministro y compresor, los cuales fueron fabricados con los más altos estándares internacionales

Así mismo se mantendrán los dispositivos de seguridad tanto como extintores portátiles como estacionarios de una manera que siempre estén a la mejor disposición y que el personal operativo usarán en caso de una emergencia. Así como el Programa de capacitación en las actividades técnicas, operativas y de emergencia que se realicen en la "**MRU Coyol**".

VIII. INTERACCIONES DE RIESGOS AL INTERIOR Y AL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN

El análisis de interacciones se desarrolla realizando un matriz para cada escenario de riesgo simulado e identificando para cada radio de afectación la infraestructura o zona que se vería afectada al interior y exterior de la "**MRU Coyol**", para cada uno de los receptores de riesgo: Personal, Población, Ambiente, Producción e Instalación, se muestra a continuación:

Tabla VIII-1. Interacciones de riesgo

Interacciones de Riesgo							Medidas Preventivas
Por efectos de radiación térmica			Por efectos por sobrepresión				
Tipo	Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)	Alto Riesgo (5 kW/m ²)	Alto Riesgo por Daño a equipos (37.5 kW/m ²)	Amortiguamiento (0.5 psi)	Alto Riesgo (1 psi)	Alto Riesgo por Daño a equipos (3 psi)	
Escenario 1. Incendio por fuga en tubería de entrada al compresor, debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento (masa a fugar 39.96 kg en 10 minutos, considerando un caudal del compresor de 400 m3/h promedio)							
Jet Fire	134.98	73.40	27.97	---	---	---	<ul style="list-style-type: none"> El sistema de gas incluye válvulas de bola con actuador neumático y válvula de cierre manual. Cada línea de suministro del compresor es monitorizada por un transductor de presión Los valores de presión leídos por los transductores y los ajustes relativos de alarma se muestran en la pantalla del PLC en el armario de control. "Sistema Contraincendio (extintores) Plan de Respuesta a Emergencia (PRE)"
	Personal: No se presentan molestias con exposición por tiempo indefinido a este nivel, ya que equivale a la intensidad del sol de verano a medio día	Personal: Sale ligeramente de la instalación, el personal puede realizar acciones de emergencia con ropa apropiada.	Personal: En caso de existir personal habría consecuencias de incapacidad por quemaduras graves.	Personal: ---	Personal: ---	Personal: ---	
	Población: Sin afectaciones	Población: Ruidos, olores e impacto visual imperceptibles	Población: No existen afectaciones ya que se controla al interior de la instalación	Población: ---	Población: ---	Población: ---	
	Ambiente: Sin afectaciones	Ambiente: Sin afectación a la zona ambiental ni a comunidades	Ambiente: Humos producidos por la quema de GNC y materiales de los equipos de proceso.	Ambiente: ---	Ambiente: ---	Ambiente: ---	
Producción/ Instalación: Sin afectaciones	Producción/ Instalación: Sin afectaciones	Producción/ Instalación: Daños a equipos de proceso: MRU's y SKID's.	Producción/ Instalación: ---	Producción/ Instalación: ---	Producción/ Instalación: ---		

Tabla VIII-1. Interacciones de riesgo

Interacciones de Riesgo							Medidas Preventivas
Por efectos de radiación térmica			Por efectos por sobrepresión				
Tipo	Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)	Alto Riesgo (5 kW/m ²)	Alto Riesgo por Daño a equipos (37.5 kW/m ²)	Amortiguamiento (0.5 psi)	Alto Riesgo (1 psi)	Alto Riesgo por Daño a equipos (3 psi)	
Escenario 2. Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (diámetro de orificio de fuga = 0.03 m)							
Jet Fire	18.92	50.65	93.36	---	---	---	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento operativo • Personal capacitado • El sistema de gas • "Sistema Contra incendio (extintores) • Plan de Respuesta a Emergencia (PRE)"
	Personal: No se presentan molestias con exposición por tiempo indefinido a este nivel, ya que equivale a la intensidad del sol de verano a medio día	Personal: Sale ligeramente de la instalación, el personal puede realizar acciones de emergencia con ropa apropiada.	Personal: En caso de existir personal habría consecuencias de incapacidad por quemaduras graves.	Personal: ---	Personal: ---	Personal: ---	
	Población: Sin afectaciones	Población: Ruidos, olores e impacto visual imperceptibles	Población: No existen afectaciones ya que se controla al interior de la instalación	Población: ---	Población: ---	Población: ---	
	Ambiente: Sin afectaciones	Ambiente: Sin afectación a la zona ambiental ni a comunidades	Ambiente: Humos producidos por la quema de GNC y materiales de los equipos de proceso.	Ambiente: ---	Ambiente: ---	Ambiente: ---	
Producción/ Instalación: Sin afectaciones	Producción/ Instalación: Sin afectaciones	Producción/ Instalación: Daños a equipos de proceso: MRU's y SKID's.	Producción/ Instalación: ---	Producción/ Instalación: ---	Producción/ Instalación: ---		

Tabla VIII-1. Interacciones de riesgo

Interacciones de Riesgo							Medidas Preventivas
Por efectos de radiación térmica			Por efectos por sobrepresión				
Tipo	Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)	Alto Riesgo (5 kW/m ²)	Alto Riesgo por Daño a equipos (37.5 kW/m ²)	Amortiguamiento (0.5 psi)	Alto Riesgo (1 psi)	Alto Riesgo por Daño a equipos (3 psi)	
Escenario 3 Explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (capacidad de almacenamiento al 90% = 2,897.64 kg: 1 MRU y 5,795.28 kg: 2 MRU's). Peor caso							
Sobrepresión	---	---	---	377.37	222.00	97.25	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento operativo • Personal capacitado • El sistema de gas • "Sistema Contra incendio (extintores) • Plan de Respuesta a Emergencia (PRE)"
	Personal: ---	Personal: ---	Personal: ---	Personal: Heridas o daños físicos que se atienden con primeros auxilios	Personal: Heridas o daños físicos que generan incapacidad médica	Personal: En caso de existir personal habría consecuencias por fatalidades	
	Población: ---	Población: ---	Población: ---	Población: Sin afectaciones	Población: En caso de existir personas circundantes al área de la MRU Coyoil habría consecuencias por daños físicos que generan incapacidad médica	Población: En caso de existir clientes habría consecuencias por fatalidades	
	Ambiente: ---	Ambiente: ---	Ambiente: ---	Ambiente: Sin afectaciones	Ambiente: Humos producidos por la quema de GNC y materiales de los equipos de proceso.	Ambiente: Humos producidos por la quema de GNC y materiales de los equipos de proceso.	
	Producción/ Instalación: ---	Producción/ Instalación: ---	Producción/ Instalación: ---	Producción/ Instalación: Daño a ventanas de oficinas y caseta de vigilancia.	Producción/ Instalación: Todas las áreas operativas y administrativas en sus estructuras de concreto y techumbres	Producción/ Instalación: Daños a equipos de proceso: MRU's y SKID's	

Tabla VIII-1. Interacciones de riesgo

Interacciones de Riesgo							Medidas Preventivas
Por efectos de radiación térmica			Por efectos por sobrepresión				
Tipo	Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)	Alto Riesgo (5 kW/m ²)	Alto Riesgo por Daño a equipos (37.5 kW/m ²)	Amortiguamiento (0.5 psi)	Alto Riesgo (1 psi)	Alto Riesgo por Daño a equipos (3 psi)	
Escenario 4. Incendio por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 2.22 kg/s, considerando que por cada MRU se tienen dos mangueras independientes para abastecer un par de vehículos simultáneamente a 70 kg/min @ 250 bar).							
Jet Fire	33.84	18.33	6.79	---	---	---	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento operativo • Personal capacitado • El sistema de gas • "Sistema Contra incendio (extintores) • Plan de Respuesta a Emergencia (PRE)"
	Personal: No se presentan molestias con exposición por tiempo indefinido a este nivel, ya que equivale a la intensidad del sol de verano a medio día	Personal: Sale ligeramente de la instalación, el personal puede realizar acciones de emergencia con ropa apropiada.	Personal: En caso de existir personal habría consecuencias de incapacidad por quemaduras graves.	Personal: ---	Personal: ---	Personal: ---	
	Población: Sin afectaciones	Población: Ruidos, olores e impacto visual imperceptibles	Población: No existen afectaciones ya que se controla al interior de la instalación	Población: ---	Población: ---	Población: ---	
	Ambiente: Sin afectaciones	Ambiente: Sin afectación a la zona ambiental ni a comunidades	Ambiente: Humos producidos por la quema de GNC y materiales de los equipos de proceso.	Ambiente: ---	Ambiente: ---	Ambiente: ---	
Producción/ Instalación: Sin afectaciones	Producción/ Instalación: Sin afectaciones	Producción/ Instalación: Daños a equipos de proceso: MRU's y SKID's.	Producción/ Instalación: ---	Producción/ Instalación: ---	Producción/ Instalación: ---		

Tabla VIII-1. Interacciones de riesgo

Interacciones de Riesgo							Medidas Preventivas
Por efectos de radiación térmica			Por efectos por sobrepresión				
Tipo	Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)	Alto Riesgo (5 kW/m ²)	Alto Riesgo por Daño a equipos (37.5 kW/m ²)	Amortiguamiento (0.5 psi)	Alto Riesgo (1 psi)	Alto Riesgo por Daño a equipos (3 psi)	
<p>Escenario 5. Explosión por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido Válvula manual abierta por falla mecánica / Mal enroscado de la válvula al recipiente del vehículo automotor masa a fugar 2.22 kg/s, considerando que por cada MRU se tienen dos mangueras independientes para abastecer un par de vehículos simultáneamente a 70 kg/min @ 250 bar).</p>							
Sobrepresión	---	---	---	27.41	16.12	7.06	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento operativo • Personal capacitado • El sistema de gas • "Sistema Contra incendio (extintores) • Plan de Respuesta a Emergencia (PRE)"
	Personal: ---	Personal: ---	Personal: ---	Personal: Heridas o daños físicos que se atienden con primeros auxilios	Personal: Heridas o daños físicos que generan incapacidad médica	Personal: En caso de existir personal habría consecuencias por fatalidades	
	Población: ---	Población: ---	Población: ---	Población: Sin afectaciones	Población: En caso de existir personas circundantes al área de la MRU Coyol habría consecuencias por daños físicos que generan incapacidad médica	Población: En caso de existir clientes habría consecuencias por fatalidades	
	Ambiente: ---	Ambiente: ---	Ambiente: ---	Ambiente: Sin afectaciones	Ambiente: Humos producidos por la quema de GNC y materiales de los equipos de proceso.	Ambiente: Humos producidos por la quema de GNC y materiales de los equipos de proceso.	
	Producción/ Instalación: ---	Producción/ Instalación: ---	Producción/ Instalación: ---	Producción/ Instalación: Daño a ventanas de oficinas y caseta de vigilancia.	Producción/ Instalación: Todas las áreas operativas y administrativas en sus estructuras de concreto y techumbres	Producción/ Instalación: Daños a equipos de proceso: MRU's y SKID's	

Tabla VIII-1. Interacciones de riesgo

Interacciones de Riesgo							Medidas Preventivas
Por efectos de radiación térmica			Por efectos por sobrepresión				
Tipo	Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)	Alto Riesgo (5 kW/m ²)	Alto Riesgo por Daño a equipos (37.5 kW/m ²)	Amortiguamiento (0.5 psi)	Alto Riesgo (1 psi)	Alto Riesgo por Daño a equipos (3 psi)	
Escenario 6 Incendio en MRU (Llegada de MRU a patio de la Instalación) debido a daño estructural al momento de estacionarlas /no inmovilización /conexión deficiente para el despacho de GNC / falla el panel de prioridades / desconocimiento de operación / falta de mantenimiento (considerando las 2 MRU's = 5,795.28 kg al 90%)							
Jet Fire	1460.73	794.38	302.90	---	---	---	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento operativo • Personal capacitado • El sistema de gas • "Sistema Contra incendio (extintores) • Plan de Respuesta a Emergencia (PRE)"
	Personal: No se presentan molestias con exposición por tiempo indefinido a este nivel, ya que equivale a la intensidad del sol de verano a medio día	Personal: Sale de la instalación, el personal puede realizar acciones de emergencia con ropa apropiada.	Personal: En caso de existir personal habría consecuencias de incapacidad por quemaduras graves.	Personal: ---	Personal: ---	Personal: ---	
	Población: Sin afectaciones	Población: Ruidos, olores e impacto visual imperceptibles	Población: Ruidos, olores e impacto visual imperceptibles	Población: ---	Población: ---	Población: ---	
	Ambiente: Sin afectaciones	Ambiente: Sin afectación a la zona ambiental ni a comunidades	Ambiente: Humos producidos por la quema de GNC y materiales de los equipos de proceso.	Ambiente: ---	Ambiente: ---	Ambiente: ---	
Producción/ Instalación: Sin afectaciones	Producción/ Instalación: Sin afectaciones	Producción/ Instalación: Daños a equipos de proceso, alcanzando: MRU's y SKID's.	Producción/ Instalación: ---	Producción/ Instalación: ---	Producción/ Instalación: ---		

Tabla VIII-1. Interacciones de riesgo

Interacciones de Riesgo							Medidas Preventivas
Por efectos de radiación térmica			Por efectos por sobrepresión			Tipo	
Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)	Alto Riesgo (5 kW/m ²)	Alto Riesgo por Daño a equipos (37.5 kW/m ²)	Amortiguamiento (0.5 psi)	Alto Riesgo (1 psi)	Alto Riesgo por Daño a equipos (3 psi)		
Escenario 7 Explosión en MRU (Llegada de MRU a patio de la Instalación) debido a daño estructural al momento de estacionarlas /no inmovilización /conexión deficiente para el despacho de GNC / falla el panel de prioridades / desconocimiento de operación / falta de mantenimiento (considerando las 2 MRU's = 5,795.28 kg al 90%)							
Sobrepresión	---	---	---	377.37	222.00	97.25	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento operativo • Personal capacitado • El sistema de gas • "Sistema Contra incendio (extintores) • Plan de Respuesta a Emergencia (PRE)"
	Personal: ---	Personal: ---	Personal: ---	Personal: Heridas o daños físicos que se atienden con primeros auxilios	Personal: Heridas o daños físicos que generan incapacidad médica	Personal: En caso de existir personal habría consecuencias por fatalidades	
	Población: ---	Población: ---	Población: ---	Población: Sin afectaciones	Población: En caso de existir personas circundantes al área de la MRU Coyoil habría consecuencias por daños físicos que generan incapacidad médica	Población: En caso de existir clientes habría consecuencias por fatalidades	
	Ambiente: ---	Ambiente: ---	Ambiente: ---	Ambiente: Sin afectaciones	Ambiente: Humos producidos por la quema de GNC y materiales de los equipos de proceso.	Ambiente: Humos producidos por la quema de GNC y materiales de los equipos de proceso.	
	Producción/ Instalación: ---	Producción/ Instalación: ---	Producción/ Instalación: ---	Producción/ Instalación: Daño a ventanas de oficinas y caseta de vigilancia.	Producción/ Instalación: Todas las áreas operativas y administrativas en sus estructuras de concreto y techumbres	Producción/ Instalación: Daños a equipos de proceso: MRU's y SKID's	

VIII.1 Sitios de interés cercanos a la “MRU Coyol”

La “**MRU Coyol**”, ubicada en Avenida Oriente 157 esquina con Eje 3 Oriente (Avenida Ingeniero Eduardo Molina) sin Número, Col. El Coyol, Alcaldía Gustavo A. Madero, C.P. 07420, CDMX, propiedad de **Combustibles Ecológicos Mexicanos, S.A. de C.V.** En un radio de 500 m, se encuentra dentro de zona urbana, contando con los siguientes giros: servicio de transporte, centro comercial, restaurantes, servicio eléctrico, abarrotes, escuelas, ferreterías, oficinas, unidades habitacionales, etc., los cuales se ven afectados en algunas de las simulaciones realizadas. En la Tabla VIII.2 e imagen VIII.10 se indican los giros o actividades desarrolladas por terceros en torno a la “**MRU Coyol**” son los siguientes:

Tabla VIII-2. Giros y/o actividades que se desarrollan en el entorno de la “MRU Coyol”

Razón social	Giro	Distancia* (m)
Patio Metrobus Coyol	Servicio de transporte	51
CDT Chedraui Eduardo Molina	Centro Comercial	52
Toks Eduardo Molina	Restaurante	64
CHEBA	Bar	100
Taquería Arandas	Taquería	120
CENFES	Centro para el Fomento de la Educación y Salud de los Operarios del Transporte Público	160
Burger King	Restaurante	170
Servicio Eléctrico Automotriz	Automotriz	200
Puga Burger	Restaurante	220
Gas natural fenosa	Servicio de distribución	489.20
Tarjetas para toda ocasión	Imprenta	491.54
Club de cruceros internacional	Estancia de granjas	484.55
Cochinita jarocha	Restaurante	470.95
Cremería	Tienda de abarrotes	464.68
Las espadas de los primos	Restaurante	431.84
Logitel	Teléfono público	416.69
Abarrotes los 3 gallos	Tienda de abarrotes	372.76
Tamales quiroga	Tienda de tamales	329.55
Escuela primaria “Tezozomoc”	Educación	451.13
Jardín de Niños “República de Uruguay”	Educación	448.34
Sppeddy ingeering biker	Taller de reparación de motos	438.25
SPAR	Agencia de marketing	399.48
Leeisa Laboratorio y Electrónica Industrial S.A de C.V	Electrónica	350.13
Malla trampolín	Fábrica	329.30
Tornillos y Herramientas	Ferretería	299.30

Tabla VIII-2. Giros y/o actividades que se desarrollan en el entorno de la "MRU Coyol"

Razón social	Giro	Distancia* (m)
Abarrotes Bethel	Tienda de abarrotes	256.43
Farmacia Epsilon	Farmacia	230.89
Servicio Cometa	Taller de reparación de automóviles	199.77
Captación Eduardo Molina del Interceptor Oriente	Oficinas de empresa	131.71
Patio Metrobus Coyol	Oficinas de empresa	60.19
Muebles Molina	Tienda de artículos para el hogar	456.62
Electromecánico Martínez	Taller de reparación de automóviles	486.96
Flex print	Imprenta	434.07
NuMini	Tienda infantil	464.38
La cocina de la sazón	Restaurante	478.08
Publi Mich it	Comercio	468.57
Los amigos	Restaurante	493.35
Quesadillas	Restaurante	470.25
Parroquia de Santa Irene Virgen y Mártir	Iglesia	357.08
Papelería Tere	Papelería	333.82
Parrillas 1997	Boutique	288.50
Impresos romero	Imprenta	229.16
Chacharitas Quiquis	Accesorios	188.62
Tienda "As"	Tienda de abarrotes	223.68
Marsie Pizzas	Restaurante	237.36
Farmacias Salud	Farmacias	188.03
Servicios de Administración Jurídicos S.C.	Abogados	249.31
Escuela primaria "Heroica Veracruz"	Educación	455.26
Jardín de niños "Ramona Martínez Arcos"	Educación	360.68
Escuela Secundaria Diurna No. 176	Educación	319.78
Módulo de seguridad 2 "El Coyol"	Oficina de gobierno local	282.03
Distribuidor autorizado de agua Bonafont	Tienda de alimentación	266.99
Artes Rodríguez	Herrería y Aluminio	124.59
HOP México	Gimnasio	212.99
Miscelánea las termitas	Tienda de abarrotes	295.29
La pape	Papelería	281.90
Nimesh Kawinda	Hotel	372.85
SACMEX Hidroneumáticos	Tienda de automóviles	470.26
Escuela Diurna No. 215	Educación	385.47
Escuela primaria "Anastasio Gaona Durán"	Educación	366.87

Tabla VIII-2. Giros y/o actividades que se desarrollan en el entorno de la "MRU Coyol"

Razón social	Giro	Distancia* (m)
Jardín de Niños Organización mundial	Educación	366.76
Unidad Residencial Plaza Oriente	Unidad habitacional	290.71
Centro Comercial "Eduardo Molina"	Centro comercial	128.14
Cenfes AC	Asociación u organización	105.05
Módulo de Bienestar Social Nuevos Horizontes	Centro del cuidado de iguanas "Jesús Razo"	407.15
Abarrotes don Yofo	Tienda de abarrotes	431.38
Partypards	Oficinas de empresas	426.13
Embai	Asesor	467.89
Abarrotes Alicia y Gabriel	Tienda de abarrotes	368.72
La Ventanita del 7	Tienda de abarrotes	324.92
Hamburguesas Maquina de Fuego	Restaurante	377.93
Jugos de Naranja	Restaurante	386.21
Gimnasio Salvador Diaz Mirón	Gimnasio	315.14
Centro deportivo Luiggy	Gimnasio	325.73
Parque recreativo	Parque recreativo	375.13
Gym vital	Gimnasio	482.32
Biomaussan Aragón la Villa	Distribuidor de comestibles	463.14
MB Línea 5	Línea del metro	432.99
Lavado de autos Lalo	Autolavado	407.26
Oxxo	Tienda de abarrotes	408.15
La Suerte Café	Restaurante	404.84
Casa de Oración 5ta. Apostólica	Iglesia	398.29
Multinivel del 3er espacio	Comercio	347.32
Costurera	Costurera	337.94
Tacos el nene	Restaurante	437.14
Ghura	Empresa de software	478.19
Club de nutrición oriente 159	Restaurante	368.56
Taller mecánico y laboratorio Víctor	Taller mecánico	396.50
Salón de fiestas Candy Kids	Salón de fiestas	355.86
Abarrotes los Olivos	Tienda de abarrotes	446.64
Instituto Salvador Días Mirón	Educación	468.08
Escuela primaria Dr. Carlos Bauer	Educación	492.30
Escuela Secundaria diurna No. 146	Educación	396.81
Carpintería y barniz Brena	Carpintería	336.75
Videojuegos MicroTerm	Tienda de videojuegos	220.11
Casa de Adultos mayores	Casa de descanso	217.38
Miscelánea la providencia	Tienda de abarrotes	251.03
Abarrotes el Donis	Tienda de abarrotes	274.08
Cheba	Bar	119.12
Taquería Arandas	Restaurante	124.26
Taquería Don Ampelio	Restaurante	266.74

Tabla VIII-2. Giros y/o actividades que se desarrollan en el entorno de la “MRU Coyol”

Razón social	Giro	Distancia* (m)
Antojitos mexicanos	Restaurante	315.25
Médica integral Dr. Aguilar	Centro médico	281.56
Rincón Oaxaqueño	Restaurante	453.68
Burger mexicano	Restaurante	405.18
Huaraches y quesadillas	Restaurante	493.63
Telmex	Empresa de telefonía	297.44

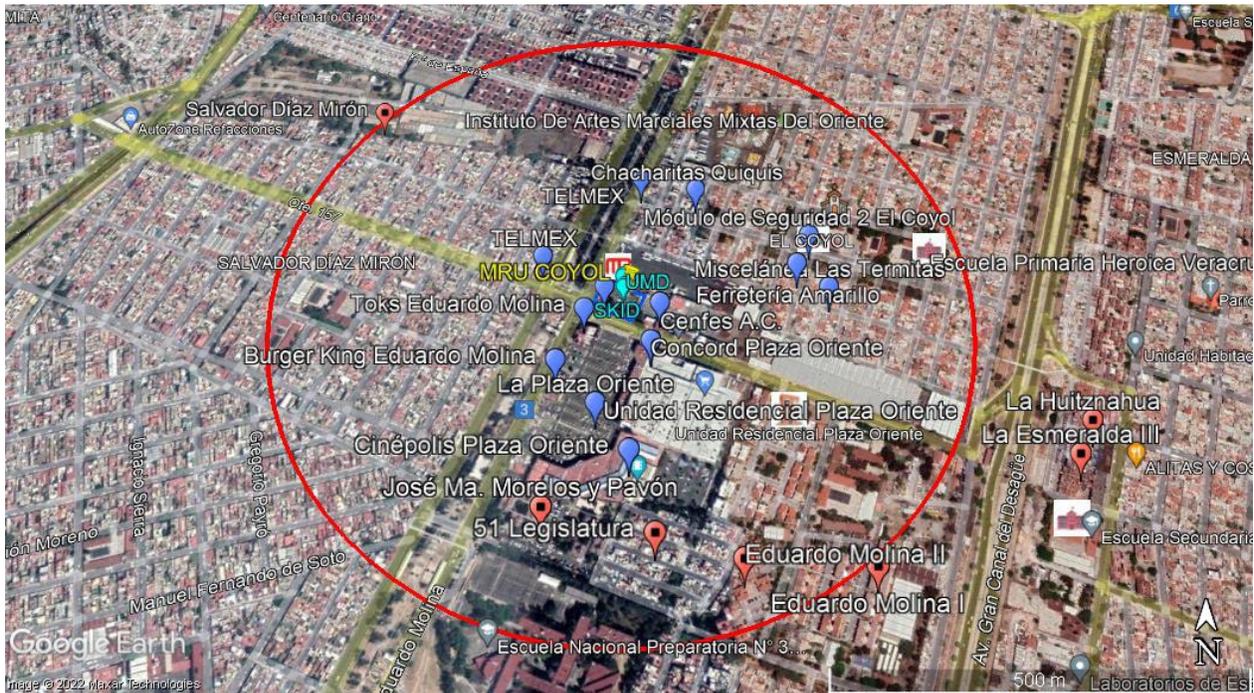


Figura VIII-1. Radio del entorno a 500 m y sitios de interés cercanos a la “MRU Coyol”

Referente a los **componentes ambientales**, cabe mencionar que los radios de afectación no alcanzan áreas naturales protegidas, cruces con ríos, alguna escorrentía o cause, sin embargo, algunos radios de afectación simulados si alcanzan algunas estaciones de servicio y otros servicios cercanos a la “MRU Coyol”.

Después de realizar el análisis de riesgo y seleccionar el evento catastrófico más crítico que puede presentarse, se señalan las áreas y/o instalaciones próximas al proyecto que se encuentran dentro de la zona de alto riesgo: 794.38 m para radiación térmica de 5 kW/m² y 222.00 m para sobrepresión de 1 psi., donde se puede observar que todas las instalaciones circundantes a la “MRU Coyol” serían afectadas por el evento no deseado que pudiera ocurrir, llegando a dañar a las instalaciones cercanas y el medio ambiente (zona urbanizada: servicio de transporte, centro comercial, restaurantes, servicio eléctrico, abarrotes, escuelas, ferreterías, oficinas, unidades habitacionales, etc.) que a estas rodea, así como los autos que en ese momento pasen sobre las vialidades

cercanas (Av. Eduardo Molina, Ote. 57) a la "MRU Coyol" ocasionando la perturbación de la vialidad en la zona, así como interrupción de líneas eléctricas.

La posibilidad de que se produzca un incendio grave se puede reducir al mínimo por medio de un diseño y una disposición adecuada de los servicios de la estación de servicio, la ingeniería correcta con la que fue construida nos permitirá administrar los riesgos que esta actividad conlleva, además la adopción de buenas prácticas de funcionamiento e instrucción y capacitación adecuada del personal en actividades y medidas de rutina que se han de aplicar en casos de emergencia. El diseño de la estación considera los servicios de suministro de agua, equipo de protección contra incendios, además la barda que rodea dicha instalación es de una altura de 2.40 m esto serviría como primera barrera contra cualquier evento ocasionado por la fuga y derivando a un incendio.

El uso de suelo se encuentra completamente urbanizado, que no se tienen elementos físicos naturales desde hace décadas, no es un área de reserva, no es área natural protegida, no se tiene flora o fauna naturales.

VIII.3 Análisis de frecuencias

El análisis detallado de frecuencias de los escenarios de riesgo clasificados como Riesgo Región de Riesgo No tolerable "A" y Región ALARP "B", determinados por la ponderación realizada durante el HAZOP, se realizó cuantitativamente mediante la metodología Análisis de Árboles de Eventos (AAE), considerando las propiedades de independencia, especificidad y efectividad de salvaguardas para ser consideradas funciones de seguridad efectivas y los resultados del análisis (simulación) de consecuencias.

La metodología AAE, evalúa el potencial de un accidente en términos de algún tipo de falla en general de equipo, trastorno del proceso, o errores humanos, al cual se le denomina evento iniciador. Esto es, considera la respuesta de las funciones de seguridad y los operadores cuando se presenta un determinado evento iniciador para determinar las consecuencias potenciales de un accidente. Dichas consecuencias se muestran en forma gráfica plasmando la secuencia del desarrollo de un accidente, esto es la secuencia de eventos considerando el éxito o falla de las funciones de seguridad que precedan a un evento iniciador.

Un Árbol de Eventos es un proceso inductivo que comienza con el evento iniciador y continúa con el desarrollo de las posibles secuencias de eventos que desencadenen un accidente potencial, tomando en cuenta o calificando el éxito o falla de las funciones de seguridad asociada con el progreso de un accidente. De esta forma, proporciona una manera sistemática de registrar las secuencias de un accidente y logra definir las

relaciones entre el evento iniciador y los eventos subsecuentes que ocasionen un accidente.

En forma general, el procedimiento para realizar este tipo de análisis es el siguiente:

- 1) Identificación del evento iniciador. Este puede ser una falla del sistema, falla del equipo o error humano que podría resultar en uno de varios efectos. Estos efectos dependen de la respuesta de los operadores o el sistema.
- 2) Identificación de las funciones de seguridad y acciones de los operadores que tienen que ver con el evento iniciador. Estas funciones de seguridad pueden incluir sistemas que respondan automáticamente al evento; alarmas para alertar a los operadores; y acciones que los operadores tomen para responder a las alarmas que tengan la intención de prevenir los efectos del evento iniciador. Se identifican estas funciones de seguridad en el orden cronológico en que se espera que respondan.
- 3) Construcción del Árbol de Eventos. Primeramente, se comienza con la descripción del evento iniciador en el lado izquierdo del formato, entonces se listan las funciones de seguridad a lo largo de la parte superior del formato en orden cronológico. El siguiente paso consiste en evaluar dichas funciones una por una. Normalmente sólo se consideran dos posibilidades: el éxito o falla de la función de seguridad y se decide si dicha determinación afecta el curso del accidente. En caso afirmativo, el árbol se ramifica y en la trayectoria superior se denotará el éxito de la función y en la inferior la falla de la función. Si la función de seguridad no afecta el curso del accidente se continúa en línea recta hasta la siguiente función de seguridad.
- 4) Descripción de las secuencias de accidente. Las secuencias de accidente son una variedad de diversos resultados que siguen al evento iniciador. Algunas de estas secuencias pueden representar una recuperación de la seguridad y un retorno a las condiciones normales de operación o un paro ordenado.

Aquellas que resulten en falla deben ser analizadas para determinar cómo mejorar las respuestas para el evento en orden para minimizar la probabilidad de falla. Se utiliza la notación de literales con línea cruzada ABC, por ejemplo, para la secuencia de fallas de las funciones de seguridad y literales simples ABC para la secuencia de éxito.

Para determinar las frecuencias de ocurrencia de eventos iniciadores y probabilidades de fallas de las funciones de seguridad se consideran los valores indicados a continuación, toda vez que son una recopilación de diversas fuentes de datos de falla a nivel mundial. Dichos valores han sido utilizados en el presente análisis en combinación o complemento con las categorías de frecuencia asignadas durante el “¿Qué pasa si?” realizado.

En la Tabla VIII-3 se muestran los valores reportados de bibliografía especializada para la frecuencia de ocurrencia de algunos eventos iniciadores.

Tabla VIII-3. Frecuencias de ocurrencia de eventos iniciadores

Evento iniciador	Frecuencia (eventos/año)
Falla residual de tubería-100m-Ruptura	1×10^{-5}
Fuga de tubería (sección 10%)	1×10^{-3}
Falla de tanque atmosférico	1×10^{-3}
Juntas/Empaques	1×10^{-2}
Falla del operador (ejecutando un procedimiento de rutina, asumiendo que está bien entrenado, sin estrés y sin fatiga).	1×10^{-2} por oportunidad
Error durante condición de operación manual	1×10^{-1}
Válvula de bloqueo manual cerrada	1×10^{-1}
Falla de válvula cerrando	1×10^{-1}
Impacto externo	1×10^{-2}
Dren abierto (error humano)	1×10^{-1}
Fuga: dren abierto (error humano)	1×10^{-1}
Taponamiento de filtro	1×10^{-1}
Corrosión	1×10^{-1}
Rayo	1×10^{-3}

Fuente: Layer of Protection Analysis. Simplified Process Risk Assessment, AICHE, CCPs, New York, 2001.

En la Tabla VIII-4 se muestran los valores reportados de bibliografía especializada para Probabilidades de Falla de las funciones de seguridad.

Tabla VIII-4. Probabilidades de falla de funciones de seguridad

Función de seguridad	Frecuencia (eventos/año)
Falla de lazo de control (SBCP)	1×10^{-1}
Falla de válvula de alivio	1×10^{-2}
Disco de ruptura	1×10^{-2}
Arrestador / Detonador de flama	1×10^{-2}

Tabla VIII-4. Probabilidades de falla de funciones de seguridad

Función de seguridad	Frecuencia (eventos/año)
Alarmas con intervención humana	1×10^{-1}
Dique	1×10^{-2}
Sistema de drenaje subterráneo	1×10^{-2}
Venteo abierto (no válvula)	1×10^{-2}
Diseño a prueba de fuego (fireproofing)	1×10^{-2}
Muro contra explosión / Bunker	1×10^{-3}
Diseño inherentemente seguro	1×10^{-2}

Fuente: Layer of Protection Analysis. Simplified Process Risk Assessment, AIChE, CCPs, New York, 2001.

Los árboles de eventos desarrollados, se encuentran en el **Anexo E**.

Los resultados obtenidos del análisis detallado de frecuencias mediante árboles de eventos se indican en la Tabla VIII-5.

Tabla VIII-5. Frecuencias finales para los escenarios de riesgo por pérdida de integridad mecánica (Fuga y/o ruptura)

Escenario	Referencia ¿QPS?	Evento iniciador		Estado final	Frecuencia final del evento
		Descripción	Frecuencia (veces/año)		
1, 2	1.3.1.3, 1.4.1.2	Fuga en tubería de entrada al compresor, debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento	1.00E-01	Condiciones seguras	9.00E-02
				1. Dispersión de nube inflamable de GNC no detectada 2. Incendio no mitigado 3. Explosión	1.00E-04
3	2.2.1.2, 2.3.1.2	Fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías	1.00E-01	Condiciones seguras	9.00E-02
				1. Dispersión de nube inflamable de GNC no detectada 2. Incendio no mitigado 3. Explosión	1.00E-04
4	3.1.1.2, 3.2.1.2	Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica	1.00E-01	Condiciones seguras	9.00E-02
				1. Dispersión de nube inflamable de GNC no detectada 2. Incendio no mitigado 3. Explosión	1.00E-04

Tabla VIII-5. Frecuencias finales para los escenarios de riesgo por pérdida de integridad mecánica (Fuga y/o ruptura)

Escenario	Referencia ¿QPS?	Evento iniciador		Estado final	Frecuencia final del evento
		Descripción	Frecuencia (veces/año)		
5	3.2.1.3, 3.4.1.3	Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Válvula manual abierta por falla mecánica	1.00E-01	Condiciones seguras	9.00E-02
				1. Dispersión de nube inflamable de GNC no detectada 2. Incendio no mitigado 3. Explosión	1.00E-03
		Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido a Mal enroscado de la válvula al recipiente del vehículo automotor	1.00E-01	Condiciones seguras	9.00E-02
				1. Dispersión de nube inflamable de GNC no detectada 2. Incendio no mitigado 3. Explosión	1.00E-03

En la Tabla VIII-6 se indican las categorías de frecuencia para aplicación en Combustibles Ecológicos Mexicanos, S.A. de C.V. y sus respectivos criterios de ocurrencia, las cuales se utilizaron para realizar la reposición de los riesgos de los eventos señalados, la frecuencia final representa el valor obtenido para la reducción del riesgo.

Tabla VIII-6. Categorías de frecuencia

Clasificación	Tipo	Descripción de la frecuencia de ocurrencia	
6	Muy frecuente	Puede ocurrir una o más veces por año	≥ 1.0 ($\geq 1 \times 100$)
5	Frecuente	Ocurre una vez en un período entre 1 y 3 años	≥ 0.2 a < 1.0 ($\geq 2 \times 10^{-1}$ a $< 1 \times 100$)
4	Poco frecuente	Ocurre una vez en un período entre 3 y 5 años	≥ 0.1 a < 0.2 ($\geq 1 \times 10^{-1}$ a $< 2 \times 10^{-1}$)
3	Raro	Ocurre una vez en un período entre 5 y 10 años	≥ 0.01 a < 0.1 ($\geq 1 \times 10^{-2}$ a $< 1 \times 10^{-1}$)
2	Muy raro	Ocurre solamente una vez en la vida útil de la planta.	≥ 0.001 a < 0.01 ($\geq 1 \times 10^{-3}$ a $< 1 \times 10^{-2}$)
1	Extremadamente raro	Evento que es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro	≥ 0.0001 a < 0.001 ($\geq 1 \times 10^{-4}$ a $< 1 \times 10^{-3}$)

De acuerdo con la Tabla VIII-6, se observa que los valores de frecuencia asignados durante la ponderación de escenarios, se encuentran: en el rango de 2 "muy raro" y 4 "poco frecuente", por su parte de acuerdo con bibliografía especializada, los valores de frecuencia del evento iniciador se ubican en el orden de 1.00E-02 con categoría de frecuencia 1 "extremadamente raro y 2 "muy raro", es decir que el evento es posible que

ocurra pero que a la fecha no existe ningún registro y que ocurre solamente una vez en la vida útil de la “**MRU Coyol**”. Asimismo, como resultado de los árboles de eventos, es decir considerando las barreras y las medidas de seguridad para cada escenario de riesgo, se obtuvo que la frecuencia del evento final (dispersión de nube inflamable de GNC no controlada, incendio y explosión) se ubica en el rango de $1.00E-03$, lo cual que significa que estaría dentro de niveles de riesgo tolerable.

VIII.4 Reposicionamiento de riesgos

Con base a los resultados de los análisis detallados de frecuencias (Metodología de árbol de eventos) y de la simulación de consecuencias, se procedió con la rejerarquización de los escenarios de riesgos, para reposicionarlos a parámetros de riesgo tolerable.

A continuación, se muestra un ejemplo de reposicionamiento de riesgos, el cual se incluye en el archivo de las hojas de trabajo que es donde se realizó el reposicionamiento.

El Reposicionamiento de Escenarios de riesgo No tolerable “A” y ALARP “B” (Tan bajo como sea razonablemente práctico) para la “**MRU Coyol**” se incluye en el **Anexo F**, en donde se puede apreciar la jerarquización de HAZOP, sin reposicionamiento vs con reposicionamiento.

A continuación, se muestran la distribución de **escenarios reposicionados** en las matrices de riesgo para la “**MRU Coyol**”.

Matriz de consecuencias por Daños al personal - Reposicionada						
FRECUENCIA	CONSECUENCIAS					
	1	2	3	4	5	6
6	C (1) <u>4.6.1.1</u>	B (1) <u>4.6.1.2</u>	A	A	A	A
5	C	B	B	A	A	A
4	C (1) 2.1.1.1	C	B	A	A	A
3	C (11) 1.3.1.1, 1.3.1.2, 4.1.1.1, 4.2.1.1, 4.2.2.1, 4.3.1.4, 4.4.3.1, 4.4.3.2, 4.4.4.1, 4.4.4.2, 4.7.1.1	C (8) 1.3.1.3, <u>4.2.1.2</u> , <u>4.2.2.2</u> , 4.4.3.3, 4.4.3.5, 4.4.4.3, 4.4.4.5, 4.7.1.2	B (4) 3.3.1.1, 4.1.1.2, <u>4.4.3.4</u> , <u>4.4.4.4</u>	A	A	A
2	C (15) 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.1.3, 1.1.2.1, 1.1.2.2, 1.1.2.3, 1.2.1.1, <u>1.4.1.1</u> , <u>2.2.1.1</u> , <u>2.4.1.1</u> , <u>4.3.1.1</u> , <u>4.4.1.1</u> , <u>4.4.1.2</u> , <u>4.4.2.1</u> , <u>4.4.2.2</u>	C (7) <u>1.4.1.2</u> , <u>2.2.1.2</u> , <u>4.3.1.2</u> , <u>4.4.1.3</u> , <u>4.4.1.5</u> , <u>4.4.2.3</u> , <u>4.4.2.5</u>	C (4) <u>2.2.1.3</u> , <u>4.3.1.3</u> , <u>4.4.1.4</u> , <u>4.4.2.4</u>	B	B	A
1	C (8) <u>2.3.1.1</u> , <u>2.5.1.1</u> , <u>3.2.1.1</u> , <u>3.4.1.1</u> , <u>3.5.1.1</u> , <u>3.6.1.1</u> , <u>4.5.1.1</u> , <u>4.5.1.2</u>	C (6) <u>2.3.1.2</u> , <u>3.1.1.1</u> , <u>3.2.1.2</u> , <u>3.4.1.2</u> , <u>3.7.1.1</u> , <u>4.5.1.3</u>	C (5) <u>2.3.1.3</u> , <u>3.1.1.2</u> , <u>3.2.1.3</u> , <u>3.4.1.3</u> , 4.5.1.4	C	B	B

Escenarios Reposicionados por frecuencia, Escenarios Reposicionados por consecuencia, Escenarios reposicionados en región de riesgo.

Nota: 1.1.1.1, el primer dígito se refiere al sistema, el segundo dígito a la pregunta, el tercer dígito a la causa y el cuarto dígito a la consecuencia.

Matriz de consecuencias por Daños a la población - Reposicionada							
		CONSECUENCIAS					
		1	2	3	4	5	6
FRECUENCIA	6	C (1) 4.6.1.1	B (1) 4.6.1.2	A	A	A	A
	5	C	B	A	A	A	A
	4	C (1) 2.1.1.1	B	A	A	A	A
	3	C (15) 1.3.1.1, 1.3.1.2, 1.3.1.3, 3.3.1.1, 4.1.1.1, 4.2.1.1, 4.2.2.1, 4.3.1.4, 4.4.3.1, 4.4.3.2, 4.4.3.5, 4.4.4.1, 4.4.4.2, 4.4.4.5, 4.7.1.1	B (6) 4.1.1.2, 4.2.1.2, 4.2.2.2, 4.4.3.3, 4.4.4.3, 4.7.1.2	A (2) 4.4.3.4, 4.4.4.4	A	A	A
	2	C (20) 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.1.3, 1.1.2.1, 1.1.2.2, 1.1.2.3, 1.2.1.1, 1.4.1.1, 1.4.1.2, 2.2.1.1, 2.2.1.2, 2.4.1.1, 4.3.1.1, 4.3.1.2, 4.4.1.1, 4.4.1.2, 4.4.1.5, 4.4.2.1, 4.4.2.2, 4.4.2.5	B (4) 2.2.1.3, 4.3.1.3, 4.4.1.3, 4.4.2.3	A (2) 4.4.1.4, 4.4.2.4	A	A	A
	1	C (10) 2.3.1.1, 2.5.1.1, 3.1.1.1, 3.2.1.1, 3.4.1.1, 3.5.1.1, 3.6.1.1, 3.7.1.1, 4.5.1.1, 4.5.1.2	C (5) 2.3.1.2, 3.1.1.2, 3.2.1.2, 3.4.1.2, 4.5.1.3	B (4) 2.3.1.3, 3.2.1.3, 3.4.1.3, 4.5.1.4	A	A	A

Escenarios Reposicionados por frecuencia, Escenarios Reposicionados por consecuencia, Escenarios reposicionados en región de riesgo.

Nota: 1.1.1.1, el primer dígito se refiere al sistema, el segundo dígito a la pregunta, el tercer dígito a la causa y el cuarto dígito a la consecuencia.

Matriz de consecuencias por Impacto Ambiental - Reposicionada						
FRECUCENCIA	CONSECUENCIAS					
	1	2	3	4	5	6
6	C (1) 4.6.1.1	B (1) 4.6.1.2	A	A	A	A
5	C	B	B	A	A	A
4	C (1) 2.1.1.1	B	B	B	A	A
3	C (13) 1.3.1.1, 3.3.1.1, 4.1.1.1, 4.2.1.1, 4.2.2.1, 4.3.1.4, 4.4.3.1, 4.4.3.2, 4.4.3.5, 4.4.4.1, 4.4.4.2, 4.4.4.5, 4.7.1.1	C (7) 1.3.1.2, 1.3.1.3, 4.2.1.2, 4.2.2.2, 4.4.3.3, 4.4.4.3, 4.7.1.2	C (3) 4.1.1.2, 4.4.3.4, 4.4.4.4	B	A	A
2	C (17) 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.1.3, 1.1.2.1, 1.1.2.2, 1.1.2.3, 1.2.1.1, 2.2.1.1, 2.4.1.1, 4.3.1.1, 4.3.1.2, 4.4.1.1, 4.4.1.2, 4.4.1.5, 4.4.2.1, 4.4.2.2, 4.4.2.5	C (6) 1.4.1.1, 1.4.1.2, 2.2.1.2, 4.3.1.3, 4.4.1.3, 4.4.2.3	C (3) 2.2.1.3, 4.4.1.4, 4.4.2.4	C	B	A
1	C (9) 2.3.1.1, 2.5.1.1, 3.1.1.1, 3.2.1.1, 3.4.1.1, 3.5.1.1, 3.6.1.1, 4.5.1.1, 4.5.1.2	C (6) 2.3.1.2, 3.1.1.2, 3.2.1.2, 3.4.1.2, 3.7.1.1, 4.5.1.3	C (4) 2.3.1.3, 3.2.1.3, 3.4.1.3, 4.5.1.4	C	C	B

Escenarios Reposicionados por frecuencia, Escenarios Reposicionados por consecuencia, Escenarios reposicionados en región de riesgo.

Nota: 1.1.1.1, el primer dígito se refiere al sistema, el segundo dígito a la pregunta, el tercer dígito a la causa y el cuarto dígito a la consecuencia.

Matriz de consecuencias por Daños a la producción - Reposicionada							
		CONSECUENCIAS					
		1	2	3	4	5	6
FRECUENCIA	6	B (1) 4.6.1.1	B (1) 4.6.1.2	A	A	A	A
	5	C	B	B	A	A	A
	4	C	C	B (1) 2.1.1.1	B	A	A
	3	C (11) 1.3.1.1, 1.3.1.2, 1.3.1.3, 3.3.1.1, 4.1.1.1, 4.2.1.1, 4.2.2.1, 4.3.1.4, 4.4.3.5, 4.4.4.5, 4.7.1.1	C (10) 4.1.1.2, 4.2.1.2, 4.2.2.2, 4.4.3.1, 4.4.3.2, 4.4.3.3, 4.4.4.1, 4.4.4.2, 4.4.4.3, 4.7.1.2	C (2) 4.4.3.4, 4.4.4.4	B	B	A
	2	C (10) 1.1.1.2, 1.1.2.2, 1.2.1.1, 1.4.1.1, 1.4.1.2, 2.2.1.1, 2.4.1.1, 4.3.1.1, 4.4.1.5, 4.4.2.5	C (13) 1.1.1.1, 1.1.1.3, 1.1.2.1, 1.1.2.3, 2.2.1.2, 4.3.1.2, 4.3.1.3, 4.4.1.1, 4.4.1.2, 4.4.1.3, 4.4.2.1, 4.4.2.2, 4.4.2.3	C (3) 2.2.1.3, 4.4.1.4, 4.4.2.4	C	B	A
	1	C (10) 2.3.1.1, 2.5.1.1, 3.1.1.1, 3.1.1.2, 3.2.1.1, 3.4.1.1, 3.5.1.1, 3.6.1.1, 3.7.1.1, 4.5.1.1	C (5) 2.3.1.2, 3.2.1.2, 3.4.1.2, 4.5.1.2, 4.5.1.3	C (4) 2.3.1.3, 3.2.1.3, 3.4.1.3, 4.5.1.4	C	C	B

Escenarios Reposicionados por frecuencia, Escenarios Reposicionados por consecuencia, Escenarios reposicionados en región de riesgo.

Nota: 1.1.1.1, el primer dígito se refiere al sistema, el segundo dígito a la pregunta, el tercer dígito a la causa y el cuarto dígito a la consecuencia.

Matriz de consecuencias por Daños a la instalación - Reposicionada							
		CONSECUENCIAS					
		1	2	3	4	5	6
FRECUENCIA	6	B (1) 4.6.1.1	B (1) 4.6.1.2	A	A	A	A
	5	C	B	B	A	A	A
	4	C	C	B (1) 2.1.1.1	B	A	A
	3	C (9) 1.3.1.1, 1.3.1.2, 1.3.1.3, 3.3.1.1, 4.2.2.1, 4.3.1.4, 4.4.3.5, 4.4.4.5, 4.7.1.1	C (11) 4.1.1.1, 4.2.1.1, 4.2.1.2, 4.2.2.2, 4.4.3.1, 4.4.3.2, 4.4.3.3, 4.4.4.1, 4.4.4.2, 4.4.4.3, 4.7.1.2	C (3) 4.1.1.2, 4.4.3.4, 4.4.4.4	B	B	A
	2	C	C	C	C	B	A
	1	C	C	C	C	C	B

[Escenarios Reposicionados por frecuencia](#), [Escenarios Reposicionados por consecuencia](#), [Escenarios reposicionados en región de riesgo.](#)

Nota: 1.1.1.1, el primer dígito se refiere al sistema, el segundo dígito a la pregunta, el tercer dígito a la causa y el cuarto dígito a la consecuencia.

En la **Tabla VIII-7** y **Figura VIII-2** se muestra el resumen de la re-jerarquización de escenarios de riesgo reposicionados, en donde se indica que se tienen **4** escenarios con de Riesgo Tipo **“A” No Tolerable**; **95** escenarios en región **ALARP “B”** y **256** escenarios en región de riesgo **Tolerable “D”**.

Tabla VIII-7. Resumen de rejerarquización de escenarios de riesgo repositionados para las operaciones de la “MRU Coyoil”

Rubro	Región de Riesgo						Total	
	No Tolerable		ALARP “B” (Tan bajo como sea razonablemente práctico)		Tolerable			
	A		B		C		Cantidad	%
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%		
Daños al personal	0	0	5	7	66	93	71	100
Daños a la población	4	6	15	21	52	73	71	100
Impacto Ambiental	0	0	1	1	70	99	71	100
Daños a la producción	0	0	3	4	68	96	71	100
Daños a la instalación	0	0	2	3	69	97	71	100
Total	4	1	26	27	325	72	355	100

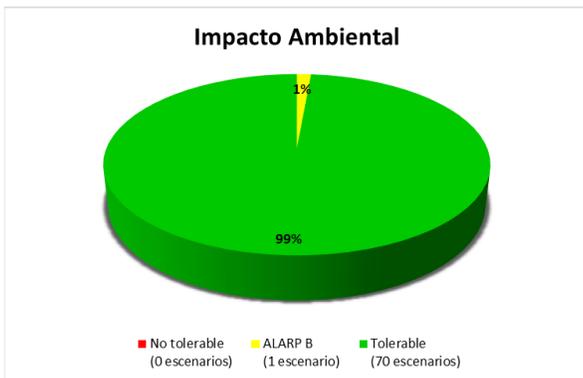
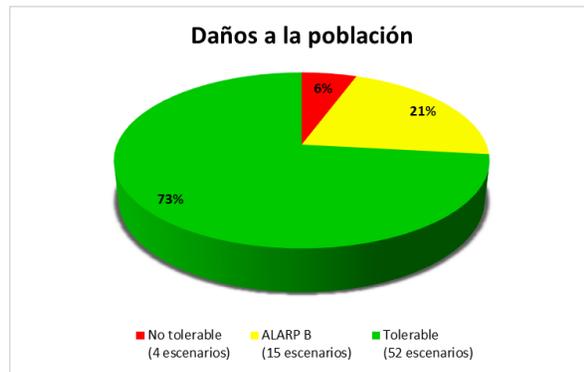
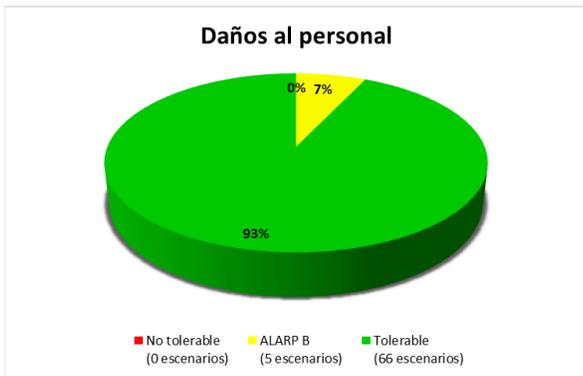




Figura VIII-2. Gráficos de la re-jerarquización de riesgos para la “MRU Coyol”

En resumen, se repositonaron 25 escenarios bajando su nivel de riesgo de Riesgo: 14 en Personal , 6 en Población, 4 en Impacto Ambiental, 0 en Producción y 1 en Instalación, como se muestra a continuación:

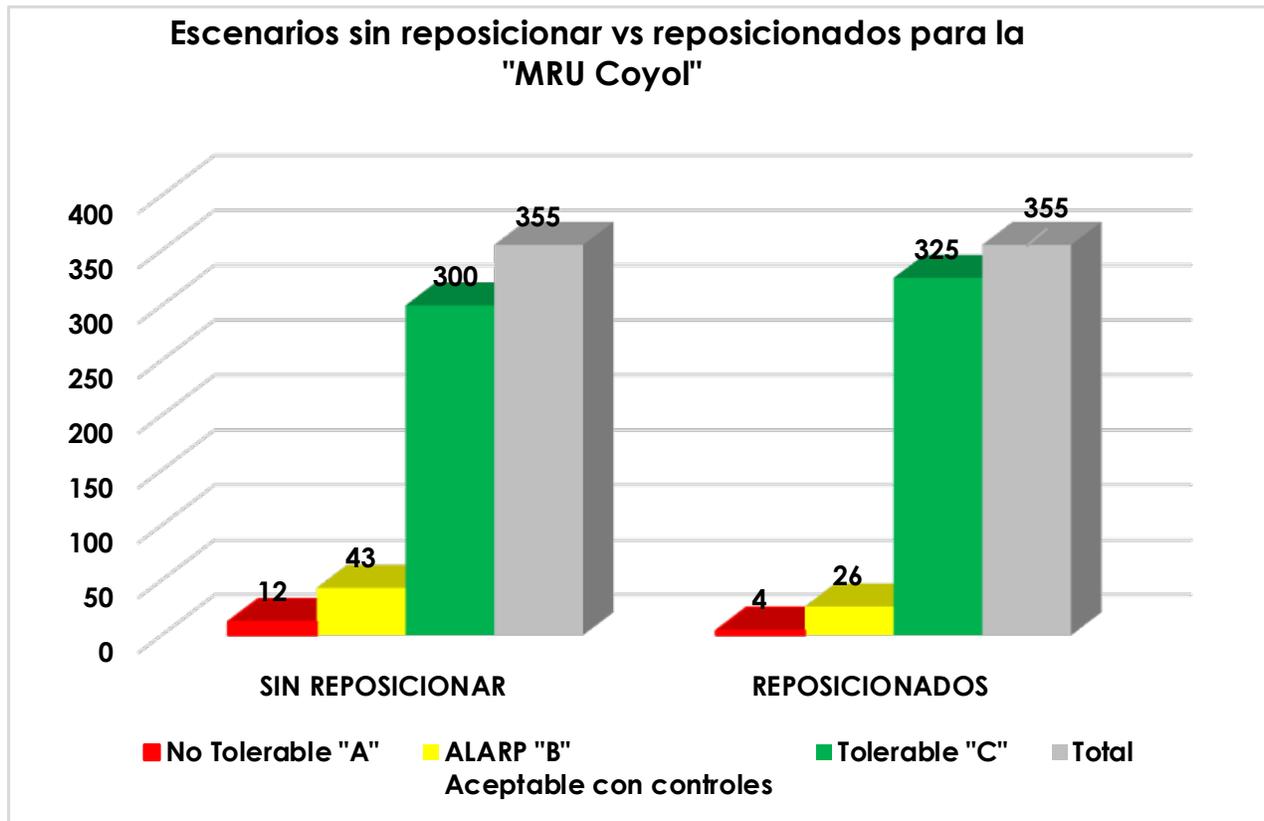


Figura VIII-3. Gráficos comparativa de escenarios sin repositonar vs repositonados para la “MRU Coyol”

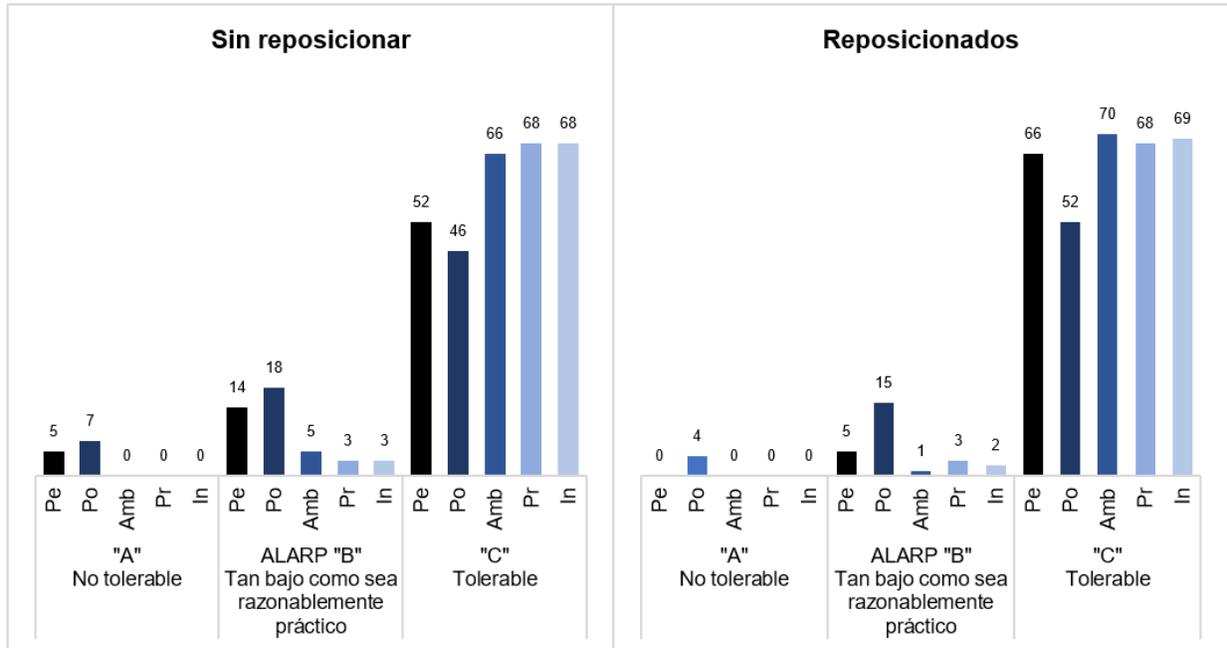


Figura VIII-4. Gráficos comparativa de escenarios sin reposicionar vs reposicionados para cada receptor de riesgo: Personal, Población Ambiente, Producción e Instalación, para la “MRU Coyol”

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

IX.1 Sistemas de Seguridad

IX.1.1 Sistema contra incendios

La “MRU Coyol” cuenta con un sistema contra incendio a base de extintores, cuyo propósito principal es minimizar o reducir los efectos y/o daños al personal, las instalaciones y el entorno, asociados a los peligros que pueden presentarse provenientes de alguna fuga y fuego.

Se tienen 15 equipos de extintores del tipo Polvo Químico Seco (PQS): 4 de 50 kg, 4 de 4.5 kg y 7 de 6 kg, y 4 de 50 kg distribuidos en la “MRU Coyol”, con su debida señalética visible. En la Tabla IX-1 se indica la distribución de extintores de la “MRU Coyol”.

Tabla IX-1. Distribución de extintores en la “MRU Coyol”

No. de extintor	Ubicación Área	Tipo	Capacidad (kg)
1	Oficina	PQS	4.5
2	Oficina	PQS	4.5
3	Lado izq. UMD05	PQS	6
4	Lado der. UMD05	PQS	6
5	Oficina exterior	PQS	6
6	Oficina Exterior	PQS	6
7	Barda	PQS	6
8	Barda	PQS	6
9	Barda	PQS	6
10	UMD05 Post	PQS	50
11	UMD05 SKID	PQS	50
12	Zona de espera	PQS	50
13	UMD06 SKID	PQS	50
14	Lado izq. UMD06	PQS	4.5
15	Lado der. UMD06	PQS	4.5

También se tienen detectores de humo en áreas administrativas, como se puede apreciar a continuación:

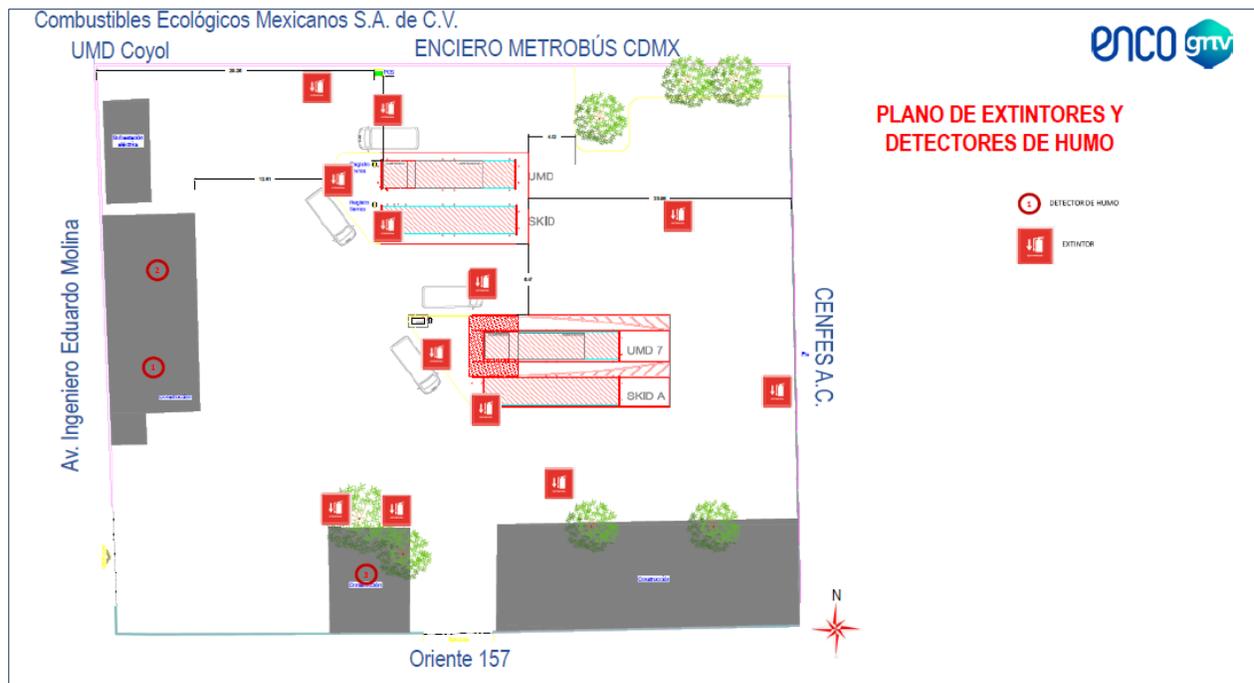


Figura IX-1. Plano de extintores y detectores de humo en la “MRU Coyol”

IX.2 Medidas preventivas

IX.2.1 Señales, señalización de seguridad e higiene y rotulaciones

La “MRU Coyol” cuenta con la Instalación de señalética, para delimitar el área operativa se utilizará barriles para tránsito (con cinta reflejante) sujetos con cadenas para impedir el acceso de personas y vehículos. Se instalarán señalizaciones en las paredes, sobre los equipos MRU y señaléticas tipo móviles para las zonas de circulación de buses. Todas las señaléticas seguirán las especificaciones según las Normas NOM-003-SEGOB-2011 (Señales y avisos para protección civil. - Colores, formas y símbolos a utilizar) y la norma NOM-026-STPS-2008 (Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías). Ver Figura IX.2.

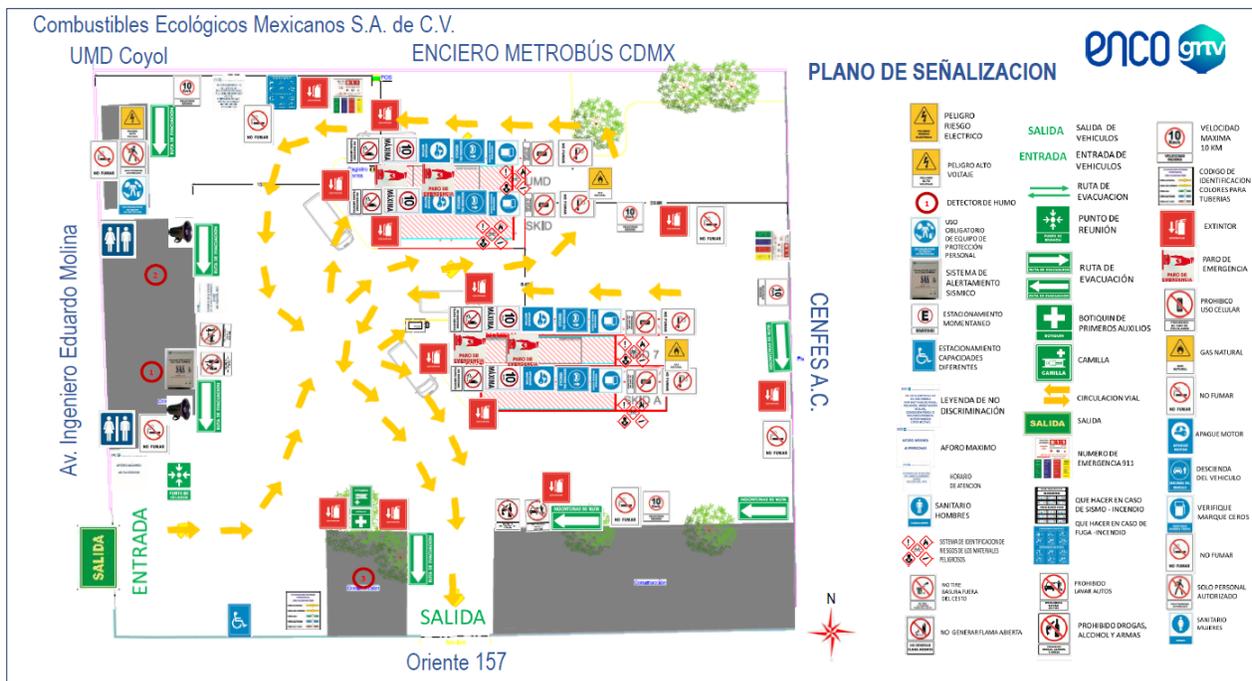


Figura IX-2. Plano de señalización de la “MRU Coyol”.

IX.2.2 Sistema de CCTV.

Instalación del sistema de CCTV y datos: Esta área contará con un sistema de datos tipo modem inalámbrico para comunicación con la MRU y un sistema de CCTV que incluye 2 cámaras, todo esto montado sobre postes de concreto 7,500kg compartidos con iluminación y comunicación alámbrica aérea acorde a los lineamientos técnicos en redes de telecomunicación.

IX.2.3 Bitácoras de mantenimiento

El personal de la "MRU Coyal", lleva a cabo el llenado de los siguientes formatos:

- Reporte de Incidencias, Código: FT-PYM-009.
- Lista de chequeo estación de Compresión UMD, Operaciones de Verificación Diario, Código: FT-PYM-004.
- Lista de chequeo Estación de Compresión Operaciones de verificación mensual, Formato No. FT-SST-057.
- Formato Informe de Control Mensual de Equipos, MTT-F-2 Gestión de mantenimiento.
- Inspección y ensayo de mangueras de llenado en surtidores de GNV, MMT-F-06- Gestión de mantenimiento.

IX.2.4 Programa de capacitación

A continuación, se presenta el programa anual de capacitación de la "MRU Coyal".

**PROGRAMA ANUAL DE CAPACITACIONES
 UNIDAD MOVIL DE DISTRIBUCION COYOL**

En cumplimiento al Capítulo VIII, artículo 45 de la Ley de Protección Civil Vigente en el Estado, relativa a las capacitaciones inherentes a los temas concernientes a protección civil para el año 2022 a los colaboradores asignados en el centro de trabajo de la UMD COYOL se establece, por parte de Combustibles Ecológicos Mexicanos, S.A. de C.V., se establece la siguiente periodicidad:

ESTACION DE SERVICIO BERNARDO REYES				
TEMAS	MES Y AÑO 2022			
	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
Medidas de Prevención ante el Covid -19				
Primeros Auxilios				
Combate y Prevención de Incendios				
Evacuación				
Búsqueda y Rescate				
Inducción a la Protección Civil				
NOM-017-STPS-2020 Equipo de protección personal				
ASEA-Plan de Respuesta a Emergencia				
NOM-018-STPS-2011 Sistema Armonizado de Sustancias Peligrosas				

Atentamente



Mónica Alejandra Torres Lepe
 Coordinador de Seguridad, Salud, Ambiente y Calidad ENCO

IX.2.5 Procedimientos Operativos de la “ MRU Coyol”

Como medida preventiva la “**MRU Coyol**”, cuenta con procedimientos operativos para garantizar que las operaciones llevadas en la “**MRU Coyol**” se realicen de manera sistemática y siguiendo las medidas de seguridad necesarias. A continuación, se listan dichos procedimientos:

Clave	Nombre del Procedimiento	Versión	Fecha
PRO-OP-01	Procedimiento de conexión Módulo GNC / MRU	1	12/01/22
PRO-OP-03	Capacitación despachador nuevo ingreso	1	Enero 2022
PRO-OP-04	Ventas de crédito / Prepago	1	Enero 2022
PRO-OP-05	Programación de cargas de GNV en POS	1	Enero 2022
PRO-OP-06	Cambios de formas de pagos	1	12/01/2022
PRO-OP-07	Cobro con bonos	1	12/01/2022
PRO-OP-08	Proceso de llenado de formato por kilometraje	1	Enero 2022
PRO-OP-09	Proceso de llenado de bonos	1	Enero 2022
PRO-OP-10	Proceso de Carga GNV	1	Enero 2022
PRO-OP-11	Proceso de Llenado de hoja de corte	1	Enero 2022
PRO-OP-14	Facturación en Isla de despacho	1	17/12/2021
PRO-OP-15	Arqueo en Isla de despacho	1	01/01/2022
PRO-OP-16	Apertura de Turno en POS	1	Enero 2022
PRO-OP-17	Cierre de Turno en POS	1	Enero 2022
N/A	Instructivo en caso de Emergencia UMD Mantenimiento	1	04/Enero /2022

X. RECOMENDACIONES DERIVADAS DEL ANÁLISIS DE RIESGO

A continuación, se presentan las recomendaciones resultantes de las técnicas para identificación, jerarquización y cuantificación de riesgos aplicadas en el presente Análisis.

Tabla X-1. Recomendaciones de la aplicación de metodología de riesgos para la "MRU Coyal"

De la Recomendación					Área Responsable de atención	Fecha de cumplimiento	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	
No.	Codificación	Descripción	Referencia HAZOP	Índice de riesgo				
1	ERA-MRU-COYOL-01	Seguimiento a los programas técnicos de la operación y mantenimiento a la MRU	1.1.1.1	C	B	Operación / Mantenimiento ENCO GNV	Continua, durante las operaciones de la MRU Coyal	VI. Competencia, capacitación y entrenamiento
			1.1.1.2	C				
			1.1.1.3	C				
			1.1.2.1	C				
			1.1.2.2	C				
			1.1.2.3	C				
			1.3.1.2	C				
			1.4.1.1	C				
			2.1.1.1	B				
			2.2.1.1	C				
			2.3.1.1	C				
			2.4.1.1	C				
			2.5.1.1	C				
			3.1.1.1	C				
			3.2.1.1	C				
			3.4.1.1	C				
3.5.1.1	C							
3.6.1.1	C							
3.7.1.1	C							
4.2.1.1	C							
4.2.2.1	C							
4.7.1.1	C							
2	ERA-MRU-COYOL-02	Revisión de bitácoras de operación	1.1.1.3	C	C	Operación /Mantenimiento ENCO GNV	Continua, durante las operaciones de la MRU Coyal	XI. Integridad Mecánica y Aseguramiento de la calidad
			1.1.2.3	C				
			2.3.1.1	C				
3	ERA-MRU-COYOL-03	Inspección y mantenimiento constante a las instalaciones y equipos, la recomendada por el proveedor	1.2.1.1	C	B	Mantenimiento ENCO GNV	Continua, durante las operaciones de la MRU Coyal	XI. Integridad Mecánica y Aseguramiento de la calidad
			2.3.1.2	B				
4	ERA-MRU-COYOL-04	Dar cumplimiento al mantenimiento de los controles de presión de cada válvula	1.3.1.1	C	A	Mantenimiento ENCO GNV	Continua, durante las operaciones de la MRU Coyal	XI. Integridad Mecánica y Aseguramiento de la calidad
			2.3.1.3	A				
5	ERA-MRU-COYOL-05	Seguimiento al programa de auditoría de la MRU	1.4.1.1	C	C	Operación /Mantenimiento ENCO GNV	Continua, durante las operaciones de la MRU Coyal	XV. Auditorías
6	ERA-MRU-COYOL-06	Dar cumplimiento al Programa de Capacitación para personal operativo	2.1.1.1	B	A	Operación / Recursos Humanos ENCO GNV	Continua, durante las operaciones de la MRU Coyal	VI. Competencia, capacitación y entrenamiento
			4.6.1.2	A				
7	ERA-MRU-COYOL-07	Difusión de Plan de Respuesta de emergencia de la MRU al personal técnico operativo	3.2.1.2	B	B	Seguridad ENCO GNV	Continua, durante las operaciones de la MRU Coyal	XIII. Preparación y respuesta a emergencias
			3.4.1.2	C				
			4.2.1.2	B				
			4.2.2.2	B				
8	ERA-MRU-COYOL-08	Campaña de concientización para el Uso obligatorio de EPP	3.3.1.1	B	B	Seguridad ENCO GNV	Continua, durante las operaciones de la MRU Coyal	XIII. Preparación y respuesta a emergencias

XI. CONCLUSIONES

El presente Estudio de Riesgo Ambiental para la Operación de la "MRU Coyol", en donde la sustancia a manejar es: Gas Natural Comprimido (GNC), con una capacidad total de almacenamiento de **35,340 litros** de GNC (almacenamiento de 93 cilindros de 190 litros cada uno con volumen hidráulico total de 17,670 litros y capacidad aproximada de gas a 250 Bar (25 Mpa) de 5,366 m³, en cada MRU), se fundamenta en el Art. 147 de la LGEEPA, debido a que el manejo y distribución de gas natural se considera una actividad de alto riesgo, de acuerdo con lo señalado en el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas (DOF del 4 de mayo de 1992), cuya cantidad de reporte es de 500 kilogramos.

El presente documento se realizó tomando en consideración y de manera orientativa la actualización de la Guía para la elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos publicada en la página de la Agencia Nacional de Seguridad Energía y Ambiente (ASEA) el 13 de agosto de 2020.

Como resultado de la identificación de riesgos mediante la metodología ¿Qué pasa sí...?, ponderación y jerarquización de riesgos se identificaron un total de 355 escenarios de riesgos, resultando 12 escenarios con de Riesgo Tipo "A" No Tolerable; 43 escenarios de Riesgo del Tipo ALARP "B" Tan bajo como sea razonablemente práctico y 300 de riesgo Tipo "C" Tolerable en las 4 secciones analizadas (Sección 1 Compresor ST63TBM200-10-ICE, Sección 2 Cilindros de almacenamiento, Sección 3 Despacho de GNC a vehículos, Dispensarios y Sección 4 Llegada de la MRU después de la recarga de GNC) para la "MRU Coyol" que inició sus operaciones el 05 de enero de 2021.

Se modelaron 7 escenarios de riesgo, considerando los distintos equipos de la "MRU Coyol" :

- Escenario 1. Incendio por fuga en tubería de entrada al compresor, debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica / falta de mantenimiento (masa a fugar 39.96 kg en 10 minutos, considerando un caudal del compresor de 400 m³/h promedio)
- Escenario 2. Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (diámetro de orificio de fuga = 0.03 m)
- Escenario 3. Explosión por fuga en los Cilindros de almacenamiento debido a desgaste de tuberías (capacidad de almacenamiento al 90% = 2,897.64 kg: 1 MRU y 5,795.28 kg: 2 MRU's). Peor caso
- Escenario 4. Incendio por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido Válvula manual abierta por falla mecánica (masa a fugar 2.22 kg/s, considerando que por cada MRU se tienen dos mangueras independientes para abastecer un par de vehículos simultáneamente a 70 kg/min @ 250 bar).
- Escenario 5. Explosión por Fuga en manguera de los dispensarios de GNV, por mayor flujo en el despacho de GNV debido Válvula manual abierta por falla

mecánica / Mal enroscado de la válvula al recipiente del vehículo automotor masa a fugar 2.22 kg/s, considerando que por cada MRU se tienen dos mangueras independientes para abastecer un par de vehículos simultáneamente a 70 kg/min @ 250 bar).

- Escenario 6. Incendio en MRU (Llegada de MRU a patio de la Instalación) debido a daño estructural al momento de estacionarlas /no inmovilización /conexión deficiente para el despacho de GNC / falla el panel de prioridades / desconocimiento de operación / falta de mantenimiento (considerando las 2 MRU's = 5,795.28 kg al 90%).
- Escenario 7. Explosión en MRU (Llegada de MRU a patio de la Instalación) debido a daño estructural al momento de estacionarlas /no inmovilización /conexión deficiente para el despacho de GNC / falla el panel de prioridades / desconocimiento de operación / falta de mantenimiento (considerando las 2 MRU's = 5,795.28 kg al 90%).

Para cada escenario simulado, se determinaron las zonas de alto riesgo y amortiguamiento, utilizando los criterios establecidos por la ASEA, para radiación térmica: 37.5 kW/m² para la zona de alto riesgo por daño a equipos de proceso, 5 kW/m² para la zona de alto riesgo y 1.4 kW/m² para la zona de amortiguamiento y para sobrepresión: 3 psi para la zona de alto riesgo por daño a equipos de proceso, 1 psi para la zona de alto riesgo y 0.5 psi para la zona de amortiguamiento. Los reportes, gráficas y proyección en mapa de la simulación de consecuencias empleando el software SCRI® (Contaminación de Contaminación y Riesgos en Industrias) de Heurística, S.A. de C.V. para cada uno de los escenarios simulados y los planos con los radios de afectación se incluyen en el Anexo D.

Los radios de afectación por radiación térmica que resultaron con las mayores distancias para la zona de amortiguamiento (1,4 kW/m², se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial) de 1460.73 m, para la zona de alto riesgo (5,0 kW/m², Zona de intervención con un tiempo máximo de exposición de 3 minutos) de 794.38 m y para la zona de alto riesgo por daño a equipos (37.5 kW/m²: Suficiente para causar daños a equipos de proceso, colapso de estructuras. Efecto domino) de 302.90 m corresponde al Escenario 6. Mientras que para sobrepresión los mayores radios fueron los correspondientes a los Escenarios 3 y 7 involucrando el volumen del sistema de almacenamiento de la “**MRU Coyol**”, resultando las siguientes distancias para la zona de amortiguamiento (0.5 psi, daño a ventanas) de 377.37 m, para la zona de alto riesgo (1 psi, demolición parcial de casas inhabitable) de 222 m y para la zona de alto riesgo por daño a equipos (3 psi, Daños a edificios con estructura metálica, equipo pesado sufre poco daño. / Ruptura de tanques de almacenamiento. Efecto domino) de 97.25 m. Dichos escenarios corresponden al caso más catastrófico, pero menos probable, es decir tienen una probabilidad baja de ocurrencia, pero consecuencia severa.

Cabe mencionar que los efectos por sobrepresión para el empleo de gas natural, solo se da bajo ciertas condiciones, es decir solo puede presentarse en el caso de que la nube de vapores inflamables se encontrará en un grado de confinamiento elevado

(dentro de una nave industrial o cuarto de proceso cerrado), para el caso del proyecto, los tanques de almacenamiento se ubicarán en un área totalmente abierta donde el aire dispersará la nube para evitar la mezcla explosiva.

La situación general en materia de riesgo es aceptable con los controles de diseño e ingeniería establecidos, lo que implica que la operación de las instalaciones cuenta con los dispositivos de control operativo, así como de seguridad, garantizando la operación adecuada y confiable, además de los procedimientos operativos, programa de capacitación y bitácoras de mantenimiento. Dadas las características de almacenamiento, en caso de accidentes, las consecuencias graves resultantes se limitarían en su mayor parte en la interior de la estación, sin embargo, se cuenta con la infraestructura necesaria para la prevención y control de fugas, por lo que en materia de protección y prevención ambiental no se considera una situación crítica.

Se sugiere y recalca la capacitación continua de su personal ya que ellos son la clave principal de la respuesta inicial a un evento, es por eso que se recomienda que se tenga un programa de capacitación conforme a su puesto de trabajo y dicho sea continuo.

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Center for Chemical Process Safety, 2008. Guidelines for Hazard Evaluation Procedures third edition. American Institute of Chemical Engineers. New York, N.Y.; U.S.A.
- Center for Chemical Process Safety, 2000. Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis 2nd edition. American Institute of Chemical Engineers. New York, N.Y.; U.S.A.
- Guidelines for Quantitative Risk Assessment CPR18E (Purple book ed. 1999) de TNO.
- PEMEX Exploración y Producción, 2011, Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos, Clave DCO-GDOESSPA-C-001, Rev. 1.
- ASEA, Guía para la elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos, 13 de agosto de 2020.