



ESTUDIO DE RIESGO
UNIDAD MÓVIL DE ABASTECIMIENTO (UMD),
“EL MARQUÉS”

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

UBICADA EN:
AUTOPISTA MÉXICO QUERÉTARO, CAMINO VIEJO AL
CARMEN S/N, PARCELA 65, EL COLORADO, LÁZARO
CÁRDENAS EL MARQUÉS, QUERÉTARO, C.P. 7624655



ÍNDICE

GENERALIDADES	1
1. ESCENARIOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS RESULTANTES DEL ANÁLISIS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO	2
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
1.1.1 Infraestructura	2
1.1.2 Ubicación geográfica del proyecto	4
1.1.2.1 Domicilio	4
1.1.2.2 Localidad en la que se ubicará el proyecto	4
1.1.2.3 Mapa de localización del proyecto	5
1.1.2.4 Coordenadas geográficas del proyecto	6
1.1.2.5 Colindancias del proyecto	7
1.1.2.6 Dimensiones del proyecto	8
1.1.2.7 Vías de acceso	8
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	9
Fase 1: Despacho de GNC a vehículos	9
Fase 2: Despacho continuo de GNCV	9
Fase 3 Despacho Final	9
Fase 4: Recuperación de GNCV	10
Fase 5: Re-abastecimiento de GNC	10
1.2.1 Procedimiento para el suministro de gas natural a vehículos	17
1.2.2 Suministro de GNC a UMD	18
1.2.3 Sustancias manejadas en el proceso	19
1.2.4 Condiciones de operación de la Estación de Servicio (EDS)	21
1.2.2 Características de la instrumentación y control.	22
1.3 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO	25
1.3.1 Clima	25
1.3.2 Temperatura	25
1.3.3 Precipitaciones	26
1.3.4 Viento	28
1.3.5 Humedad	29
1.3.6 Geología	29
1.3.7 Edafología	31
1.3.8 Hidrografía	32
1.3.8.1 Hidrología subterránea	32
1.3.9 Flora y fauna	33
1.3.9.1 Flora	33
1.3.9.2 Fauna	34
1.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS	36
1.4.1. Histórico de accidentes e incidentes en instalaciones similares	36
1.4.2. Identificación de peligros y de escenarios de riesgo	40
1.4.2.1. Justificación técnica de la metodología de riesgos empleada	40
1.4.2.1. Selección de técnica de identificación de riesgos	41
1.4.2.2.1. Metodología ¿Qué pasa sí?	42
1.4.3. Desarrollo y resultados de la o las metodologías de riesgos	43

1.4.4. Evaluación y jerarquización de escenarios de riesgo	44
1.4.4.1 Matriz de jerarquización de riesgos	44
1.4.4.2 Identificación de escenarios más probables y peor caso.....	47
1.4.4.2.1 Potenciales escenarios de riesgos identificados.	47
2 DETERMINACIÓN DE RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.....	49
2.1 POTENCIALES ESCENARIOS DE RIESGOS IDENTIFICADOS Y SUS EFECTOS.....	50
2.1.1 Radiación térmica	50
2.1.1.1 Flash fire (Flamazo).....	50
2.1.1.2 Jet fire (Incendio de antorcha o chorro de fuego)	51
2.1.1.3 Fireball (Bola de Fuego).....	51
2.1.2 Sobrepresión	52
2.1.2.1 Explosión de nube de gas no confinada (UVCE) y confinada (VCE).....	52
2.1.2.2 BLEVE (Boiling liquid expanding vapor explosión (explosión del vapor en expansión de un líquido hirviendo))	52
2.2 ANÁLISIS DETALLADO DE CONSECUENCIAS	54
2.2.1 Criterios para determinar la duración de una fuga	55
2.2.2 Criterios de tiempos de duración de las fugas.....	55
2.2.3 Determinación de los orificios equivalentes de fuga.....	56
2.2.4 Condiciones atmosféricas.....	57
2.2.5 Estabilidad Atmosférica.....	57
2.2.6 Zonas de afectación por los modelos a emplear.	58
2.2.7 Resultados de la modelación de eventos	58
2.2.7.1 Método de radiación térmica	58
2.2.7.2 Método de nubes explosivas.	67
3 INTERACCIONES DE RIESGOS AL INTERIOR Y AL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN.....	70
3.1 SITIOS DE INTERÉS CERCANOS AL PROYECTO UMD “El Marqués”.....	70
3.2 ANÁLISIS DE INTERACCIONES DE RIESGO	73
3.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL	74
4 SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO	75
4.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD	75
4.1.1 Sistema contra incendio.....	75
4.2 MEDIDAS PREVENTIVAS	76
5 RECOMENDACIONES DERIVADAS DEL ANÁLISIS DE RIESGO	78
6 CONCLUSIONES	80

Anexo A	Documentación legal
Anexo B	Planos
Anexo C	Manual de instalación, uso y mantenimiento del compresor para el módulo de compresión de GNC Móvil
Anexo D	Hojas de trabajo ¿Qué pasa sí...?
Anexo E	Simulación de consecuencias
Anexo F	Radio de afectación

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1 No. de usuarios y litros mensuales de la UMD “El Marqués”	2
Tabla 2. Coordenadas geográficas y UTM del polígono del proyecto.	6
Tabla 3. Coordenadas geográficas y UTM del polígono de la UMD	6
Tabla 4. Usos y Áreas del área del Proyecto UMD “El Marqués” de ENCO GNV	8
Tabla 5. Características equipo UMD	11
Tabla 6. Mezcla de agua con glicol según la temperatura ambiente mínima. Manual técnico	14
Tabla 7. Identidad Química del Gas Natural	19
Tabla 8. Identificación de Peligros	19
Tabla 9. Clasificación de riesgo de la NFPA Gas natural.	19
Tabla 10. Clasificación del etil-mercaptano de acuerdo con el sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de químicos	21
Tabla 11. Clasificación de riesgo del Etil-mercaptano según la NFPA	21
Tabla 12. Condiciones de Operación de la Estación de Compresión	22
Tabla 13. Condiciones Operativas de los dispensadores	22
Tabla 14. Tabla de Plantas del Municipio del Marqués, Querétaro.	34
Tabla 15 Tabla IV.2. Tabla de hongos del Municipio del Marqués, Querétaro.	34
Tabla 16. Antecedentes de accidentes e incidentes involucrados con el uso del gas natural	37
Tabla 17. Identificación de riesgos asociados a sustancias y materiales peligrosos	40
Tabla 18. Identificación de riesgos asociados al proceso	40
Tabla 19. Identificación de riesgos por manejo de sustancias peligrosas	41
Tabla 20. Típico de las metodologías de acuerdo a la etapa del Proyecto.....	42
Tabla 21. Criterios de índice de frecuencia	45
Tabla 22. Criterios para asignar los índices de severidad	45
Tabla 23. Categoría de Riesgo y descripción de la peligrosidad	46
Tabla 24. Escenarios de riesgo considerados para simulación de consecuencias para el	48
<i>Tabla 25. Efectos de la Radiación Térmica de acuerdo a la intensidad de energía</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 26. Vulnerabilidad de Materiales.....</i>	<i>52</i>
Tabla 27. Efectos derivados de la sobrepresión	52
Tabla 28. Criterios para Asignar Tiempos de Duración de las Fugas	55
Tabla 29. Criterios para utilizar el diámetro equivalente de fuga.	56
Tabla 30. Estabilidad atmosférica	57
Tabla 31. Matriz de interacciones entre los escenarios de riesgo y los puntos de interés identificados con respecto de los escenarios de riesgo identificados	73
Tabla 32. Sistemas, equipos, accesorios de seguridad de los Escenarios de riesgo considerados para simulación de consecuencias del Proyecto UMD “El Marqués”	77
Tabla 33. Recomendaciones de la aplicación de metodologías de riesgos para el Proyecto UMD “El Marqués”	78

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Unidad Móvil de Almacenamiento (UMD).....	3
Figura 2. Ficha técnica del módulo de transporte de GNV.	4
Figura 3. Polígono del Proyecto UMD “El Marqués”	5
Figura 4. Ubicación de la UMD “El Marqués”	5
Figura 5. Localización General del Proyecto UMD “El Marqués”, propiedad de Combustibles Ecológicos Mexicanos S.A. de C.V.....	6
Figura 6. Colindancias del Proyecto UMD “El Marqués”.....	7
Figura 7 Vía de acceso al Proyecto.	8
Figura 8. Esquema de funcionamiento de la UMD	9
Figura 9. Equipos que conforman la UMD.	10
Figura 10. Diagrama de flujo de Proceso. Manual técnico	11
Figura 11. Compresor de la UMD. Manual técnico.	13
Figura 12. Dispensarios de la UMD	16
Figura 13. Vista de Unidad de Almacenamiento de la UMD.....	17
Figura 14. Ficha técnica del módulo de transporte de GNV.	18
Figura 15. Pictogramas de identificación de peligros.....	19
Figura 16. Propiedades del Gas natural	20
Figura 17. Plano de señalización de extintores y detectores de humo	24
Figura 18. Resumen del Clima del municipio de Lázaro Cárdenas El Marqués, Querétaro.....	25
Figura 19. Temperatura máxima y mínima promedio	26
Figura 20. Probabilidad de precipitación.....	27
Figura 21. Probabilidad de precipitación de lluvia mensual promedio.	27
Figura 22. Probabilidad de viento mensual promedio.....	28
Figura 23. Nivel de comodidad de la humedad.....	29
Figura 24. Toma área del municipio El Marqués, Querétaro.	30
Figura 25. Mapa geológico del municipio El Marqués, Querétaro.	31
Figura 26. Mapa edafológico del municipio El Marqués, Querétaro.	32
Figura 27. Mapa hidrológico del municipio El Marqués, Querétaro.	33
Figura 28. Diagrama de flujo para aplicación de Metodología ¿Qué pasa sí?	44
Figura 29. Matriz de riesgos.....	46
Figura 30. Distribución de escenarios de riesgos ¿Qué pasa sí...?	47
Figura 31. Gráfica de Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 1 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento, no mayor a 2 kg. Más probable, menos catastrófico.	59
Figura 32. Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 1 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento, no mayor a 2 kg. Más probable, menos catastrófico.	60
Figura 33. Gráfica de Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 2 Incendio por fuga en tubería de entrada al compresor, no mayor a 1 kg. Más probable, menos catastrófico.	61
Figura 34. Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 2 Incendio por fuga en tubería de entrada al compresor, no mayor a 1 kg. Más probable, menos catastrófico.	62
Figura 35. Radios Figura 35. Gráfica de Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 3 Incendio en Dispensadores por ruptura de manguera de los dispensarios de GNV, no mayor a 1 kg. Más probable, menos catastrófico.	63
Figura 37. Radios de Afectación para el Escenario 3 Incendio en Dispensadores por ruptura de manguera de los dispensarios de GNV, no mayor a 1 kg. Más probable, menos catastrófico.....	64
Figura 38. Gráfica de Radios de Afectación por sobrepresión para el Escenario 4 el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión en el almacenamiento	

de la UMD en los 93 cilindros con la capacidad al 90%. Menos probable, más catastrófico.	65
Figura 39. Radios de Afectación por sobrepresión para el Escenario 4 el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión en el almacenamiento de la UMD en los 93 cilindros con la capacidad al 90%.	66
Figura 40. Gráfica de Radios por sobrepresión de nubes explosivas (F.E.E.= 0.2)	67
Figura 41. Radios por sobrepresión de nubes explosivas (F.E.E.= 0.2)	68
Figura 42. Radio a 500 m del proyecto UMD “El Marqués”	70
Figura 43. Plano de señalización de extintores y detectores de humo UMD “El Marqués”	75

GENERALIDADES

El Estudio de Riesgo en su Modalidad Análisis de Riesgo para actividades del Sector Hidrocarburos del Proyecto Unidad Móvil de Abastecimiento (UMD) “**El Marqués**”, se ubicará en Autopista México Querétaro, Camino Viejo al Carmen s/n, parcela 65, El Colorado, Lázaro Cárdenas El Marqués, Querétaro, C.P. 76246, promovido por la Empresa Combustibles Ecológicos Mexicanos S.A. de C.V.

La Ley General del Equilibrio Ecológico señala que se considera una actividad altamente riesgosa cuando maneja cantidades iguales o superiores de una o más sustancias señaladas en el Primer y/o Segundo Listados 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 el Proyecto **UMD “El Marqués”** la sustancia a manejar es: Gas Natural Vehicular. 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 18. del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, se presentan el presente Estudio de Riesgo Ambiental incluyendo:

- I. Escenarios y medidas preventivas resultantes del análisis de los riesgos ambientales relacionados con el proyecto;
- II. Descripción de las zonas de protección en torno a las instalaciones, en su caso, y
- III. Señalamiento de las medidas de seguridad en materia ambiental.

Asimismo, se toma en consideración y de manera orientativa la Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos de la Agencia de Seguridad Energía y Ambiente.

1. ESCENARIOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS RESULTANTES DEL ANÁLISIS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en almacenamiento y venta de Gas Natural Comprimido (GNC) a vehículos automotores, principalmente de transporte público por medio de una Unidad Móvil de Distribución (UMD) “**El Marqués**”, propiedad de la empresa Combustibles Ecológicos Mexicanos, S.A. de C.V.

La UMD “**El Marqués**” se ubicará dentro de un predio de 2997.38 m² mediante el contrato de comodato celebrado por Transportes Unidos Castañeda, S.A. de C.V. (TRUCKA) y Combustibles Ecológicos Mexicanos S.A. de C.V. (ENCO GNV), bajo el esquema de arrendamiento, donde se establece el predio en Autopista México Querétaro, Camino Viejo al Carmen s/n, parcela 65, El Colorado, Lázaro Cárdenas El Marqués, Querétaro, C.P. 76246.

El predio tiene una forma rectangular con topografía plana, sin pendientes ni cuerpos de agua. Actualmente el terreno cuenta con una zona de despacho de 405.83 m², una oficina móvil de 14.88 m² y un patio de maniobras de 2576.67 m² aproximadamente, mismo que será acondicionada para la instalación de la UMD “**El Marqués**”.

El Proyecto ya cuenta con la infraestructura necesaria para la red pluvial, sanitaria, energía eléctrica y agua potable, ya que es un predio que está en operación por parte de TRUCKA fuera de responsabilidad de seguridad y operación de ENCO GNV.

1.1.1 Infraestructura

El Proyecto **Unidad Móvil de Abastecimiento (UMD)**, “**El Marqués**”, consiste en transportar gas natural comprimido desde una 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 UMD, integrada por contenedores, un compresor y surtidores a bordo de una plataforma de 40’ remolcadas por un tracto-camión.

La UMD “**El Marqués**” atenderá a un cliente en específico, se contempla un número fijo de unidades y de litros equivalentes mensuales a atender, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1 No. de usuarios y litros mensuales de la UMD “El Marqués”

Usuarios	Números de Usuarios	Litros mensuales
Iniciales	60	150,000
Intermedios	60	150,000
A Futuro	60	150,000

El Proyecto **UMD “El Marqués”** consiste en la distribución de Gas Natural Comprimido para uso Vehicular a través de una Unidad Móvil de Distribución (UMD), montada en un semirremolque, por lo cual se solicitará a la CRE, el Permiso de distribución por medios distintos a ducto de gas natural.

Para realizar la distribución se requieren de los siguientes equipos:

- Compresor de Gas Natural
- Tanque de Almacenamiento
- Mangueras de descarga (02)
- Módulo de transporte de Gas Natural Vehicular (GNV)

Este Proyecto corresponde e integra la construcción, adecuación, instalación y puesta en marcha de la Unidad Móvil de Almacenamiento (UMD), como se muestra en la Figura 1.



A. Tanque de almacenamiento de GNV.

B. Equipo de compresión de GN

C. Mangueras de descarga de GNV

Figura 1. Unidad Móvil de Almacenamiento (UMD)

Los módulos de transporte de GNV serán transportados en plataformas por una empresa que cuente con el permiso de Transporte de GNV por parte de la CRE y se encargarán de llevarlos al punto de descarga.

SKID 40FT CON CILINDROS TIPO 1 - ISO 11120

ESPECIFICACIONES TECNICAS		SKID 12T - 40FT 8634M3
Estándar de Fabricación		ISO 11120
Presión de Trabajo (Bar)		250
Presión de Prueba (Bar)		375
Temperatura de diseño (C)		-20 ~ 60
Diámetro exterior (mm)		559
Volumen nominal de agua (L)		2,420
Largo (mm)		11,580±50
Peso aprox. del Cilindro (kg)		2,550
Cantidad de Cilindros / SKID		12
Volumen total del sistema (Litros)		29,040
Capacidad de GNC (m3)		8,634 ⁽¹⁾
Dimensiones SKID (mm)	Largo	12,192
	Ancho	2,438
	Alto	2,032
Peso vacío del SKID (Kg)		~34,600
Peso aprox. del GNC (kg)		~6,040
Peso aprox. del SKID con gas (Kg)		~40,640




Figura 2. Ficha técnica del módulo de transporte de GNV.

1.1.2 Ubicación geográfica del proyecto

1.1.2.1 Domicilio

La UMD “**El Marqués**”, se ubicará en Autopista México Querétaro, Camino Viejo al Carmen s/n, parcela 65, El Colorado, Lázaro Cárdenas El Marqués, Querétaro, C.P. 76246. Con coordenadas geográficas aproximadas 100°15’53.57” longitud oeste y 20° 34’23.83” latitud norte.

En la Figura 3 se observa el polígono que representa el área del proyecto UMD “**El Marqués**”, el cual será instalado en el patio de maniobras para su operación.

1.1.2.2 Localidad en la que se ubicará el proyecto

Tabla 2 Localidad en la que se ubicará el proyecto

Nº	CLAVE DE LA ENTIDAD	ENTIDAD FEDERATIVA	CLAVE DEL MUNICIPIO	MUNICIPIO	CLAVE DE LA LOCALIDAD	LOCALIDAD
1	22	Querétaro	011	El Marqués	0221	San Cristóbal (El Colorado)

Fuente: Marco Geoestadístico Nacional del INEGI.

1.1.2.3 Mapa de localización del proyecto

En la Figura 3 se observa el polígono que representa el área del proyecto **UMD “El Marqués”**, el cual será instalado en el patio de maniobras para su operación (Figura 4).



Figura 3. Polígono del Proyecto UMD “El Marqués”



Figura 4. Ubicación de la UMD “El Marqués”

1.1.2.4 Coordenadas geográficas del proyecto

En la Tabla 3 se enlistan las coordenadas del polígono del Proyecto y en la Tabla 4 las coordenadas de ubicación de la **UMD “El Marqués”**.

Tabla 2. Coordenadas geográficas y UTM del polígono del proyecto.

ID	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
	Longitud O	Latitud N	Longitud m E	Latitud m N
A	100°15'55.23"	20°34'22.84"	368115.95 m	2275404.63 m
B	100°15'53.95"	20°34'22.81"	368153.20 m	2275403.40 m
C	100°15'55.13"	20°34'25.43"	368119.66 m	2275484.25 m
D	100°15'53.88"	20°34'25.40"	368155.75 m	2275482.99 m

Tabla 3. Coordenadas geográficas y UTM del polígono de la UMD

CUADRO DE COORDENADAS DE LA UBICACIÓN DE LA UNIDAD MÓVIL DE DISTRIBUCIÓN		
ZONA 14 Q		
ID	ESTE	NORTE
A	368132.00 m	2275463.00 m
B	368143.00 m	2275462.00 m
C	368141.00 m	2275426.00 m
D	368130.00 m	2275427.00 m

En el Figura 5 se observa la localización general del Proyecto **UMD “El Marqués”**.

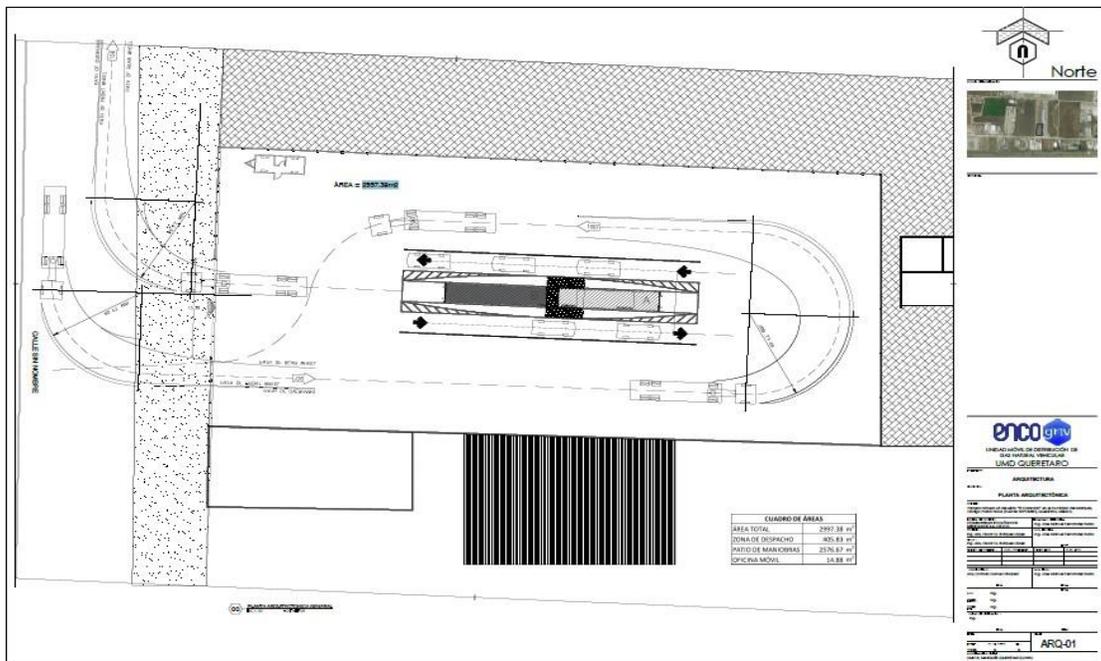


Figura 5. Localización General del Proyecto UMD “El Marqués”, propiedad de Combustibles Ecológicos Mexicanos S.A. de C.V.

En el **Anexo B** se incluye el plano de Planta Arquitectónica (coordenadas UTM) de la **UMD “El Marqués”**.

1.1.2.5 Colindancias del proyecto

La **UMD “El Marqués”** se ubicará dentro del patio de maniobras del predio ubicado en Autopista México Querétaro, Camino Viejo al Carmen s/n, parcela 65, El Colorado, Lázaro Cárdenas El Marqués, Querétaro, C.P. 76246 y presenta las siguientes colindancias:

1. Norte: Transportadora Baco
2. Sur: Desperdicios Industriales Ugalde
3. Oriente: Transportes Mex Ameri K
4. Poniente: AVARSA La Piedad Querétaro



Figura 6. Colindancias del Proyecto UMD “El Marqués”.

El cuerpo de agua más cercano al Proyecto es el Río Querétaro, con una distancia de 19.5 km aproximadamente.

El predio se encuentra en una zona rural; para la instalación y puesta en marcha de la UMD solo se dará uso del patio de maniobras del predio de las instalaciones ya existentes.

1.1.2.6 Dimensiones del proyecto

Las dimensiones del proyecto son las siguientes:

- Superficie del predio del Proyecto **UMD “El Marqués”** 2,997.38 m².
- Superficie por afectar con respecto a la cobertura vegetal original: 0.0 m². La obra no afecta ningún tipo de cobertura vegetal. Ya que se trata de una zona donde las condiciones naturales del terreno ya se encuentran perturbadas por efecto del uso que se le da actualmente por parte de Transportes Unidos Castañeda S.A. de C.V (TRUCKA).
- Superficie con obras permanentes y ya construidas propiedad de TRUCKA, en la Tabla 5 se muestra el desglose de superficie de las distintas zonas donde se ubicará la **UMD “El Marqués”**, cabe mencionar que la UMD se instalará en una zona destinada del área libre del predio total de TRUCKA

Tabla 4. Usos y Áreas del área del Proyecto UMD “El Marqués” de ENCO GNV

Uso específico	Área (m ²)	Porcentaje (%)
UMD	204.5	7.7
Oficina móvil	47	1.8
Operación de UMD	1,327	50
Maniobras	1,075.5	40.5
Total	2,654	100

1.1.2.7 Vías de acceso

La vialidad para acceder al predio es por la Autopista México Querétaro, es una vialidad de un sentido (Figura 7).



Figura 7 Vía de acceso al Proyecto.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Las UMD, como su nombre lo indica, funcionan como un punto móvil de distribución de Gas Natural, el cual se ubicará de forma temporal. La UMD 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 muestran los elementos que componen la UMD.

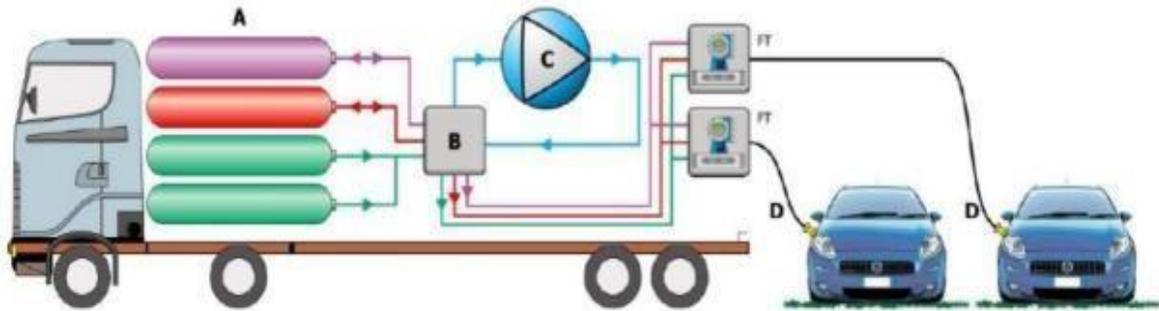


Figura 8. Esquema de funcionamiento de la UMD

Cuando el autotankero móvil “Mobile-Refueling Unit” (UMD) de gas natural comprimido Vehicular (GNCV) 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) esta operación sólo ocurre cuando no exista un despacho a vehículos. En el caso en donde sí exista un despacho, el compresor distribuye a través de tres líneas independientes (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 GNCV

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 UMD 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 UMD 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 Módulos de Almacenamiento Transportables (por una persona moral que cuente con el permiso CRE).

Los equipos que forman parte de la UMD son:

- Recinto de Compresión: Compresor
- Recinto de Compresión: Dispensadores
- Almacenamiento de Gas Natural
- Porta-contenedor 40FT, se usará sólo para montar los equipos antes mencionados y transportarlos.



Figura 9. Equipos que conforman la UMD.

En la Tabla 5 se indican las características de los equipos que conforman la UMD.

Tabla 5. Características equipo UMD

Equipo para la estación	Cantidad	Características
Plataforma Plana Porta Contenedor 40ft	1	Remolque: Capacidad de carga: 40,000 kg Dimensiones: largo: 10.06 m, ancho: 2.60 m y alto: 1.45 m 3 ejes placas: PENDIENTE
UMD mecánica	1	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	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

La Figura 10 muestra el Diagrama de Flujo de Proceso de la UMD donde se muestra el funcionamiento de la máquina.

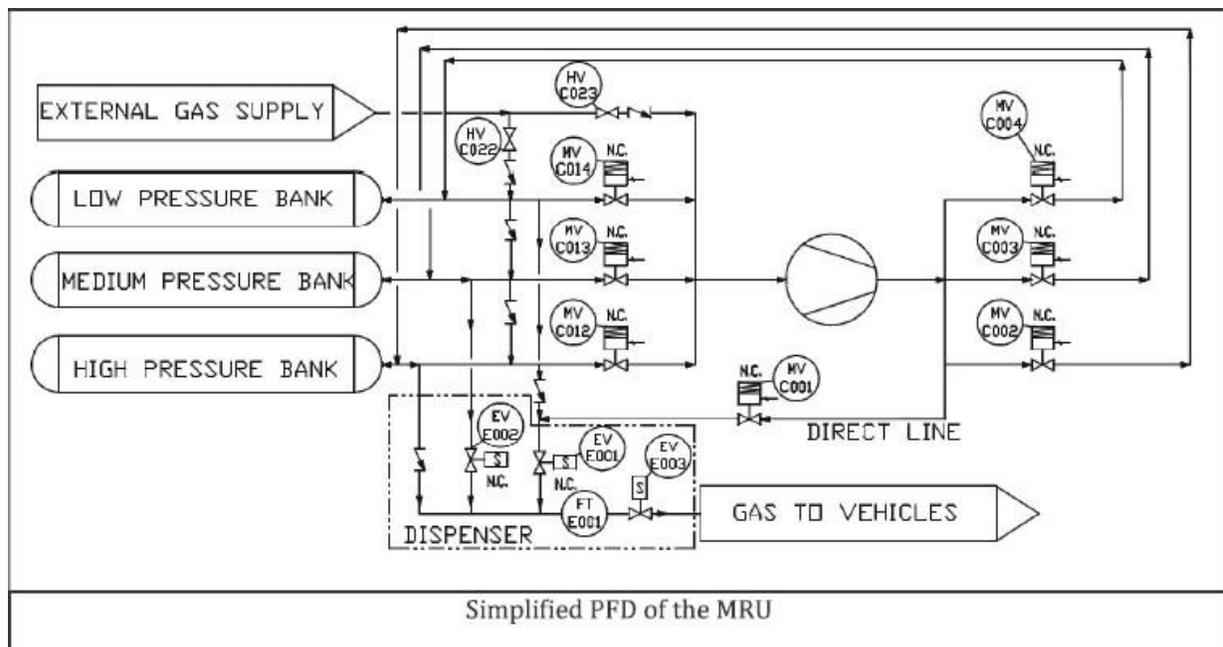


Figura 10. Diagrama de flujo de Proceso. Manual técnico

La UMD es diseñada para ser instalada sobre un tráiler y ser conectada a una subdivisión de almacenamiento móvil separadas en tres bancos de baja, media y alta presión.

- **Unidad de Compresión.** La unidad de compresión está compuesta por el siguiente sistema principal:
 - a) un compresor alternativo
 - b) un sistema de gas de proceso (parcialmente montado sobre el patín),
 - c) un sistema de agua de refrigeración
 - d) un sistema de lubricación
 - e) un sistema de separación
 - f) un sistema de filtración de línea de entrada
 - g) circuito neumático

a) Compresor reciprocante mod. ST63TBM200/10-ICE

La unidad de compresión consiste en un compresor volumétrico alternativo con cilindros. Los compresores alternativos SAFE alcanzan altos niveles de rendimiento gracias al uso de materiales tecnológicamente avanzados, control de sistemas, automatización, diseño y métodos de simulación. Los recientes sistemas de automatización ayudan considerablemente en los sistemas recién instalados y en la amortización del sistema existente para:

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 al 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 flexible y un acoplador flexible de amortiguación.

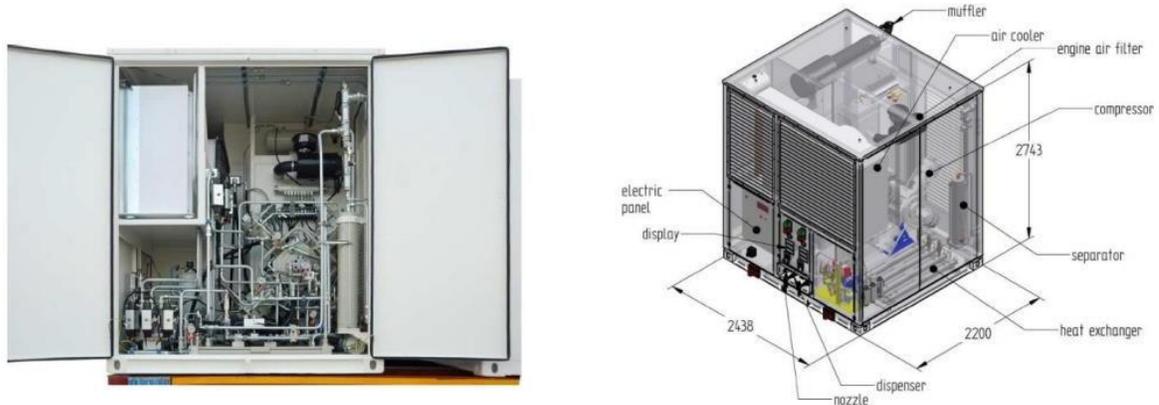


Figura 11. Compresor de la UMD. Manual técnico.

b) 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. 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) Sistema de enfriamiento por agua

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).

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

Tabla 6. Mezcla de agua con glicol según la temperatura ambiente mínima. Manual técnico

Glicol en peso de mezcla agua-glicol (%)	Temperatura de congelación (°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) Sistema de lubricación

Los componentes del sistema de lubricación con aceite:

- **Tanque de aceite** (caja del bloque del 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 filtro 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 mínimo indicados en el indicador de nivel.

e) Sistema automático de filtración y 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) 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.

Identificación y especificaciones del compresor:

Modelo del compresor:	ST63TBM200-10-ICE
Líquidos comprimibles:	Natural methane-based gas CH4 (H2S<2% - CO2<4%)
Densidad del gas:	0.60÷0,82 kg/m3
RPM nominal:	1500
Número de etapas del compresor:	3
Presión mínima de admisión del compresor:	10 bar r
Presión máxima de admisión del compresor:	200 bar r
Presión máxima de suministro del compresor:	250 bar
Requerimientos de energía:	75 KW

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 12. Dispensarios de la UMD

En el **Anexo B** 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 UMD 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 es 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.

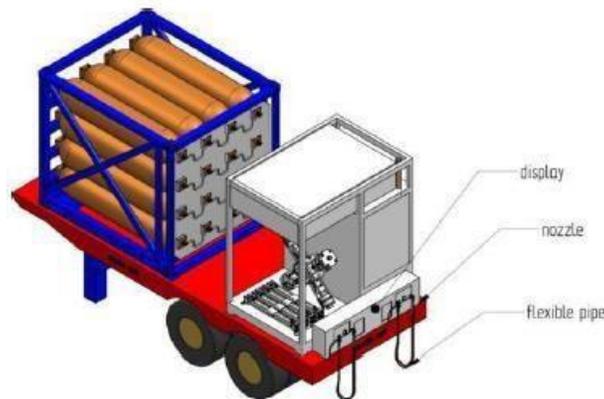


Figura 13. Vista de Unidad de Almacenamiento de la UMD.

1.2.1 Procedimiento para el suministro de gas natural a vehículos

El personal requerido para la operación de la **UMD “El Marqués”** es de un máximo de 6 personas: 4 despachadores, 1 administrador y 1 técnico de mantenimiento que trabajarán en turnos de 8 horas.

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

El operador de una UMD de GNCV, debe tener la capacidad de identificar los componentes, tomar lecturas, interpretar y realizar observaciones de los diferentes elementos, verificar el estado de las partes y su funcionamiento, para realizar una excelente inspección que sirva como insumo para la adecuada operación y mantenimiento en la UMD. Además, el operador debe suministrar combustible, recibir el dinero de venta y reportarlo en las consignaciones de acuerdo con las normas de la empresa.

La operación de las Unidades de Abastecimiento Móvil (UMD) de GNCV, requiere de personal capacitado técnicamente con altos valores para prestar un servicio de excelente calidad a los clientes.

El procedimiento de llenado de los vehículos es una operación muy simple, reduciéndose a los siguientes pasos:

- 1) Verificar el cumplimiento de las condiciones:
- 2) Presión de suministro de GNCV.
- 3) Válvula esférica de bloqueo manual totalmente abierta.
- 4) Cumplidas estas condiciones, el operador desprende la válvula de carga de su alojamiento
- 5) Inicia la recepción e interactúa con los clientes para ubicar correctamente los vehículos
- 6) Revisa plaqueta, calcomanía, o chip y/o usa código
- 7) Se produce la puesta en cero en el tablero del surtidor y posteriormente se abre la válvula solenoide
- 8) Acopla la manguera de llenado. Este acople debe hacerse sin mucho esfuerzo; si hay alguna resistencia, se debe limpiar y lubricar la boquilla y cuando este acoplada la manguera, se debe girar lentamente la válvula de llenado.
- 9) Normalmente el sistema del vehículo llegará a su presión de llenado entre 4 y 5 minutos. Durante el llenado se oirá y sentirá una pequeña vibración en la medida que el gas este pasando por la manguera. Cuando el flujo de gas pare, cierre la válvula en la línea de gas, releve la presión de entre la manguera y la conexión del vehículo.

1.2.2 Suministro de GNC a UMD

La base de compresión de gas natural en donde se proveerá el suministro del hidrocarburo será a través de una empresa que cuente con el permiso de Transporte de GNC por parte de la CRE, quien se encargará de llevarlo al punto de descarga del proyecto.

Los módulos de transporte de GNC serán transportados en plataformas como se indica en la Figura 14.

SKID 40FT CON CILINDROS TIPO 1 - ISO 11120

ESPECIFICACIONES TECNICAS	SKID 12T - 40FT 8634M3		
Estándar de Fabricación	ISO 11120		
Presión de Trabajo (Bar)	250		
Presión de Prueba (Bar)	375		
Temperatura de diseño (C)	-20 ~ 60		
Diámetro exterior (mm)	559		
Volumen nominal de agua (L)	2,420		
Largo (mm)	11,580±50		
Peso aprox. del Cilindro (kg)	2,550		
Cantidad de Cilindros / SKID	12		
Volumen total del sistema (Litros)	29,040		
Capacidad de GNC (m3)	8,634 ⁽¹⁾		
Dimensiones SKID (mm)	Largo		12,192
	Ancho		2,438
	Alto		2,032
Peso vacío del SKID (Kg)	~34,600		
Peso aprox. del GNC (kg)	~6,040		
Peso aprox. del SKID con gas (Kg)	~40,640		

Figura 14. Ficha técnica del módulo de transporte de GNV.

1.2.3 Sustancias manejadas en el proceso

La sustancia química involucrada en el proceso es el **gas natural** el cual se compone principalmente de gas metano, la hoja de seguridad con sus datos y características se encuentra a continuación.

Tabla 7. Identidad Química del Gas Natural

Nombre químico	Número CAS	Concentración	Otros identificadores únicos
Gas natural	8006-14-2	100.00 %	Número Comunidad Europea 232-343-9

Tabla 8. Identificación de Peligros

Peligros	Clasificación SAC	Indicación de peligro
Físicos	Gas inflamable, categoría 1A. Gas a presión, categoría gas comprimido.	H220 Gas extremadamente inflamable. H280 Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta
Para la Salud	Corrosión / irritación cutánea, categoría 2. Lesiones oculares graves / irritación ocular, categoría 2A-	H315 Provoca irritación cutánea. H319 Provoca irritación ocular grave. Nota: Las indicaciones para peligros para la salud fueron tomadas de ECHA, 2018.
Para el Medio Ambiente	No aplica.	No aplica.

Elementos de las etiquetas del SAC
Pictograma



Figura 15. Pictogramas de identificación de peligros

En la siguiente tabla se observa la clasificación del riesgo del Gas Natural por parte de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA por sus siglas en inglés).

Tabla 9. Clasificación de riesgo de la NFPA Gas natural.

4	Inflamabilidad
1	Salud
0	Reactividad
	Especial

Siendo el gas natural una sustancia, sus componentes principales son: Metano con 83,0% volumen mínimo en la Zona Sur y 84,0% volumen mínimo (CPG Poza Rica, Burgos y Arenque; así como Etano con un 11,0%volumen máximo (PTI, 2018). Las impurezas y aditivos estabilizadores que contiene son: Etil Mercaptano 17-28 ppm, H₂S 6,0 mg/m³ máximo, Azufre total 150 mg/m³ máximo, Nitrógeno 8,0% volumen máximo (Zona Sur) y 4,0% volumen máximo (CPG Poza Rica, Burgos y Arenque), CO₂ 3,0%volumen máximo, Oxígeno 0,2%volumen máximo) y Humedad 110 mg/m³ máximo.

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos ligeros compuestos principalmente de metano, etano, propano, butanos y pentanos. Otros componentes tales como el CO₂, el helio, el sulfuro de hidrogeno y el nitrógeno se encuentran también en el gas natural.

El metano es una sustancia altamente inflamable, se quema fácilmente y casi totalmente. El gas natural no es corrosivo ni toxico, su temperatura de combustión es elevada y posee un estrecho intervalo de inflamabilidad, lo que hace de él un combustible fósil seguro en comparación con otras fuentes de energías.

El gas natural es incoloro, inodoro, insípido, sin forma particular y más ligero que el aire. Se presenta en su forma gaseosa por debajo de los -161°C. Por razones de seguridad, se le añade mercaptano, un agente químico que le da un olor a huevo podrido, con el propósito de detectar una posible fuga de gas, a continuación, se describirá este componente.

Propiedades	
Nombre del producto	Gas Natural
Nombre químico	Metano
Familia química	Hidrocarburos del petróleo
Formula molecular	Mezcla (CH ₄ + C ₂ H ₆ + C ₃ H ₈)
Peso molecular	18.2
Temperatura de ebullición (1 atmósfera)	- 160.0 °C
Temperatura de fusión	- 182.0 °C
Densidad de los vapores (Aire=1, 15.5 °C)	0.61 (más ligero que el aire)
Densidad del líquido (Aire=1, 0/4 °C)	0.554
Relación de Expansión	1 litro de líquido se convierte en 600 litros de gas
Solubilidad en agua (20 °C)	Ligeramente soluble (0.1, 10%)

Figura 16. Propiedades del Gas natural

Etil-mercaptano

El Etil-mercaptano es un gas que se emplea en la odorización del Gas Natural. Por decreto de la Norma Oficial Mexicana (NOM-003-ASEA-2016), el gas debe ser odorizado a una concentración tal que permita ser detectado por el olfato cuando las concentraciones alcancen una quinta parte del límite inferior de explosividad (LIE), o cuando la proporción de gas en aire sea de 1% (uno por ciento).

De acuerdo con el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Químicos, el Etil-mercaptano se clasifica bajo las siguientes claves.

Tabla 10. Clasificación del etil-mercaptano de acuerdo con el sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de químicos

Código	Indicación de Peligro Físico	Clase de Peligro	Categoría de Peligro
H224	Líquidos y vapores extremadamente inflamables	Líquidos inflamables	1
H302	Nocivo en caso de ingestión	Toxicidad aguda por ingestión	4
H317	Puede provocar una reacción cutánea alérgica	Sensibilización cutánea	1, 1A, 1B
H332	Nocivo si se inhala	Toxicidad aguda por inhalación	4

Por parte de la clasificación de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, el Etil-mercaptano se clasifica de la siguiente manera:

Tabla 11. Clasificación de riesgo del Etil-mercaptano según la NFPA

0	Inflamabilidad
3	Salud
0	Reactividad
	Especial

1.2.4 Condiciones de operación de la Estación de Servicio (EDS)

Este Proyecto solo contempla una unidad móvil 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, y a continuación se presentan algunas para una fácil relación.

Tabla 12. 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 13. 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

1.2.2 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
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

Dispositivo	Descripción
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	Se instalarán de acuerdo con la normatividad vigente

Instalación del sistema de CCTV y datos: Esta área contará con un sistema de datos tipo modem inalámbrico para comunicación con la UMD 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.

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 UMD 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.)

Instalación de sistema contra incendio: Se colocarán seis (6) equipos de extintores del tipo Polvo Químico Seco (PQS) capacidad 4.5 kg c/u con base para soporte en pared con su debida señalética visible. También se utilizará un detector de humo.

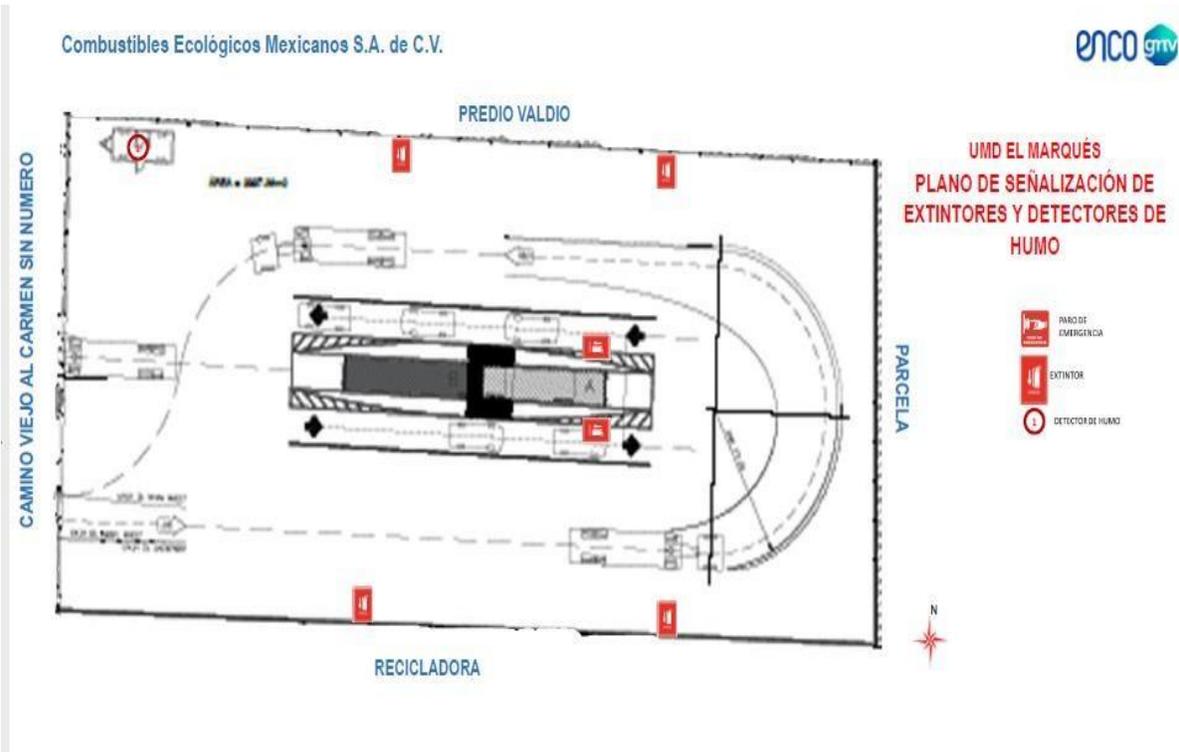


Figura 17. Plano de señalización de extintores y detectores de humo

1.3 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

1.3.1 Clima

En General Lázaro Cárdenas (El Colorado), la temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es parcialmente nublada y es caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 5 °C a 29 °C y rara vez baja a menos de 2 °C o sube a más de 32 °C.

En base a la puntuación de turismo, la mejor época del año para visitar General Lázaro Cárdenas (El Colorado) para actividades de tiempo caluroso es desde principios de abril hasta principios de junio.

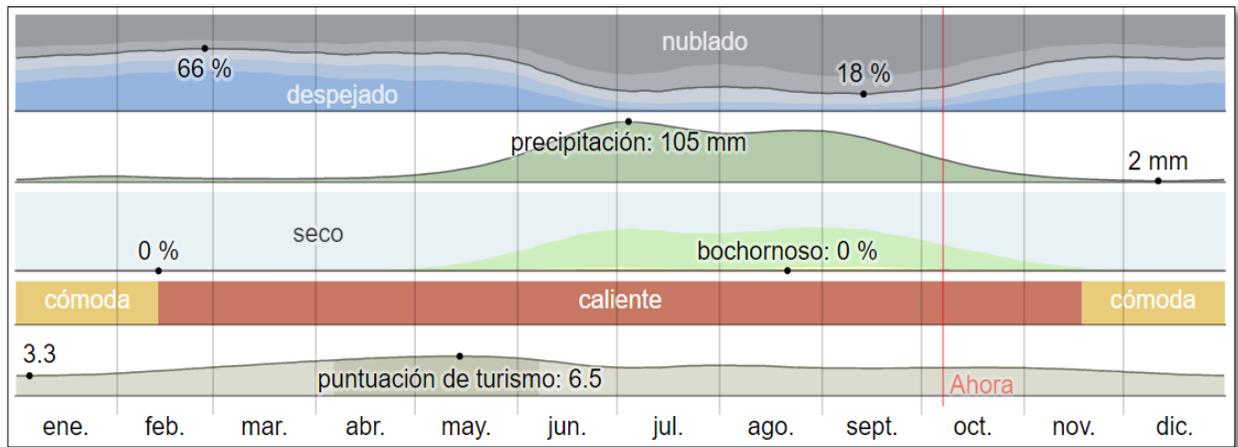


Figura 18. Resumen del Clima del municipio de Lázaro Cárdenas El Marqués, Querétaro.

1.3.2 Temperatura

La temporada templada dura 2,2 meses, del 5 de abril al 13 de junio, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 28 °C. El día más caluroso del año es el 10 de mayo, con una temperatura máxima promedio de 29 °C y una temperatura mínima promedio de 13 °C.

La temporada fresca dura 2,3 meses, del 29 de noviembre al 8 de febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 24 °C. El día más frío del año es el 8 de enero, con una temperatura mínima promedio de 5 °C y máxima promedio de 22 °C.

La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25º a 75º, y 10º a 90º. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.

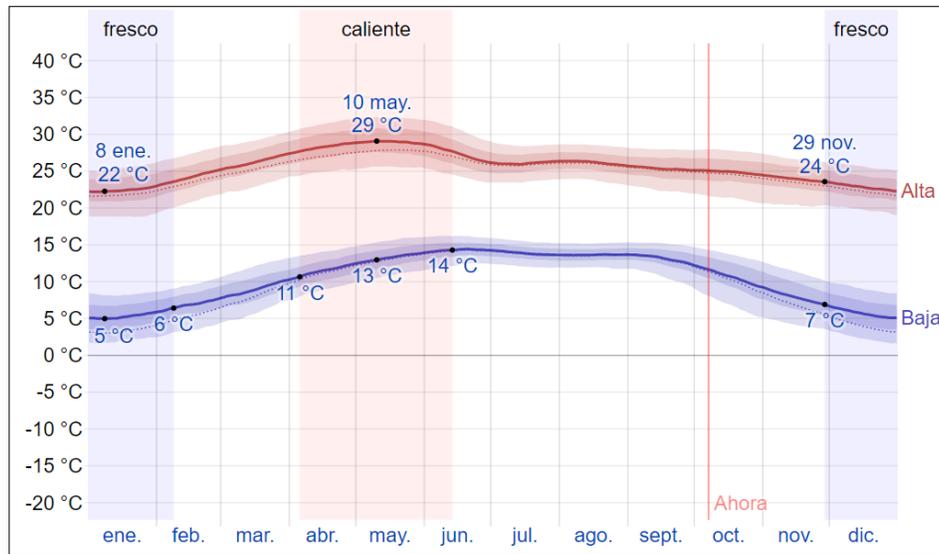


Figura 19. Temperatura máxima y mínima promedio

1.3.3 Precipitaciones

Un día *mojado* es un día con por lo menos *1 milímetro* de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en General Lázaro Cárdenas (El Colorado) varía muy considerablemente durante el año.

La *temporada más mojada* dura *3,9 meses*, de *4 de junio* a *1 de octubre*, con una probabilidad de más del *30 %* de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del *58 %* el *13 de julio*.

La *temporada más seca* dura *8,1 meses*, del *1 de octubre* al *4 de junio*. La probabilidad mínima de un día mojado es del *2 %* el *11 de diciembre*.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen *solamente lluvia*, *solamente nieve* o una *combinación* de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es *solo lluvia*, con una probabilidad máxima del *58 %* el *13 de julio*.

El porcentaje de días en los que se observan diferentes tipos de precipitación, excluidas las cantidades ínfimas: solo lluvia, solo nieve, mezcla (llovió y nevó el mismo día).

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. General Lázaro Cárdenas (El Colorado) tiene una variación *extremada* de lluvia mensual por estación.

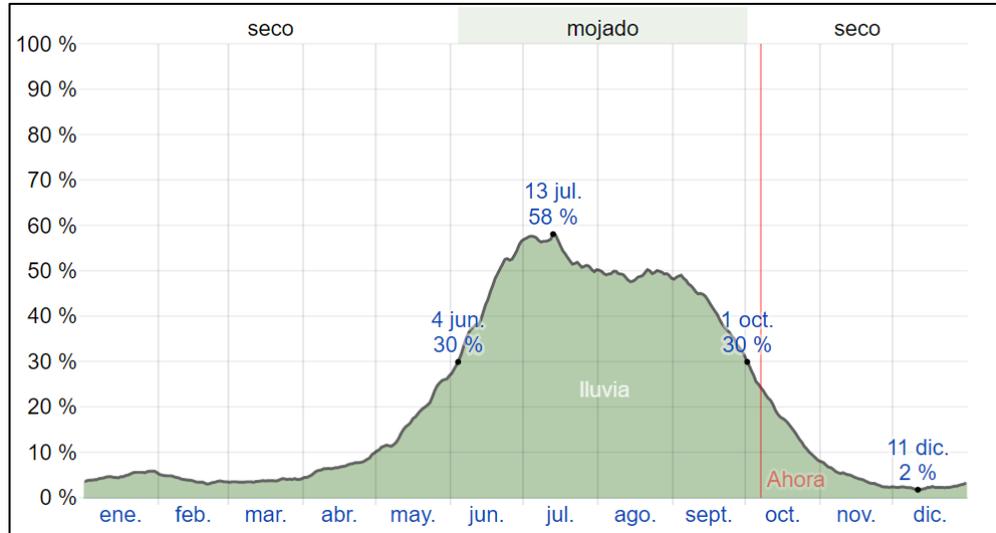


Figura 20. Probabilidad de precipitación.

La temporada de *lluvia dura 6,0 meses*, del 1 de mayo al 1 de noviembre, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 4 de julio, con una acumulación total promedio de 105 milímetros.

El periodo del año *sin lluvia dura 6,0 meses*, del 1 de noviembre al 1 de mayo. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 11 de diciembre, con una acumulación total promedio de 2 milímetros.

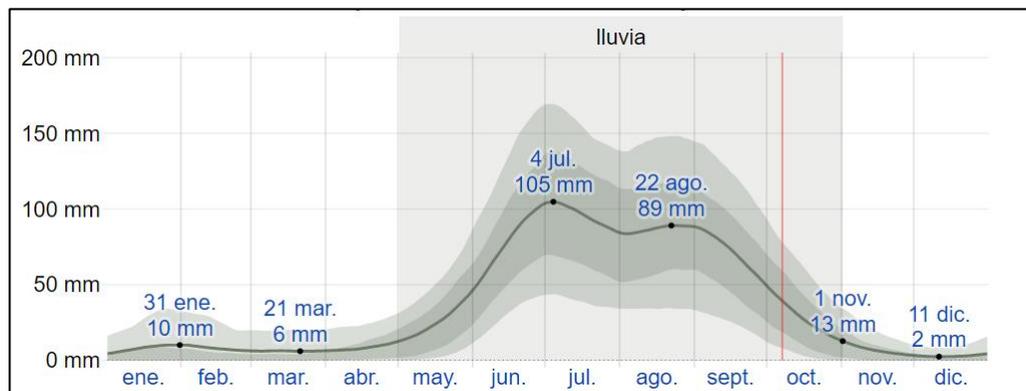


Figura 21. Probabilidad de precipitación de lluvia mensual promedio.

La lluvia promedio (línea sólida) acumulada en un periodo móvil de 31 días centrado en el día en cuestión, con las bandas de percentiles del 25º al 75º y del 10º al 90º. La línea delgada punteada es el equivalente de nieve en líquido promedio correspondiente.

1.3.4 Viento

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en General Lázaro Cárdenas (El Colorado) tiene variaciones estacionales *leves* en el transcurso del año.

La parte *más ventosa* del año dura 4,4 meses, del 2 de junio al 14 de octubre, con velocidades promedio del viento de más de 12,3 kilómetros por hora. El día *más ventoso* del año es el 27 de junio, con una velocidad promedio del viento de 13,4 kilómetros por hora.

El tiempo *más calmado* del año dura 7,6 meses, del 14 de octubre al 2 de junio. El día *más calmado* del año es el 21 de diciembre, con una velocidad promedio del viento de 11,2 kilómetros por hora.

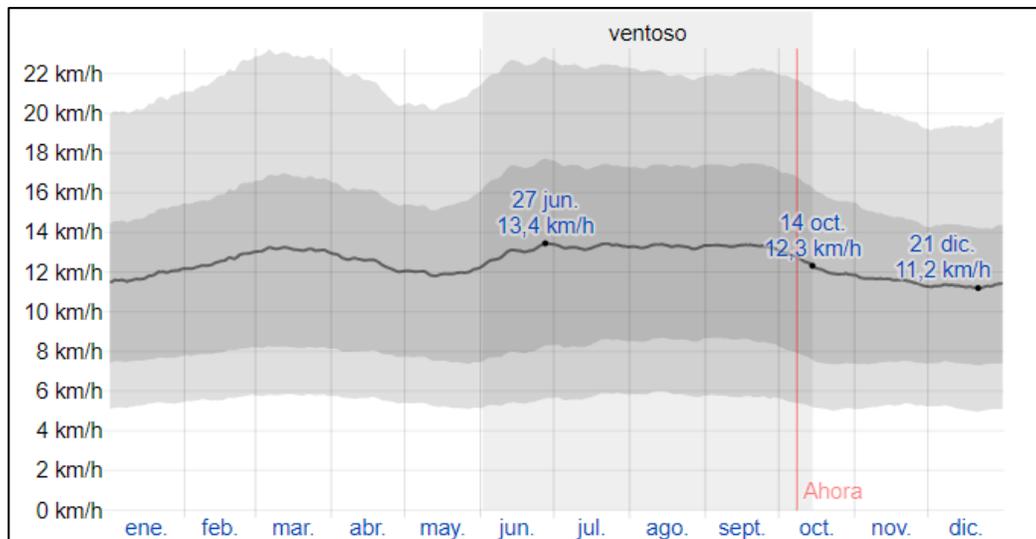


Figura 22. Probabilidad de viento mensual promedio.

El promedio de la velocidad media del viento por hora (línea gris oscuro), con las bandas de percentil 25º a 75º y 10º a 90º.

La dirección predominante promedio por hora del viento en General Lázaro Cárdenas (El Colorado) varía durante el año.

El viento con más frecuencia viene del oeste durante 2,4 meses, del 15 de febrero al 27 de abril, con un porcentaje máximo del 40 % en 20 de marzo. El viento con más frecuencia viene del este durante 9,6 meses, del 27 de abril al 15 de febrero, con un porcentaje máximo del 39 % en 1 de enero.

1.3.5 Humedad

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

El nivel de humedad percibido en General Lázaro Cárdenas (El Colorado), medido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insoportable, no varía considerablemente durante el año, y permanece prácticamente constante en 0 %.

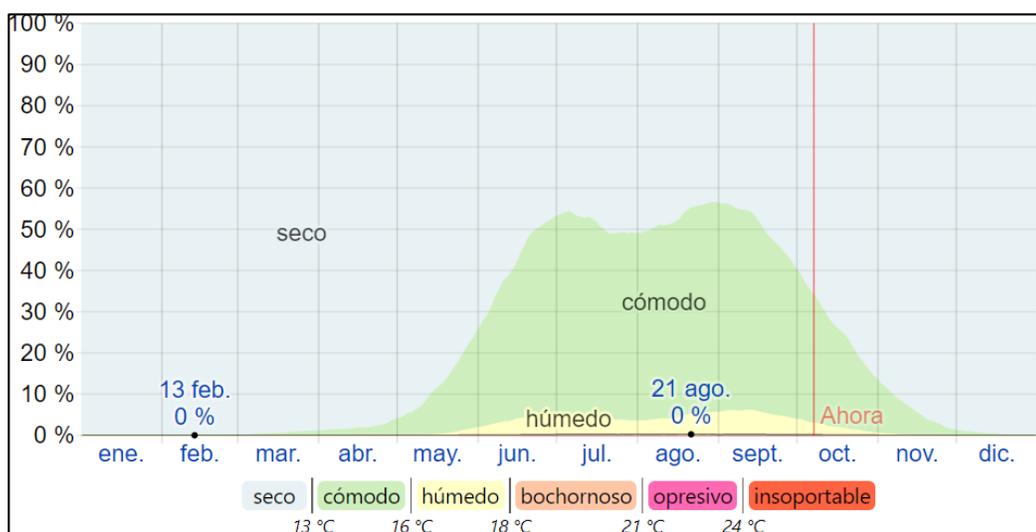


Figura 23. Nivel de comodidad de la humedad.

1.3.6 Geología

Geología Periodo Roca Neógeno (37.1%), Terciario-Quaternario (30.9) y Cuaternario (30.1%) Ígnea extrusiva: basalto (23.3%), riolita-toba ácida (20.9%), andesita (7.1%), riolita (3.8%), toba ácida (1.8%) y basalto-brecha volcánica básica (0.5%) Sedimentaria: arenisca-conglomerado (8.1%) y arenisca (2.5%) Suelo: aluvial (30.18%).

Las zonas más septentrionales de los municipios de Querétaro y El Marqués, tiene terrenos pertenecientes a la provincia fisiográfica de la Mesa del Centro (14), y las porciones central y sur de los terrenos de los municipios mencionados pertenecen a la provincia del Eje Neovolcánico, junto con la totalidad del municipio de Corregidora.

Los terrenos del Eje Neovolcánico comprenden llanuras o bajíos rellenas por depósitos aluviales o lacustres del Cuaternario, que se encuentran a una altitud que va de los 1,780 (al poniente de la ciudad de Santiago Querétaro) hasta casi 2,000 msnm (en la parte Oriental del Marqués). Las más notables son la que se extiende desde San Juan del Río hasta la

Cuesta China, a través de los municipios de San Juan del Río, Pedro Escobedo, parte de Colón y El Marqués, cuya altitud promedio es de unos 1,950 msnm, así como otra más pequeña denominada Bajío Querétaro, donde se localizan la capital y la cabecera del municipio de Corregidora: El Pueblito.

Además existen algunas llanuras de pendiente suave y piso rocoso, y lomeríos, principalmente formados por tobas ácidas, brechas volcánicas o basalto, que con frecuencia están alrededor de sierras y aparatos volcánicos de varios tipos, todos ellos del Plioceno, entre los que destaca una caldera o cráter de explosión: la de Amealco, coronada por el Cerro del Gallo, que aunque se encuentra al sur del estado y fuera de los municipios de los que se trata aquí, conviene mencionarla por ser una estructura de gran envergadura e importancia.

Los terrenos de la Mesa Central que forman parte de los municipios de El Marqués y Querétaro, son básicamente sierras volcánicas más antiguas que las del Eje Neovolcánico, que presentan laderas abruptas y, en varios casos, fuertemente disectadas, al norte de El Marqués, con altitudes de 2,600 a 2,900 msnm, y mesetas cuyas superficies rocosas rondan los 2,500 m de altitud. Las rocas predominantes en estas geoformas son riolitas y tobas ácidas de Terciario Superior con actitud casi horizontal.

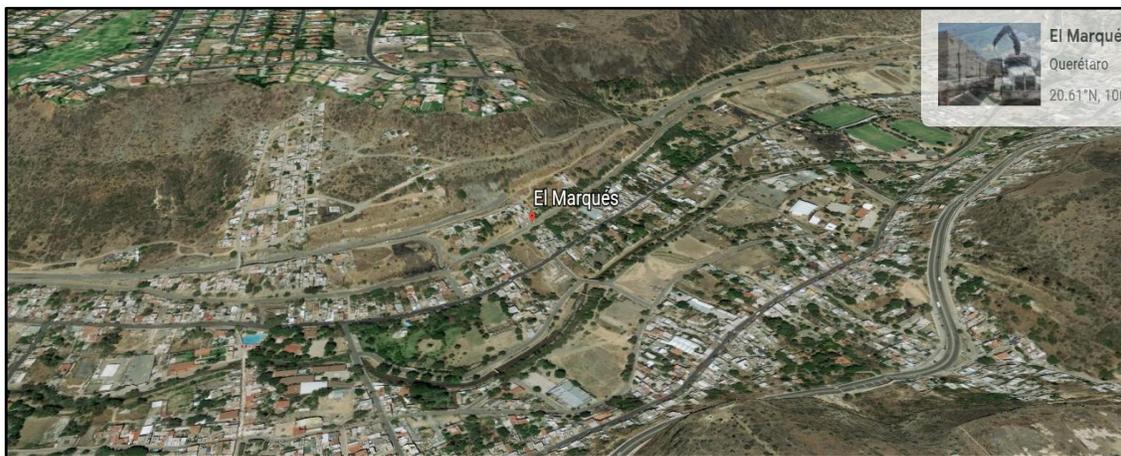


Figura 24. Toma área del municipio El Marqués, Querétaro.

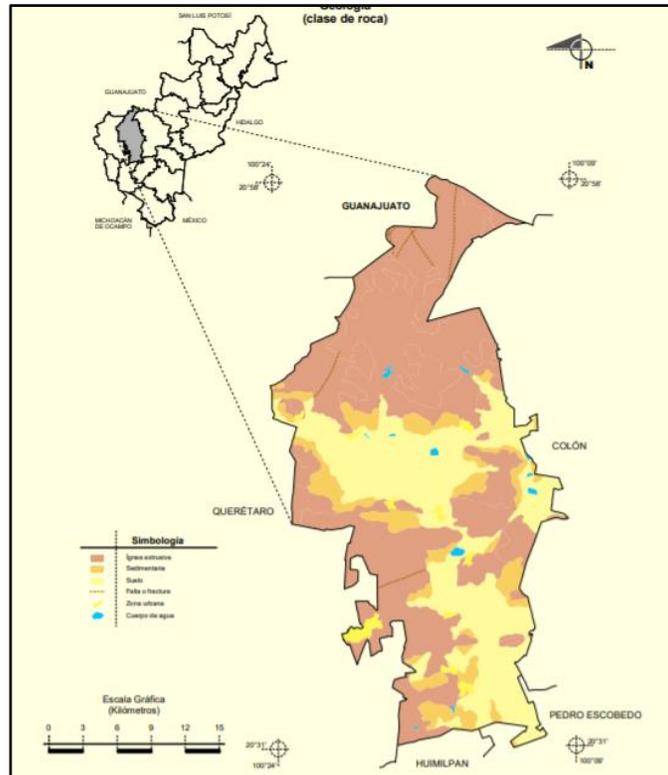


Figura 25. Mapa geológico del municipio El Marqués, Querétaro.

1.3.7 Edafología

La clasificación de los suelos del municipio de El Marqués se basó en la clasificación propuesta por FAO-UNESCO (1974). Dentro del municipio se localizan cinco clases diferentes de suelos descritos según la carta edafológica escala 1:50,000 para el Estado de Querétaro INEGI (2005). Las clases de suelos son: Feozem, Fluvisol, Litosol, Vertisol y Yermosol.

Los tipos de suelo predominante en el municipio son el Feozem, con una extensión de 32,536.6 ha que representa el 43.1% del total del territorio municipal y el Vertisol que cubre el 34.6% (26,157.4ha). El Feozem se distribuye en todo el municipio, pero se encuentra principalmente en la zona Norte y al Este de la zona centro del municipio. El Vertisol se distribuye diagonalmente de zona Noroeste-Sureste del territorio de El Marqués bajo el trazo de las principales vialidades.

El Litosol se encuentra primordialmente ubicado al Noroeste del municipio con 14,896.7 has cubiertas que representan el 19.7% del área de estudio. El Yermosol y Fluvisol cubren el 1.7% y el 0.9% del territorio respectivamente.

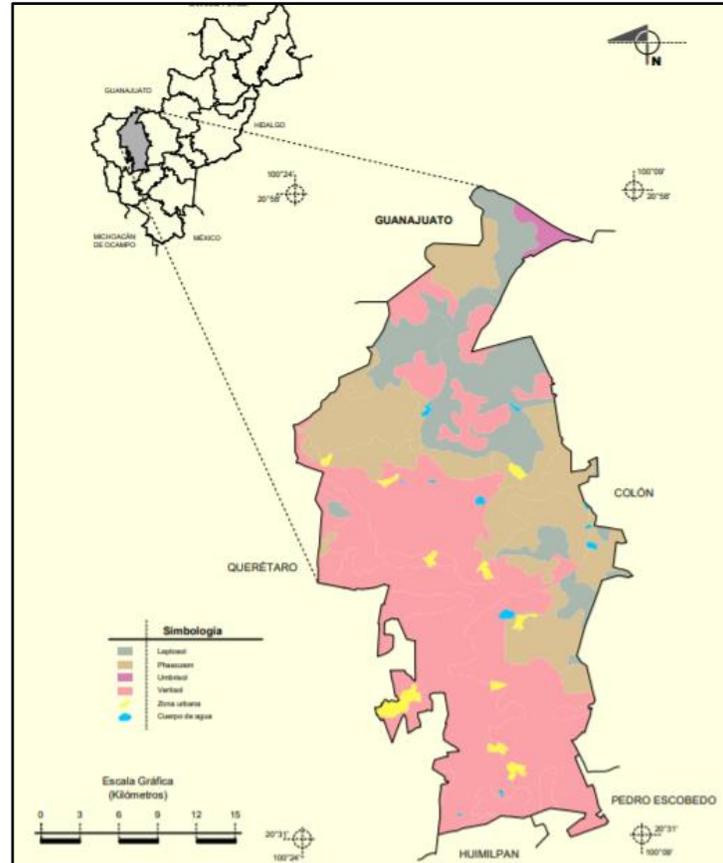


Figura 26. Mapa edafológico del municipio El Marqués, Querétaro.

1.3.8 Hidrografía

Situado en la zona correspondiente a la región hidrológica Lerma-Chapala-Santiago, tiene pocas corrientes acuíferas y niveles de precipitación bajos ya que, durante el verano, la precipitación pluvial registra aproximadamente 547.2 mm. Debido a la sobre explotación de los mantos acuíferos, se ha decretado una veda con el fin de evitar mayor deterioro.

El río Querétaro es la principal corriente superficial, aunque sólo lleva un buen caudal cuando la precipitación pluvial se incrementa; de menor importancia se considera a los ríos Chichimequillas y Pinal, así como los arroyos El Durazno, El Roble, Tepozanes, Piedras Lisas, Frijolillo, El Laurel, La Pila, La Angostura, La Gotera y Las Tinajas principalmente.

La corriente principal del municipio es el río Querétaro, la cual proviene de La Cañada, municipio de El Marqués.

1.3.8.1 Hidrología subterránea

En la zona se localizan, bajo las llanuras o bajíos, acuíferos de consideración que tienen intenso aprovechamiento y que se encuentran sobreexplotados y en condición de veda desde hace décadas. Se considera, dada la dinámica de descenso en los niveles observados en pozos piloto, que la extracción supera ampliamente a las recargas. Aunque

se tiene alguna evidencia de que estos acuíferos, e particular el que subyace a la capital del estado, se recargan desde la zona oriental de El Marqués, y porciones de los municipios de Colón y Pedro Escobedo, no existe aún estudios concluyentes acerca de esto y lo cierto es que las posibles zonas de recarga, o bien material no consolidado algo más permeable pero cubierto en gran parte por suelos arcillosos de permeabilidad moderada o baja.

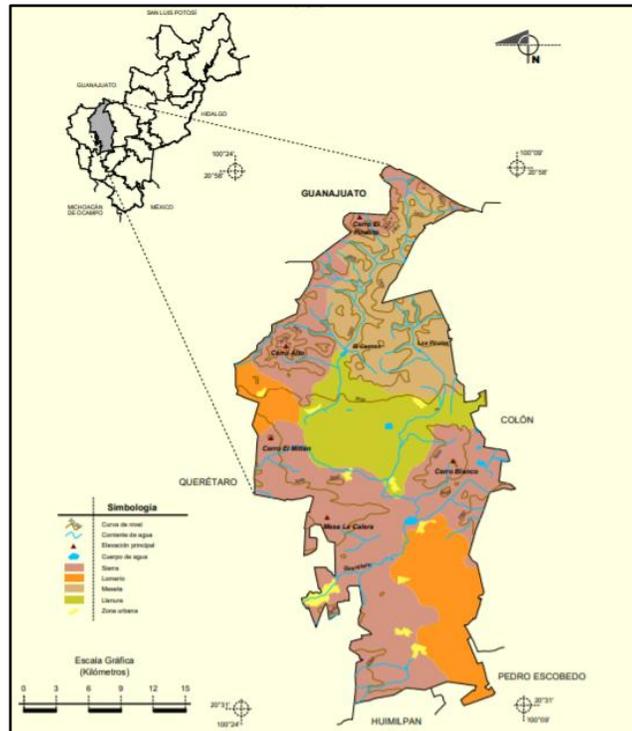


Figura 27. Mapa hidrológico del municipio El Marqués, Querétaro.

1.3.9 Flora y fauna

1.3.9.1 Flora

En cuanto a la vegetación, según las características de suelo, cerca de los arroyos podemos encontrar árboles frutales, cedros, fresnos, oyameles y carrizales; en las zonas planas podemos apreciar los mezquites, huizaches, pirules y palos bobos.

En las zonas donde escasea el agua encontramos gran diversidad de cactáceas y en una pequeña zona alta del municipio hay algunas piezas de pinos, cedros rojos, encinos, pingüicas y piñones.

La principal característica biológica que hace relevante a la Sierra Gorda es la eco diversidad, lo que implica que en una superficie relativamente pequeña inciden un gran número de ecosistemas diferentes con una alta diversidad de formas de vida. Además, ocupa el primer lugar en cuanto a eco diversidad se refiere entre todas las áreas naturales protegidas y el tercero por su valor biológico. En el área se han registrado alrededor de 1,800 especies de plantas vasculares y 127 del reino Fungí, que se encuentran en sus catorce tipos de vegetación: Bosque tropical subcaducifolio; Bosque tropical caducifolio; Bosque tropical siempre verde; Matorral xerófilo; Matorral crasicauale; Matorral micrófilo;

Matorral rosetófilo; Encinar arbustivo; Pastizal; Bosque de coníferas; Bosque de encino; Bosque de pino-encino; Bosque mesófilo de montaña, y vegetación acuática y subacuática.

Tabla 14. Tabla de Plantas del Municipio del Marqués, Querétaro.

Anisacanthus quadrifidus	Anredera ramosa	Mammillaria parkinsonii	Stenocacrus lamellosus	Arbutus xalapensis	Salvia regla	Cardiospermum halicacabum
Tetramerium nervosum	Begonia glacialis	Mammillaria pettersonii	Stenocacrus ochotereanus	Arctostaphylos pungens	Pinguicula moranensis	Dodonea viscosa
Agave filifera	Tecoma stans	Mammillaria polythele	Stenocactus pentacanthus	Croton ciliatoglandulifer	Mentzelia hispida	Castilleja arvensis
Agave salmiana	Ceiba aesculifolia	Mammillaria rhodantha	Stenocactus marginatus	Jatropha dioica	Heimia salicifolia	Selaginella lepidophylla
Yucca filifera	Raphanus raphanistrum	Mammillaria uncinata	Stenocactus queretaroensis	Ricinus communis	Proboscidea louistanica	Selaginella sp
Milla biflo	Hechita glomerata	Myrtillocactus geometrizans	Senna hirsuta	Acacia farnesiana	Cedrela dugesii	Capsicum annum
Amaranthus hybridu	Tillandsia recurvata	Nopalea convhenillifera	Calochortus barbatus	Acacia pennatula	Dasyilirion	Daura innoxia

Tabla 15Tabla IV.2. Tabla de hongos del Municipio del Marqués, Querétaro.

Chlorophyllum molybdites	Panaeolus antillarum	Clavariadelphus truncatus	Lycoperdon echinatum	Trametes versicolor	Schizophyllum commune
Amanita citrina	Boletus edulis	Cortinarius albobolaceus	Lycoperdon perlatum	Otidea bufona	Hypholoma fasciculare
Amanita crocea	Boletus variipes	Dermocybe sanguinea	Lycoperdon pyriforme	Ramaria formosa	Protostropharia semiglobata
Amanita flavoconia	Chalciporus piperatus	Geastrum triplex	Merulius tremellosus	Ramaria fumigata	Laccaria amethystina
Amanita patherina	Exsudoporus frostii	Helvella atra	Omphalotus illudens	Lactarius pubescens	Laccaria laccata
Amanita rubescens	Fistulinella wolfeana	Helvella crispa	Omphalotus mexicanus	Russula cyanoxantha	Lepista nuda
Amanita vaginata	Retiboletus griseus	Helvella lacunosa	Phallus duplicatus	Russula emetica	Dicoxylaria myrmecophila
Amanita virosa	Cantharellus cibartus	Hydnum repadum	Pisolithus arhizus	Russula flavida	
Astraeus	Gloeocantharellus pallidus	Hygrophorus russula	Polyporus arcularius	Russula foetens	
Phellodon tomentosus	Clavariadelphus americanus	Leotia lubrica	Pycnoporus sanguineus	Russula rosea	

1.3.9.2 Fauna

Hasta el momento, se han registrado 131 especies de mamíferos, 71 reptiles, 23 anfibios y 363 aves. La eco diversidad faunística de la Sierra Gorda se manifiesta con los reportes de oso negro (*Ursus americanus*), mono araña (*Ateles geoffroyi*), pava cojolita (*Penelope purpurascens*), guacamaya verde (*Ara militaris*), gallina de monte (*Dendrortyx barbatus*) y hocofaisán (*Crax rubra*), elementos que implican un choque de la fauna neártica, neotropical y mesoamericana de montaña. Vista así, la Sierra Gorda constituye una de las regiones de transición más típicas de la América Septentrional. En la Sierra Gorda se encuentran especies relevantes de flora y fauna que merecen ser conservadas como patrimonio que México ofrece a la humanidad. Entre la fauna endémica se cuenta *Pappogeomys neglectus*

(tuza), *Autochthon siermadrior* (mariposa) y una gran cantidad de peces y artrópodos cavernícolas. Igualmente, en esta zona del Estado de Querétaro, se encuentran especies animales en peligro de extinción como el jaguar (*Panthera onca*), la mariposa de Humboldt (*Eucheira socialis*), el chivizcoyo (*Dendrotyx barbatus*) el oso negro (*Ursus americanus*) y la guacamaya verde (*Ara militaris*). Entre la flora se destacan la biznaga gigante (*Echinocactus grandis*), el chapote (*Diospyros riojae*), el aguacatillo (*Litsea glaucescens*), la magnolia (*Magnolia dealbata*), y el guayamé (*Abies guatemalensis*)

Es de establecer que el área de influencia del proyecto de la UMD “El Marqués”, no es un área de reserva, no es área natural protegida, la vegetación y la fauna del sitio y área de influencia es reducida, presentándose de manera escasa y dispersa, y las especies identificadas no están en alguna categoría de riesgo de las referidas en la NOM- 059-SEMARNAT-2010.

1.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

1.4.1. 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 cuásar 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 riesgo que tiene la **UMD “El Marqués”**.

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 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 el 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	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales dañados)	Acciones realizadas para su atención
2012	San Miguel Xoxtla.	Contenedores con Cilindros de 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.

En la tabla 16 se presentan los antecedentes de accidentes e incidentes involucrados con el uso del gas natural.

Tabla 16. Antecedentes de accidentes e incidentes involucrados con el uso del gas natural

Año	Ciudad - País	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de Afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
1944	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.

Tabla 16. Antecedentes de accidentes e incidentes involucrados con el uso del gas natural

Año	Ciudad - País	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de Afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
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 a Emergencias
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 mts., 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 emergencias, protección civil y servicios médicos.
2004	Argelia	Sistema de refrigeración	Gas Natural	Explosión	Se rompe el sistema de refrigeración y provoca incremento de temperatura vaporizadora.	Humo al ambiente e incendio alrededor de la planta.	Respuesta emergencias, bomberos y servicios médicos
2006	Malasia	Sistema de compresor 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.

Tabla 16. Antecedentes de accidentes e incidentes involucrados con el uso del gas natural

Año	Ciudad - País	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de Afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención
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 a emergencias, protección civil y servicios médicos.
2011	España	Cisterna	Gas Natural	Explosión	Accidente automovilístico en una curva	Afectación al talud de tierra y roca en la carretera	Respuesta a 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.

1.4.2. Identificación de peligros y de escenarios de riesgo

1.4.2.1. Justificación técnica de la metodología de riesgos empleada

A fin de identificar los potenciales peligros y/o riesgos asociados a la UMD de GNV consideraremos los equipos, procesos, herramientas, y la 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.

Para el tipo de instalación que nos ocupa realizaremos la identificación de riesgos potenciales por equipos y sustancias que se manejan en el Proyecto UMD “El Marqués”.

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

Tabla 17. Identificación de riesgos asociados a sustancias y materiales peligrosos

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 18. Identificación de riesgos asociados al proceso

Actividad	Incendio	Explosión	Derrame	Inflamabilidad, Nube tóxica o asfixiante
Trasvase, transferencia de combustibles y sustancias líquidas	√	√	X	√
Almacenamiento	√	√	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.

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 19. 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.

La mayor concentración de material peligroso, corresponden a los puntos de alto riesgo que se enlistan a continuación.

1. Compresor.
2. Cilindros de almacenamiento
3. Dispensadores

1.4.2.2. 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 siguiente tabla:

Tabla 20. 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 y desarrollo		√	√					
Diseño conceptual	√	√	√					
Operación de la MRU	√	√	√	√	√	√	√	√
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.

Con base a los criterios antes mencionados y el tipo de operaciones que se llevan a cabo aplicaremos la metodología **¿Qué pasa si...?** considerando que es la técnica adecuada para la identificación, evaluación y jerarquización de Riesgos Potenciales que podría presentar el Proyecto **UMD “El Marqués”**.

1.4.2.2.1. 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 durante la descarga de Gasolinas y Diésel que es desde la conexión con el Carro-tanque hasta la entrada a la bomba que envía producto a la sección de medición y llenado y en donde la

presión de operación es la atmosférica, las situaciones peligrosas (es decir, aquellas que involucran al ser humano), o los eventos específicos de accidentes con el potencial de causar consecuencias no deseadas. 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 24 se muestra el diagrama de flujo típico para la aplicación de la metodología ¿Qué pasa sí?.

1.4.3. Desarrollo y resultados de la o las metodologías de riesgos

Derivado de la inducción a las metodologías ¿Qué pasa sí...? el grupo dividió las instalaciones en subsistemas.

- **Subsistema 1** Compresor
- **Subsistema 2** Cilindros de almacenamiento
- **Subsistema 3** Dispensadores

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

Sección 1 Compresor	
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 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
Sección 3 Dispensadores	
3.1	Qué pasa si Se tiene incremento de presión en el despacho de GNV
3.2	Qué pasa si Mayor flujo en el despacho de GNV
3.3	Qué pasa el Equipo de protección personal no es utilizado

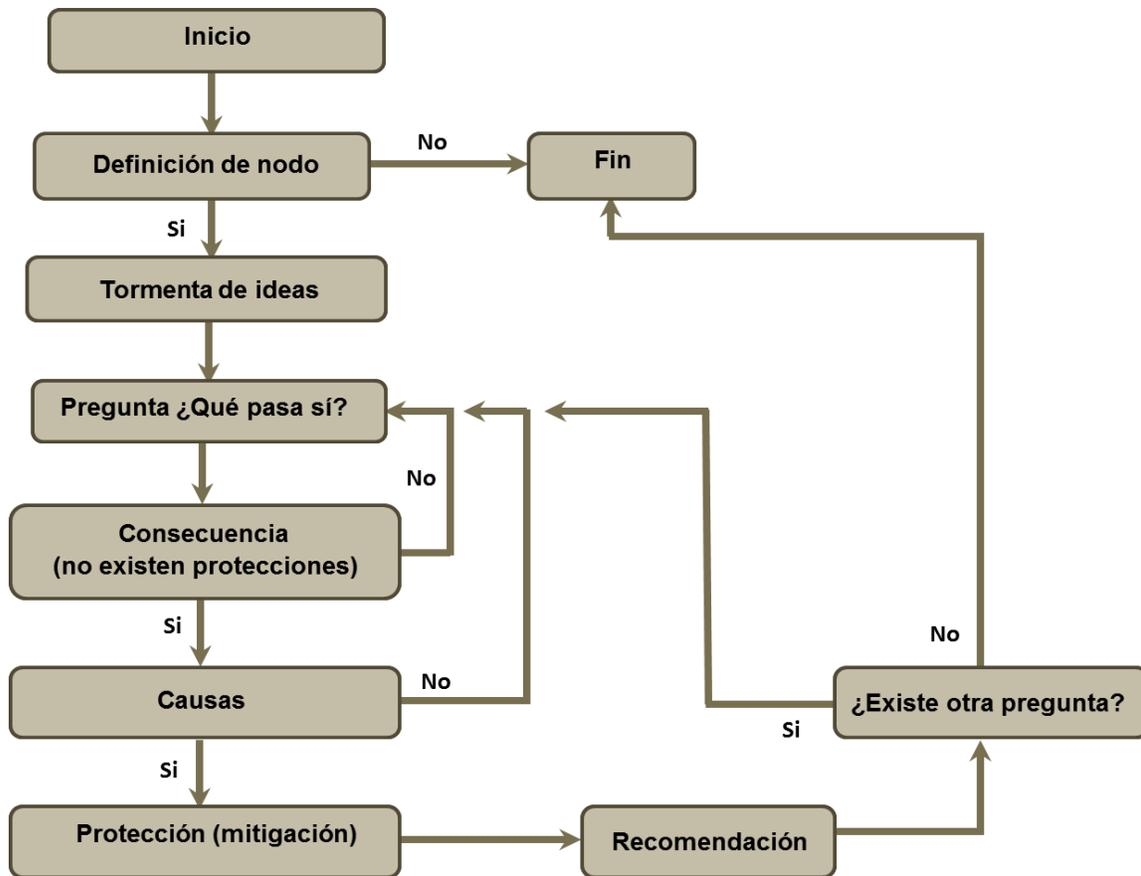


Figura 28. Diagrama de flujo para aplicación de Metodología ¿Qué pasa sí?

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

1.4.4. 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.

1.4.4.1 Matriz de jerarquización de riesgos

Para la jerarquización de los escenarios de riesgo, se empleó la Matriz de Riesgos, la cual permite categorizar los eventos que pueden presentarse, asignando un índice de frecuencia y un índice de severidad, tomando al producto de los dos factores para llegar a un índice de riesgo individual.

El índice de frecuencia es determinado por apreciación en vez de realizarlo de una forma rigurosa, mientras que el índice de severidad se determina en función a la estimación de consecuencias.

Debido a que la asignación de los índices es por apreciación, se están tomando los criterios mencionados en la tabla 21.

Tabla 21. Criterios de índice de frecuencia

Nivel	Categoría	Descripción
4	Frecuente	El evento se ha presentado o puede presentarse en el periodo de 1 a 5 años
3	Probable	Puede ocurrir al menos una vez en la vida de las instalaciones.
2	Poco probable	Concebible: nunca ha ocurrido en el centro de trabajo pero puede haber ocurrido en instalaciones similares.
1	Remoto	Esencialmente imposible, no se espera que ocurra durante el tiempo de vida de la instalación

Es importante señalar que los valores de frecuencia son supuestos de manera empírica para cada uno de los nodos seleccionados, puesto que aún no se tienen datos reportados de eventos ocurridos en la instalación que permitan obtener valores de frecuencia reales.

Por otro lado, para obtener los índices de severidad se usan los criterios descritos en la tabla 22.

Tabla 22. Criterios para asignar los índices de severidad

Valor	Categoría	Niveles de Severidad (consecuencias)
1	Leve	Que resulta en problemas operacionales o daños sencillos, sin daños a la propiedad o a la salud de los trabajadores
2	Moderado	Que resulta en problemas operacionales con interrupción del trabajo, con daños leves a la instalación y al personal de la planta.
3	Grave	Que resulta en daños múltiples a la planta, que causan interrupción operacional y daños incapacitantes a los operadores, y puede originar alarma entre la comunidad vecina.
4	Catastrófico	Que resulta en daños graves a las instalaciones y muertes de los operadores, ocurre afectación al medio ambiente y daños a la propiedad vecina.

La matriz de riesgo representa en forma gráfica la ponderación de riesgo que pueden tomar cada uno de los escenarios. Se definen cuatro regiones que indican el tipo de riesgo que tiene el escenario y las acciones que se deben llevar a cabo.

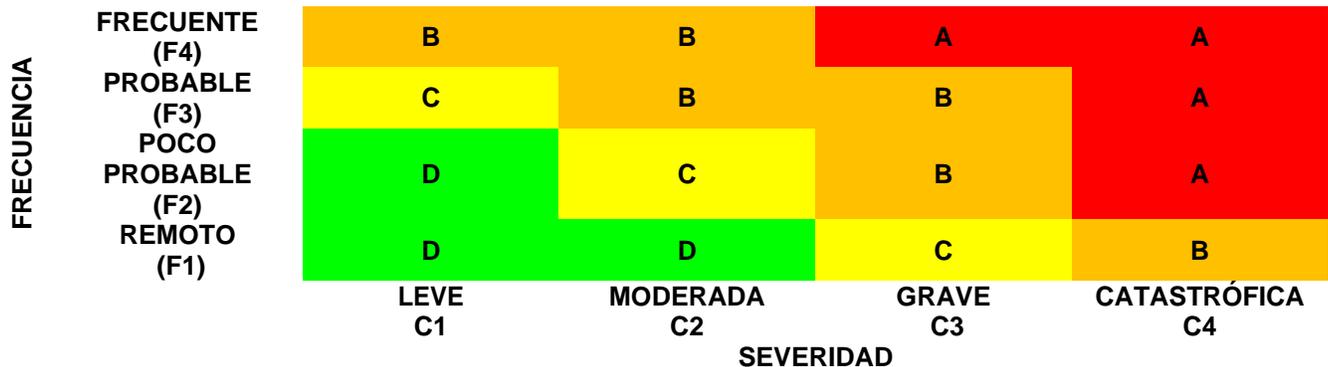


Figura 29. Matriz de riesgos

Con los índices de frecuencia y severidad, se calcula el índice de riesgo de la siguiente forma:

$$\text{Índice de Riesgo} = \text{Índice de frecuencia} \times \text{Índice de severidad}$$

Con dicho índice de riesgo se dirige a la matriz para categorizar el riesgo y determinar su peligrosidad, de acuerdo a lo siguiente (Tabla 23):

Tabla 23. Categoría de Riesgo y descripción de la peligrosidad

Categoría	Escala numérica	Descripción de la Peligrosidad
D	1 - 3	MUY POCO PELIGROSO (ACEPTABLE). Riesgo generalmente aceptable; no se requieren medidas de mitigación y/o abatimiento
C	4 - 6	PELIGROSO (ACEPTABLE CON CONTROLES). Deben tomarse medidas para reducir la posibilidad de que se presente.
B	8 - 9	MODERADAMENTE PELIGROSO (ACEPTABLE CON CONTROLES). Riesgo aceptable, sin embargo, se deben revisar tanto procedimientos de ingeniería, operativos como administrativos y en su caso modificar en un período a mediano plazo.
A	12 - 16	ALTAMENTE PELIGROSO (NO ACEPTABLE). Riesgo que debe disminuirse de forma inmediata. Se deben revisar tanto procedimientos de ingeniería, operativos como administrativos y en su caso modificar de inmediato.

Estos mismos datos y valores fueron tomados para realizar el análisis ¿Qué pasa sí? en la herramienta de SCRI 2.5 el cual se anexa de manera documental como la corrida del software para una mayor determinación de los resultados.

1.4.4.2 Identificación de escenarios más probables y peor caso

Con la aplicación de la metodología ¿Qué pasa sí...? se identificaron **3 escenarios con de Riesgo Tipo “D” Muy poco peligroso (Aceptable)**; **5 escenarios de Riesgo del Tipo “C” Peligroso (Aceptable con controles) con controles y 10 de riesgo “Tipo “B” Moderadamente peligroso (Aceptable con controles) tipo “B”**.

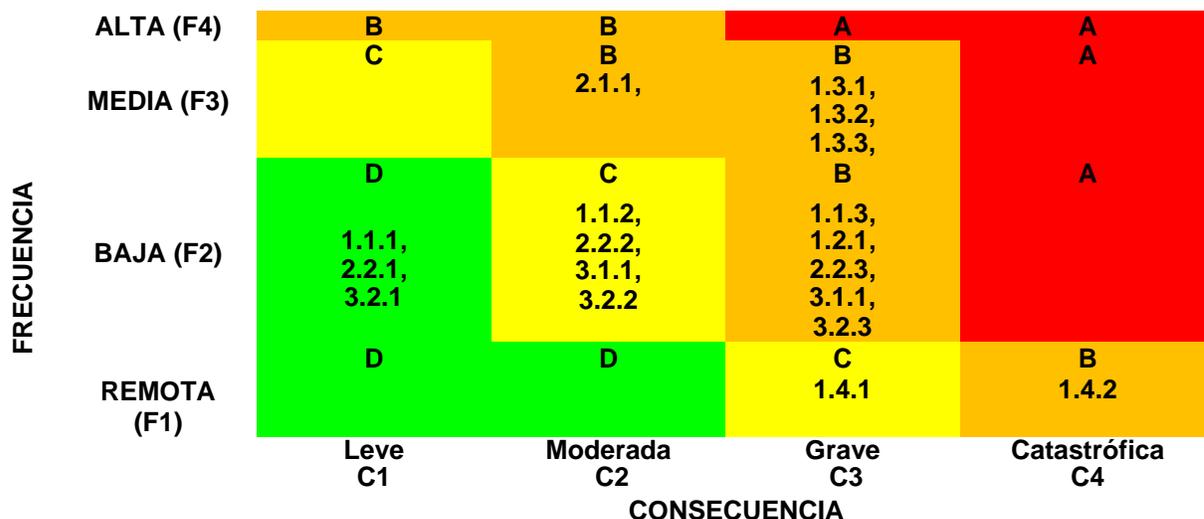


Figura 30. Distribución de escenarios de riesgos ¿Qué pasa sí...?

De acuerdo a lo anterior tenemos que el nivel de riesgo de la **UMD “El Marqués” es aceptable con controles**, los escenarios de riesgos están asociados al suministro y despacho de GNV.

1.4.4.2.1 Potenciales escenarios de riesgos identificados.

Derivado de la metodología aplicada se identificó que los escenarios potenciales de riesgo están asociados a la liberación de GNV 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 el Proyecto **UMD “El Marqués”** 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 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 las 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 24 se muestran los escenarios de riesgos identificados, así como su agrupación para la simulación de consecuencias, como sigue:

- Escenario 1 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento, no mayor a 2 kg.
- Escenario 2 Incendio por fuga en compresor, no mayor a 1 kg
- Escenario 3 Incendio en Dispensadores por ruptura de manguera de los dispensarios de GNV, no mayor a 1 kg
- Escenario 4 el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión en el almacenamiento de la UMD en los 93 cilindros con la capacidad al 90%

Tabla 24. Escenarios de riesgo considerados para simulación de consecuencias para el Proyecto MRU “El Marqués”

Escenario a simular	Tipo	Referencia en ¿Qué pasas sí?	Índice de riesgo
Escenario 1 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento, no mayor a 2 kg.	Más probable, menos catastrófico	2.2.2. Desgaste de tuberías ocasionando fugas, de GN presencia de fuente de ignición incendio	C

Tabla 24. Escenarios de riesgo considerados para simulación de consecuencias para el Proyecto MRU “El Marqués”

Escenario a simular	Tipo	Referencia en ¿Qué pasas sí?	Índice de riesgo
Escenario 2 Incendio por fuga en tubería de entrada al compresor, no mayor a 1 kg	Más probable, menos catastrófico	1.3.1. Fugas en los empaques debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica	B
		1.3.2. Conato de Incendio en presencia de una fuente de ignición debido a cierre de válvula de alivio por falla mecánica	B
		1.4.1. Fugas en empaques de válvulas de bola, actuadores en mal estado, Corrosión debido a falta de mantenimiento	C
		1.4.2. Fuga de GN incendio en presencia de fuente de ignición Corrosión debido a falta de mantenimiento	B
Escenario 3 Incendio en Dispensadores por ruptura de manguera de los dispensarios de GNV, no mayor a 1 kg	Más probable, menos catastrófico	3.2.2. Explosión por Mayor flujo en el despacho de GNV debido Válvula manual abierta por falla mecánica	B
	Menos probable, más catastrófico	3.2.3. Explosión por Mayor flujo en el despacho de GNV debido Válvula manual abierta por falla mecánica	B
Escenario 4 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%	Peor escenario	2.2.2. Desgaste de tuberías ocasionando fugas, de GN presencia de fuente de ignición Explosión	B

2 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 del Proyecto **UMD “El Marqués”** 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.

En la Tabla 24 se listan los Escenarios de riesgo considerados para simulación de consecuencias. Para la determinación de radios se utilizó el software SCRI® (Simulación 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 (FEMA).

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)

2.1 POTENCIALES ESCENARIOS DE RIESGOS 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 el Proyecto **UMD “El Marqués”** son los siguientes:

2.1.1 Radiación térmica

2.1.1.1 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.

2.1.1.2 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.

2.1.1.3 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 25. 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.
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 26. 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

2.1.2 Sobrepresión

2.1.2.1 Explosión de nube de gas no confinada (UVCE) y 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 27. 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.

2.1.2.2 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, Amoniaco, 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 baja de 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 UMD en los 93 cilindros con la capacidad al 90%.

2.2 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.

2.2.1 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 del Proyecto UMD “El Marqués” que se analiza.

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

2.2.2 Criterios de tiempos 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 28. 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

2.2.3 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 (alternativo o más probable).

Tabla 29. Criterios para utilizar el diámetro equivalente de fuga.

Diámetro equivalente de fuga (DEF)		
Para el caso alternativo:	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.

Tabla 29. Criterios para utilizar el diámetro equivalente de fuga.

Diámetro equivalente de fuga (DEF)		
	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.		

2.2.4 Condiciones atmosféricas

De acuerdo a la ubicación del Proyecto **UMD “El Marqués”** las variables atmosféricas a considerar son:

- Velocidad del viento: 10 km/h (2.77 m/s)
- Dirección del viento: NNE
- Temperatura: 18°C
- Humedad relativa: 10%
- 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

2.2.5 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 30. 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, p. 16, tabla 3

De acuerdo a lo anterior y en base a las condiciones climáticas del sitio en donde se ubica el Proyecto **UMD “El Marqués”**, 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.

2.2.6 Zonas de afectación por los modelos a emplear.

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

- **Nube de gas:**
 - Valor umbral para zona de Riesgo: 30,000 ppm (60% del Límite Inferior de Explosividad)
 - Valor umbral para zona de Amortiguamiento: 5,000 ppm (10% del Límite Inferior de Explosividad)
- **Radiación térmica (Incendio):**
 - Valor umbral para zona de Riesgo: 5 kW/m² (Quemaduras de 2º en 60min)
 - Valor umbral para zona de Amortiguamiento: 1.4 kW/m² (Deshidratación de la madera)
- **Sobrepresión (Explosión):**
 - Valor umbral para zona de Riesgo: 1 PSI (Derribo de personas, demolición parcial de casas que quedan inhabitables)
 - Valor umbral para zona de Amortiguamiento: 0.5 PSI (Destrucción de ventanas con daño a los marcos)

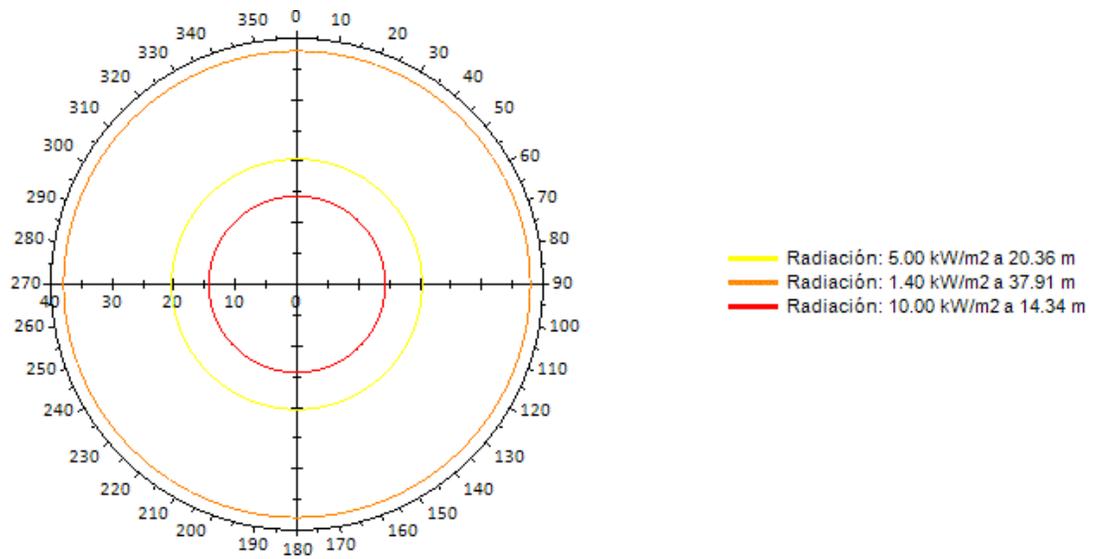
2.2.7 Resultados de la modelación de eventos

Los reportes de simulación de eventos se incluyen en el **Anexo E** y los diagramas de pétalos se incluyen en el **Anexo F**.

2.2.7.1 Método de radiación térmica

- **Escenario 1 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento, no mayor a 2 kg.**

IDENTIFICACIÓN DE ZONA	INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)	DISTANCIA	CONDICIONES DADAS POR API-RP-521	EFECTO OBSERVADO
Zona de alto riesgo	5 KW/m ² o 1,500 BTU/Pie ² h	20.36 m	Intensidad de calor en donde se pueden realizar acciones de emergencia durante varios minutos, con ropa apropiada	Si no se protege a la persona es posible que aparezcan quemaduras de segundo orden con exposición de 20 a 30 seg.
Zona de Amortiguamiento	1.4 KW/m ² o 440 BTU/Pie ² h	37.91 m	Nivel de radiación en donde la exposición puede ser indefinida	No se presentan molestias con exposición por tiempo indefinido a este nivel.



Masa de la nube 1.00 kg Diámetro de Bola de Fuego: 5.80 m Tiempo de duración de Bola de Fuego: 0.45 s

Figura 31. Gráfica de Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 1 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento, no mayor a 2 kg. Más probable, menos catastrófico.

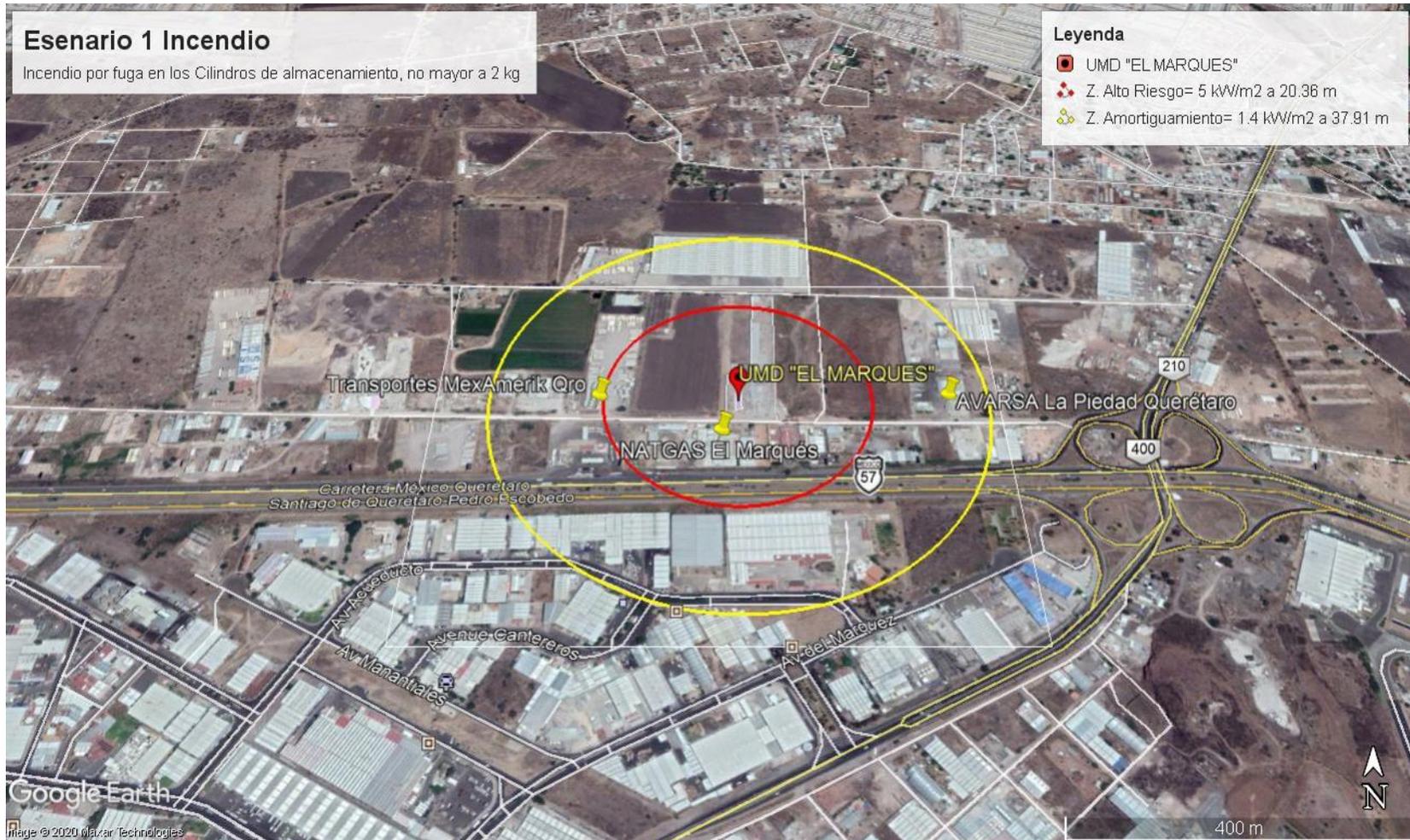
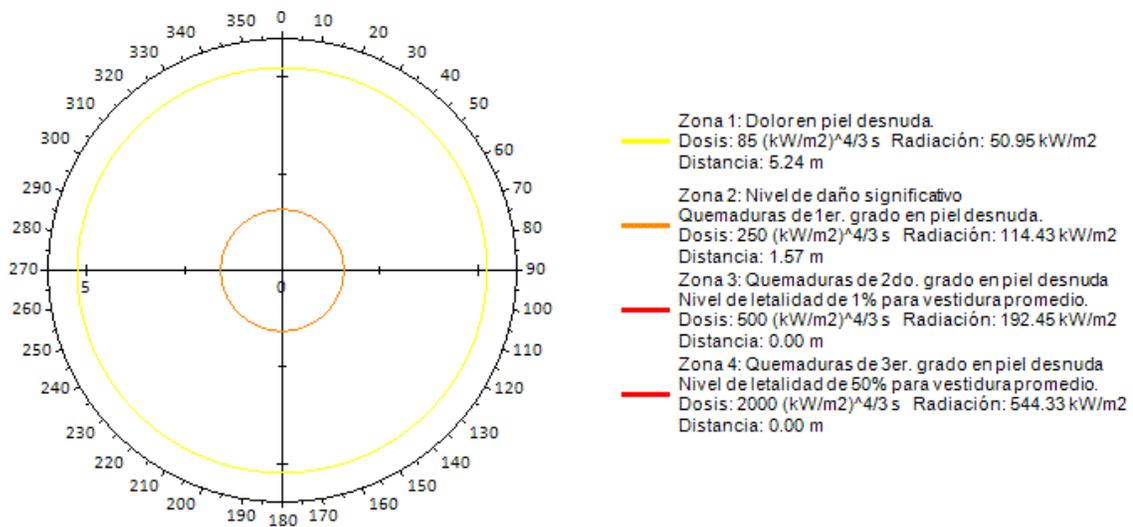


Figura 32. Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 1 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento, no mayor a 2 kg. Más probable, menos catastrófico.

- Escenario 2 Incendio por fuga en tubería de entrada al compresor, no mayor a 1 kg

IDENTIFICACIÓN DE ZONA	INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)	DISTANCIA	CONDICIONES DADAS POR API-RP-521
Zona de alto riesgo	5 KW/m ² o 1,500 BTU/Pie ² h	1.57 m	Intensidad de calor en donde se pueden realizar acciones de emergencia durante varios minutos, con ropa apropiada
Zona de Amortiguamiento	1.4 KW/m ² o 440 BTU/Pie ² h	5.24 m	Nivel de radiación en donde la exposición puede ser indefinida



Masa de la nube 1.00 kg Diámetro de Bola de Fuego: 5.80 m Tiempo de duración de Bola de Fuego: 0.45 s

Figura 33. Gráfica de Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 2 Incendio por fuga en tubería de entrada al compresor, no mayor a 1 kg. Más probable, menos catastrófico.



Figura 34. Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 2 Incendio por fuga en tubería de entrada al compresor, no mayor a 1 kg. Más probable, menos catastrófico.

- Escenario 3 Incendio en Dispensadores por ruptura de manguera de los dispensarios de GNV, no mayor a 1 kg

Escenario	Intensidad de Radiación (kW/m ²)	Distancia de los radios de afectación. Rotura 20% (m)
3	1.4 kW/m ²	21.55
	3.0 kW/m ²	14.97
	5.0 kW/m ²	11.72

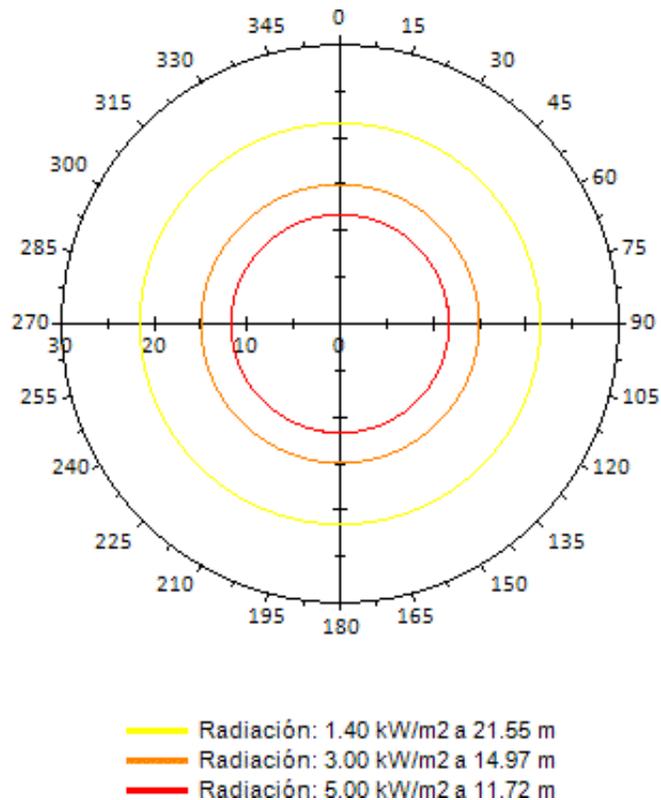


Figura 35. Radios Figura 36. Gráfica de Radios de Afectación por Radiación Térmica para el Escenario 3 Incendio en Dispensadores por ruptura de manguera de los dispensarios de GNV, no mayor a 1 kg. Más probable, menos catastrófico.

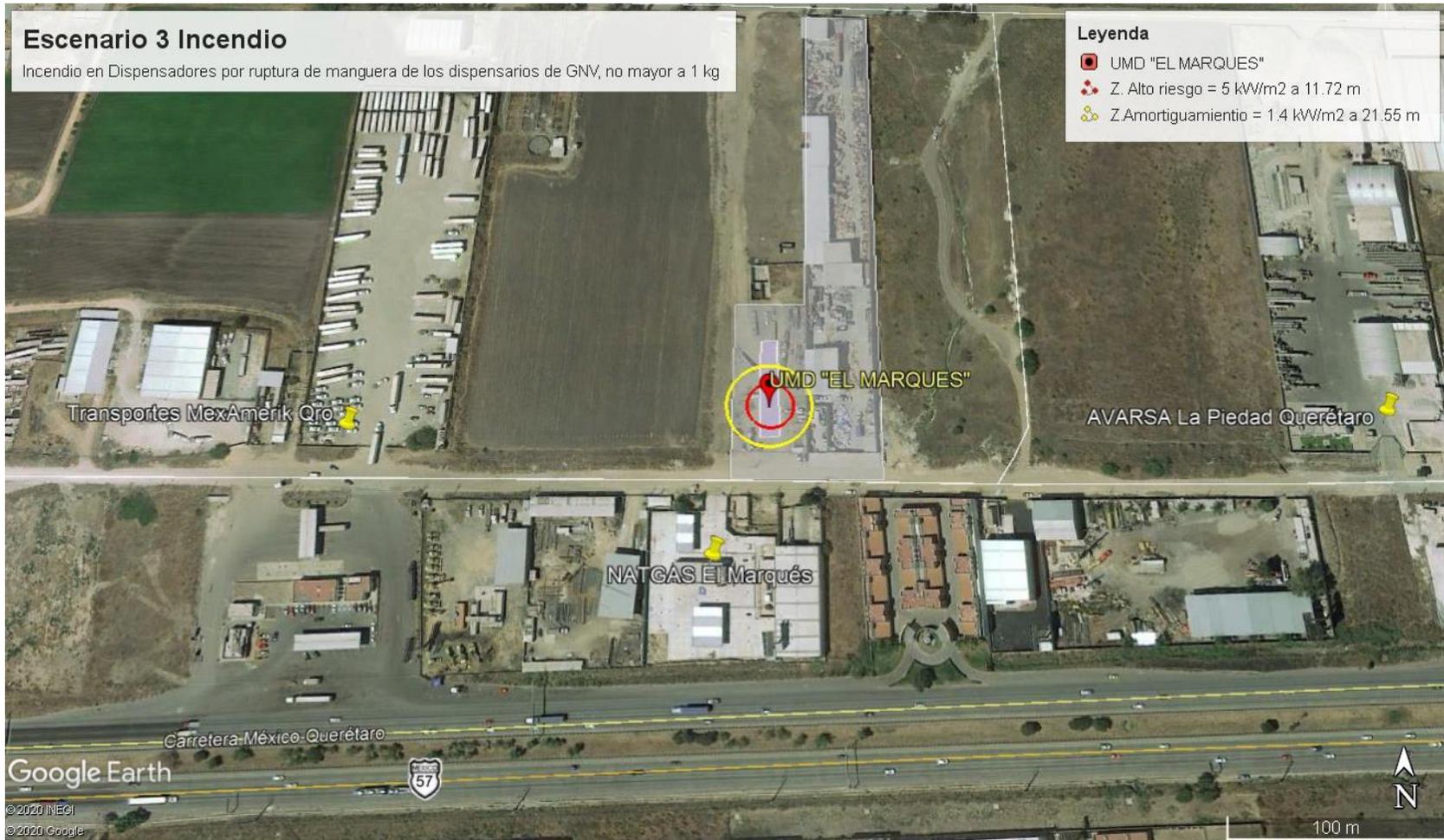
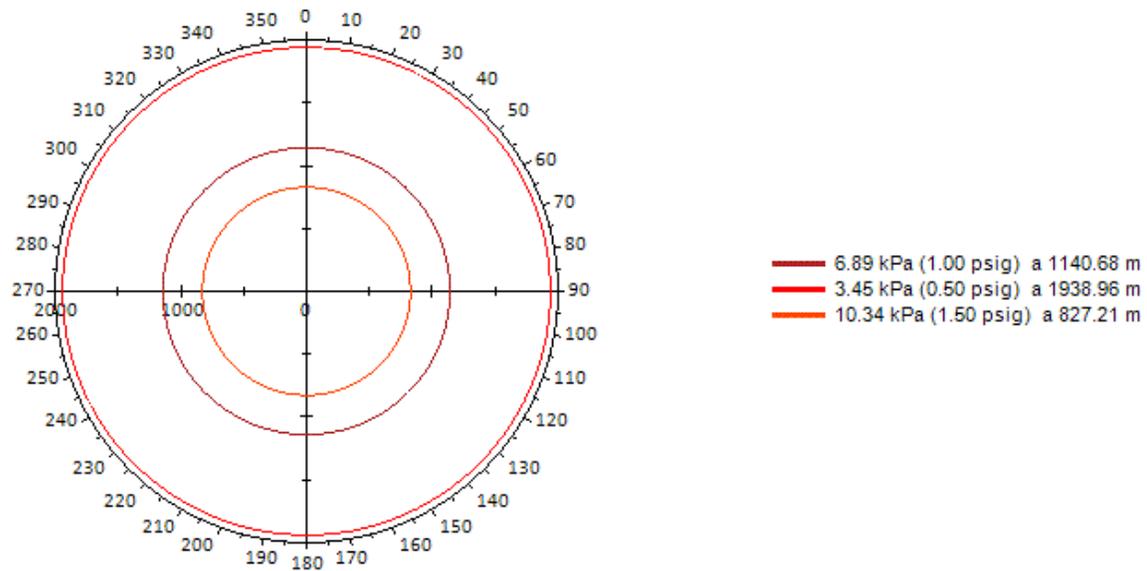


Figura 37. Radios de Afectación para el Escenario 3 Incendio en Dispensadores por ruptura de manguera de los dispensarios de GNV, no mayor a 1 kg. Más probable, menos catastrófico.

- Escenario 4 el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión en el almacenamiento de la UMD en los 93 cilindros con la capacidad al 90%

Escenario	Sobrepresión (lb/in ²)	Distancia de los radios de afectación. 100% (m)
4	0.5 lb/in ² (psi)	1938.96
	1.0 lb/in ² (psi)	1140.68



Explosión de un contenedor presurizado a 250 bar que contiene 5366 m³ de GAS NATURAL LIGERO
Energía equivalente a 252101.61 kg de TNT

Figura 38. Gráfica de Radios de Afectación por sobrepresión para el Escenario 4 el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión en el almacenamiento de la UMD en los 93 cilindros con la capacidad al 90%. Menos probable, más catastrófico.

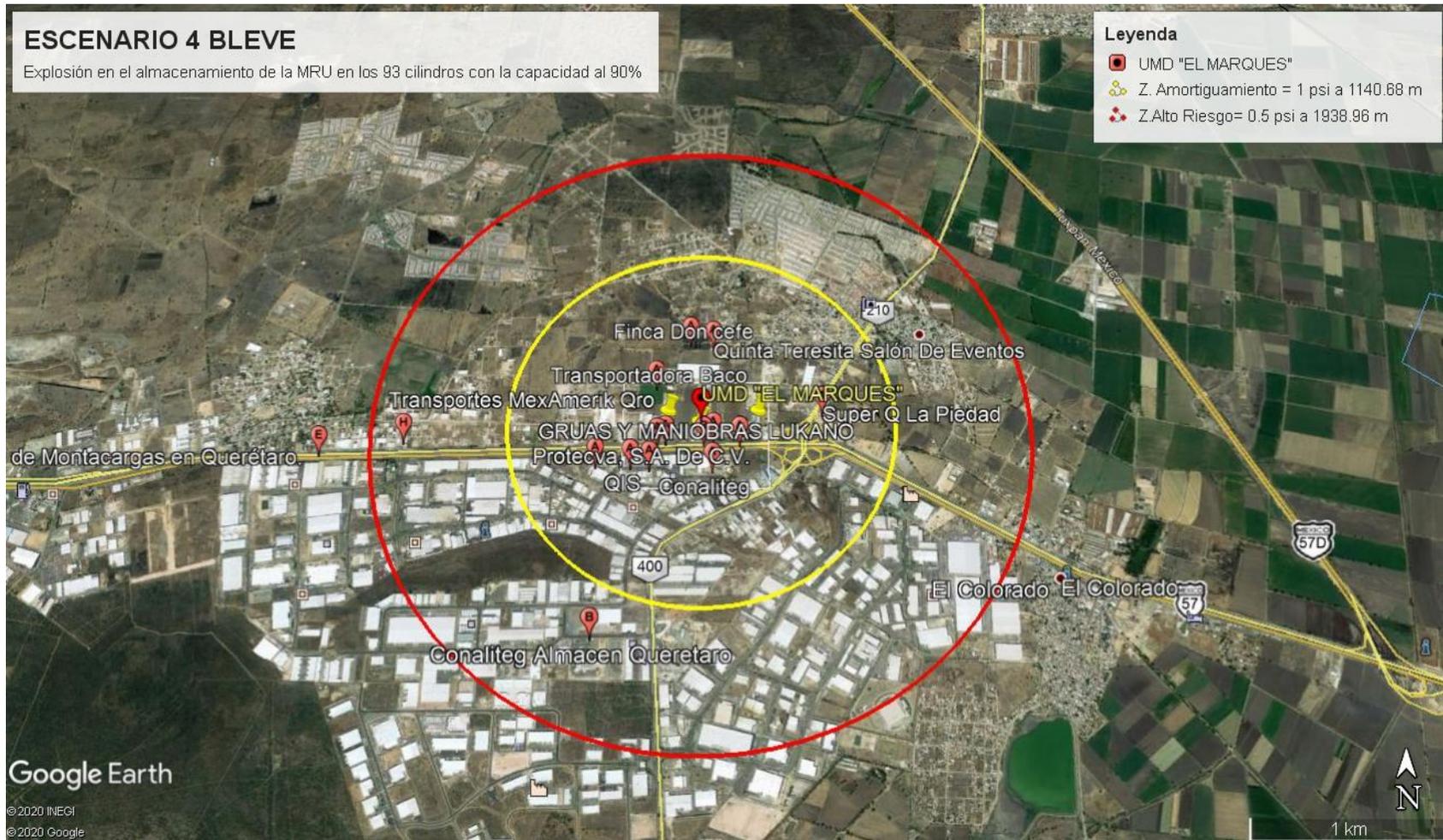
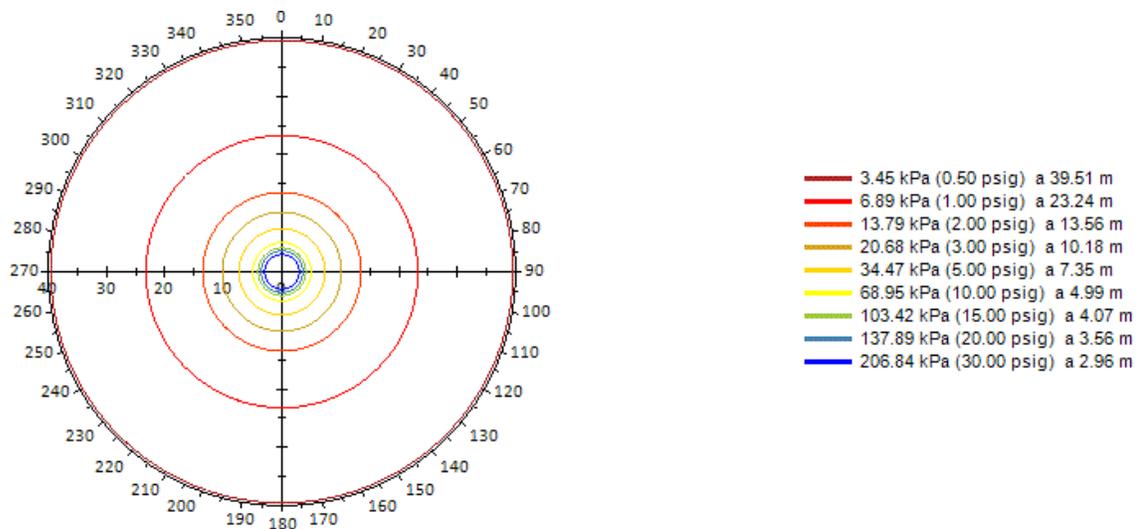


Figura 39. Radios de Afectación por sobrepresión para el Escenario 4 el evento catastrófico mayor que puede presentarse es un BLEVE es decir una explosión en el almacenamiento de la UMD en los 93 cilindros con la capacidad al 90%. Menos probable, más catastrófico.

2.2.7.2 Método de nubes explosivas.

De la propuesta de estos eventos, se puede afirmar que casi es improbable que sucedan, pero se realiza su cálculo para predecir los posibles daños críticos. Situación que hace que también las distancias obtenidas sean sobrestimadas, ya que los eventos propuestos tienen una frecuencia o probabilidad de ocurrencia muy baja, haciendo lo anterior como una situación no muy riesgosa con respecto a otras. Por otra parte, es de considerar que la empresa contará con elementos de seguridad que minimizan el hecho de que se puedan presentar dichos eventos.

IDENTIFICACIÓN DE ZONA	EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESIÓN)	DISTANCIA	EFFECTOS OBSERVADOS QUE SE PUEDEN OCASIONAR
Zona de alto riesgo	> 1.0 lb/plg ²	23.24	Ventanas grandes y pequeñas completamente estrelladas. Daño a los marcos de las ventanas. Marco estructural de acero de edificios ligeramente deformados.
Zona de Amortiguamiento	0.5 lb/plg ²	39.51	Sonido molesto (137 dB) si es de baja frecuencia (10 a 15 Hz) Fractura de vidrios previamente bajo esfuerzo Daño estructural menor y limitado.



Energía equivalente a 2.13 kg de TNT

Figura 40. Gráfica de Radios por sobrepresión de nubes explosivas (F.E.E.= 0.2)

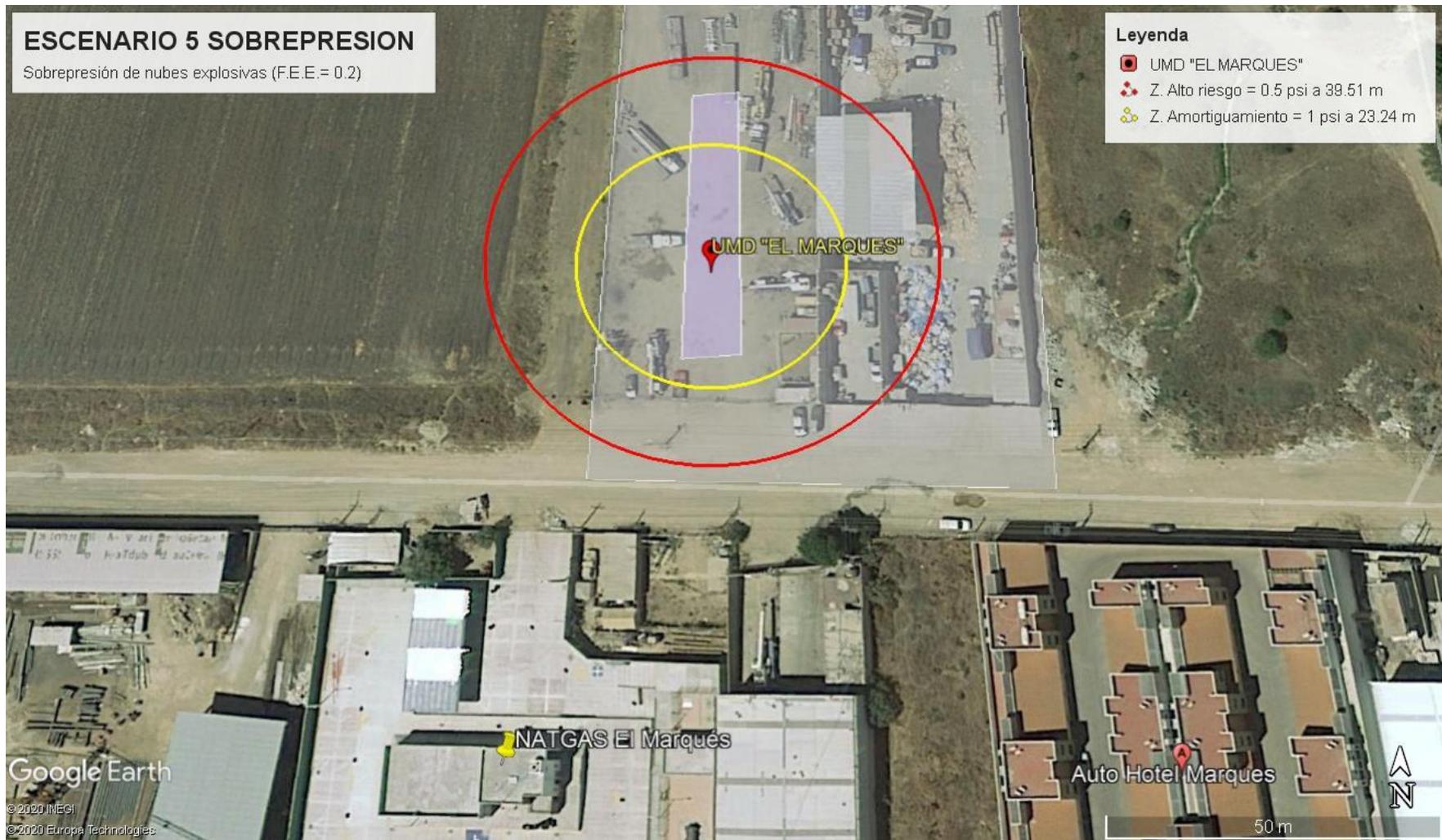


Figura 41. Radios por sobrepresión de nubes explosivas (F.E.E.= 0.2)

Se contará 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 un 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 mantendrá 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 usaran en caso de una emergencia.
- Programa de capacitación en las actividades técnicas, operativas y de emergencia que se realicen en la estación.

3 INTERACCIONES DE RIESGOS AL INTERIOR Y AL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN

El análisis de interacciones se realizará realizando un matriz para cada tipo de escenarios, identificando para cada radio de afectación la infraestructura o zona que se vería afectada del Proyecto **UMD “El Marqués”** y de los puntos o sitios de interés.

3.1 SITIOS DE INTERÉS CERCANOS AL PROYECTO UMD “El Marqués”

El Proyecto **UMD “El Marqués”**, se ubicará dentro del patio de maniobras del predio propiedad de Transportes Unidos Castañeda S.A. de C.V (TRUCKA), la misma le está otorgando un espacio de 2,997.38.38 m² para la operación de Combustibles Ecológicos Mexicanos S.A. de C.V., ubicado en Autopista México Querétaro, Camino Viejo al Carmen s/n, parcela 65, El Colorado, Lázaro Cárdenas El Marqués, Querétaro, C.P. 76246. En un radio de 500 m, se tiene actividad industrial: servicio de transporte, empresa metalmecánica, materiales para construcción, estación de gas natural vehicular, grúas y un salón de eventos en la zona urbana, los cuales se ven afectados en algunas de las simulaciones realizadas.



Figura 42. Radio a 500 m del proyecto UMD “El Marqués”

Tabla 31. Sitios de interés y grado de vulnerabilidad

No	Punto de Interés	Distancia (metros)	Materiales	Vulnerabilidad
1	Transportadora Baco (servicio de transporte)	370.49	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado, equipos y tanques de acero.	Baja
2	Protecva, S.A de C.V, (Empresa metalmeccánica)	404.62	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
3	CONALITEG (comisión Nacional de Libros de Texto Gratuitos) Imprenta	293.26	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
4	QIS Querétaro Industrial Servicio: Decapado y Limpieza Industrial	483.99	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
5	AVARSA (materiales y prefabricados para construcción)	314.21	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
6	NatGas El Marqués (estación de gas natural vehicular)	89.28	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
7	Transportes MexAmerik (servicios de transporte)	216.46	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
8	Grúas y maniobras Lukano	114.93	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
9	Auto Hotel Marques	110.84	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
10	Estaciones ruta Los cues (estación de servicio)	232.62	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
11	Burger King (para llevar)	285.37	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
12	Grúas y maniobras del Bajío, S.A. de C.V.	253.69	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja
13	Desperdicios industriales Ugalde	54.80 m	Muros de tabique, block, losas de concreto armado, muros con refuerzos horizontales y verticales de concreto armado.	Baja

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 **UMD “El Marqués”**

Después de realizar el análisis de riesgo y seleccionar el evento catastrófico más crítico (BLEVE) que puede presentarse, se señalan las áreas y/o instalaciones próximas al proyecto que se encuentran dentro de la zona de riesgo (radio de afectación 1,938.96 m), donde se puede observar que todas las instalaciones circundantes a la **UMD “El Marqués”** serían afectadas por el evento no deseado que pudiera ocurrir, llegando a dañar a las instalaciones cercanas y el medio ambiente que a estas rodea, que son sembradíos, estacionamientos de autos, los autos que en ese momento pasen sobre la carretera a México - Querétaro 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.

La identificación de los puntos de interés que puedan presentar alguna vulnerabilidad se realizó bajo la siguiente metodología:

- En el caso de BLEVE considerando los potenciales radios de afectación por sobrepresión que este caso los resultados obtenidos por un BLEVE , son los siguientes:
 - Radio de Alto Riesgo (0.5 psi) =1,938.96 m
 - Radio de amortiguamiento (1psi) = 1140.68 m
- Se procedió a georreferenciar los potenciales de afectación a fin de identificar los puntos de interés que se encontraran dentro de dichos radios.
 - De dentro de los radios de afectación los ecosistemas presentes corresponden a zonas agrícolas, se observan áreas urbanizadas. Por lo que no se tiene presencia de puntos de interés con relevancia ambiental dentro de los radios de afectación por BLEVE.
 - Con respecto a infraestructura urbana como resultado se tiene que como zonas vulnerables o de interés son las industrias que se tienen en las inmediaciones del Proyecto, que se encuentra dentro del radio de alto riesgo por radiación térmica derivado de un BLEVE.

3.2 Análisis de interacciones de riesgo

A continuación, se presenta la Matriz de interacciones entre los escenarios de riesgo y los puntos de interés identificados.

Tabla 31. Matriz de interacciones entre los escenarios de riesgo y los puntos de interés identificados con respecto de los escenarios de riesgo identificados

No. de Esc.	Radiación Térmica		Sobrepresión		Infraestructura más cercana
	5 Kw/m ² Radio de Alto Riesgo:	1.4 Kw/m ² Radio de Amortiguamiento:	1 psi Radio de Alto Riesgo:	0.5 psi Radio de Amortiguamiento:	
1	20.36 m Ninguna. Los radios de afectación salen del patio de la UMD, sin embargo a dicho nivel de radiación solamente se tienen Quemaduras de 2º en 60 min	37.91 m Ninguna. Los radios de afectación salen del patio de la UMD, sin embargo a dicho nivel de radiación se tiene deshidratación de la madera.	---	---	Desperdicios industriales Ugalde a 55 m aprox. NatGas El Marqués a 89 m aprox. Auto Hotel El Marqués a 110.84 m aprox.
2	1.57 m Ninguna. Los radios de afectación se circunscriben al área del Proyecto UMD "El Marqués"	5.24 m Ninguna. Los radios de afectación se circunscriben al área del Proyecto UMD "El Marqués"	---	---	Desperdicios industriales Ugalde a 55 m aprox.
3	11.72 m Ninguna. Los radios de afectación se circunscriben al predio de TRUCKA	21.55 m Ninguna. Los radios de afectación se circunscriben al predio de TRUCKA	---	---	Desperdicios industriales Ugalde a 55 m aprox.

Tabla 31. Matriz de interacciones entre los escenarios de riesgo y los puntos de interés identificados con respecto de los escenarios de riesgo identificados

No. de Esc.	Radiación Térmica		Sobrepresión		Infraestructura más cercana
	5 Kw/m ² Radio de Alto Riesgo:	1.4 Kw/m ² Radio de Amortiguamiento:	1 psi Radio de Alto Riesgo:	0.5 psi Radio de Amortiguamiento:	
4	---	---	1140.68 Graves Al interior del predio del Proyecto Instalaciones e TRUCKA Los radios de afectación salen del predio, por ser catalogado como el escenario más ctastrófico pero menos proble.	1938.96 Graves Al interior del predio EDS Diésel e instalacionesdel patio de Grupo Alianza. Los radios de afectación salen del predio, por ser catalogado como el escenario más ctastrófico pero menos proble	En el Predio del donde se ubicará el Proyecto UMD “El Marqués”: • Predio de TRUCKA Fuera del predio del Proyecto: • Desperdicios industriales Ugalde a 55 m aprox. • NatGas El Marqués a 89 m aprox. • Auto Hotel El Marqués a 110.84 m aprox. • Salón de eventos la Quinta Teresita 534 m aprox. • Transportadora Baco a 3770 m • Avarsa a 314 m aprox. • Protecva a 405 m aprox. • CONALITEG a 294 m aprox. • Transportes MexAmerik a 216 m aprox. • Áreas del parque industrial El Marqués • Áreas urbanizadas

- Efectos por radiación térmica para la zona de amortiguamiento de 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).
- Efectos por radiación térmica para la zona de alto riesgo de 5.0 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.
- Efectos por sobrepresión para la zona de alto riesgo: 1psi: Demolición parcial de casas, las vuelve inhabitables
- Efectos por sobrepresión para la zona de amortiguamiento 0.5psi: Ventanas grandes y pequeñas se hacen añicos; daño ocasional a marcos de ventanas.

3.3 Efectos sobre el sistema ambiental

El Proyecto UMD “El Marqués”, no compromete la funcionalidad natural y social que se desarrolla en el área donde se encontrara establecida.

El Proyecto UMD “El Marqués” no afecta ningún tipo de cobertura vegetal, ya que se trata de una zona donde las condiciones naturales del terreno que ya se encuentran perturbadas por efecto del uso que se le da actualmente por parte de TRUCKA.

4 SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO

4.1 Sistemas de seguridad

4.1.1 Sistema contra incendio

El Proyecto **UMD “El Marqués”** contará con un sistema contra incendio (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 colocarán seis (6) equipos de extintores del tipo Polvo Químico Seco (PQS) capacidad 4.5 kg c/u con base para soporte en pared con su debida señalética visible. También se utilizará un detector de humo.

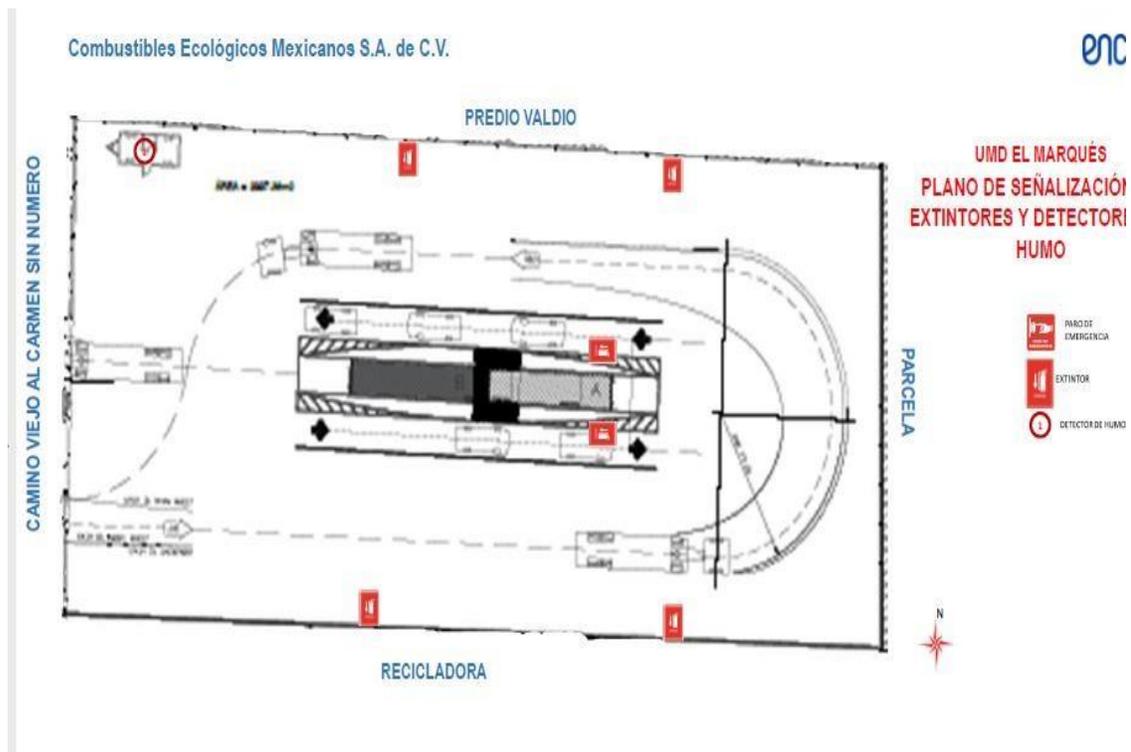


Figura 43. Plano de señalización de extintores y detectores de humo UMD “El Marqués”

4.2 Medidas Preventivas

- **Señales, señalización de seguridad e higiene y rotulaciones.**

El Proyecto **UMD “El Marqués”**, contará 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 34.

- **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.

A continuación, se listan los sistemas, equipos, accesorios de seguridad para los escenarios de riesgo del Proyecto UMD “El Marqués”.

Tabla 32. Sistemas, equipos, accesorios de seguridad de los Escenarios de riesgo considerados para simulación de consecuencias del Proyecto UMD “El Marqués”

Escenario de Riesgo			Sistemas, equipos, accesorios de seguridad
Referencia ¿Qué pasa sí?	No.	Descripción	
2.2.2	1	Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento, no mayor a 2 kg.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema contraincendio (Extintores) • Mantenimiento a las líneas de conducción de gas a los cilindros
1.3.1, 1.3.2, 1.4.1, 1.4.2	2	Incendio por fuga en tubería de entrada al compresor, no mayor a 1 kg	<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. • Bitacora de mantenimiento, para llevar un control dentro de lo especificado por el proveedor • Auditorías Internas del estado de cada uno de los equipos
3.2.2, 3.2.3	3	Incendio en Dispensadores por ruptura de manguera de los dispensarios de GNV, no mayor a 1 kg	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema contraincendio (Extintores)
2.2.2	4	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%	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema contraincendio (Extintores) • Mantenimiento a las líneas de conducción de gas a los cilindros

5 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 33. Recomendaciones de la aplicación de metodologías de riesgos para el Proyecto UMD “El Marqués”

No.	Descripción	Referencia ¿Qué pasa sí?	Índice de riesgo
1.	Seguimiento a los programas técnicos de la operación y mantenimiento a la UMD	1.1.1	B
		1.1.3	
		1.4.1	
		2.1.1	
		2.2.1	
2.	Aplicación de procedimientos Operativos y de seguridad	1.1.2	C
3.	Elaborar Plan de Respuesta emergencia	1.1.3	B
		1.3.3	
4.	Realizar revisión de bitácoras de operación	1.1.3	B
5.	Inspección y mantenimiento constante a las instalaciones y equipos, la recomendada por el proveedor	1.2.1	B
6.	Mantenimiento a los controles de presión de cada válvula	1.3.1	B
7.	Mantenimiento y monitoreo a los manómetros	1.3.2	B
8.	Seguimiento al programa de auditoría de la UMD	1.4.2	B
9.	Elaboración de Procedimientos operativos	2.1.1	B
10.	Elaborar programa de Capacitación para personal operativo	2.1.1	B
		2.1.2	
		2.1.3	
11.	Monitoreo continuo de las variables de operación del compresor	3.1.1	C
12.	Difusión de Plan de Respuesta de emergencia de la UMD al personal técnico operativo	3.2.1	B
		3.2.2	
		3.2.3	
13.	Campaña de concientización para el Uso obligatorio de EPP	3.3.1	B

Además, se recomienda de manera general para el Proyecto **UMD “El Marqués”** lo siguiente:

- 1) Elaborar los diagramas de tuberías e instrumentación del sistema de manejo de GNV dichos diagramas deberán contener entre otros aspectos la siguiente información: numeración de líneas que incluya número de línea, diámetro de la línea, especificación del material con la que está construida, servicio que maneja,

numeración de válvulas, accesorios e instrumentación, indicación de válvulas de control, de seguridad, indicación del lógico de control, tipo de señal que maneja, de acuerdo con la simbología ISA (Sociedad Americana de Instrumentación).Elaborar y aplicar un programa de inspecciones a líneas y válvulas de operación y de seguridad.

- 2) Elaborar y aplicar un programa de capacitación al personal para atención a emergencias asociadas al manejo de GNV
- 3) Elaborar y aplicar un programa de capacitación y / o difusión de los resultados obtenidos en este estudio a todo el personal para lograr una mayor concientización y sensibilización tendientes a que todo el personal participe en el ámbito del desarrollo de sus funciones al interior de la estación (según el puesto que tengan) de tal manera que los riesgos identificados sean controlados, eliminados, reducidos o transferidos, garantizando con ello la continuidad de las operaciones de la empresa y la seguridad de sus trabajadores.
- 4) Elaborar y aplicar una auditoría de seguridad que contemple:
 - La revisión de normas y especificaciones de diseño y construcción de los equipos e instalaciones (vías de acceso y maniobra, tanques de almacenamiento, capacidad de bombeo, etc.).
 - La existencia y aplicación de procedimientos y programas, para garantizar la adecuada operación y mantenimiento de las instalaciones (Manuales con procedimientos de operación para cada área de la planta, paro, arranque y emergencias, mantenimiento preventivo, etc.).
 - La implementación de los sistemas de identificación y codificación de los equipos (Identificación de tuberías, cilindros, unidades de transporte de estación, etc.).
 - Los programas de verificación o pruebas, que certifiquen la calidad integral y resistencia mecánica de los equipos (Medición de espesores en tuberías y recipientes, radiografiado, certificación de accesorios y conexiones, pruebas hidrostáticas y neumáticas, etc.).
 - Programas de revisión de los diversos sistemas de seguridad, así como los programas de la calibración de la instrumentación y elementos de control (válvulas de seguridad, disparo y alarmas, etc.).
 - Disposición del equipo necesario de protección personal y de primeros auxilios.
 - Disposición de los residuos industriales generados dentro de sus instalaciones.

6 CONCLUSIONES

Como resultado de la identificación, ponderación y jerarquización de riesgos se identificaron 18 escenarios de riesgos, resultando 3 escenarios con de Riesgo Tipo “D” Muy poco peligroso (Aceptable); 5 escenarios de Riesgo del Tipo “C” Peligroso (Aceptable con controles) con controles y 10 de riesgo “Tipo “B” Moderadamente peligroso (Aceptable con controles) tipo “B”.

Se modelaron 4 escenarios de riesgo, considerando los distintos equipos de la **UMD “El Marqués”**: Almacenamiento, Compresor y Dispensarios:

- Escenario 1 Incendio por fuga en los Cilindros de almacenamiento, no mayor a 2 kg.
- Escenario 2 Incendio por fuga en compresor, no mayor a 1 kg
- Escenario 3 Incendio en Dispensarios por ruptura de manguera de los dispensarios de GNV, no mayor a 1 kg
- Escenario 4 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%

Para cada escenario simulado, se determinaron las zonas de alto riesgo y amortiguamiento, utilizando los criterios establecidos por la SEMARNAT, para radiación térmica: 5 kW/m² para la zona de alto riesgo y 1.4 kW/m² para la zona de amortiguamiento y para sobrepresión 1 psi para la zona de alto riesgo y 0.5 psi para la zona de amortiguamiento. Las gráficas generadas de la simulación de consecuencias para cada uno de los escenarios simulados se incluyen en el Anexo D, los planos con los radios de afectación se incluyen en el Anexo E.

Los radios de afectación por radiación térmica resultaron con las mayores distancias para la zona de amortiguamiento (1,4 kW/m²) en el rango de 21.5 a 37.91 m, y para la zona de alto riesgo (5,0 kW/m²) en el rango de 1.57 a 20.36 m. Dichos escenarios corresponden al caso más probable pero menos catastrófico, es decir, ruptura de línea, las cuales tienen una probabilidad baja pero consecuencia severa.

Para sobrepresión 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%. Menos probable, más catastrófico.