



Estudio de Riesgo Ambiental Terminal de Almacenamiento de Petróleos Valle de México Axapusco, Estado de México

Monterra Energy S.A. de C.V.

Estudio de Riesgo Ambiental

Terminal de Almacenamiento de Petrolíferos

Valle de México Axapusco, Estado de México

Revisado por

NOMBRE DE PERSONA FISICA, ART.
116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP
Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Aprobado por

NOMBRE DE PERSONA FISICA, ART. 116
PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113
FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Contenido

1. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO	1-1
1.1. BASES DE DISEÑO.....	1-1
1.1.1 Ubicación del predio.....	1-1
1.1.2 Criterios de diseño.....	1-2
1.1.3 Identificación de riesgos ante fenómenos perturbadores de origen natural.....	1-5
1.1.4 Normatividad aplicable.....	1-15
1.1.5 Proyecto civil.....	1-22
1.1.6 Proyecto Mecánico.....	1-26
1.1.7 Proyecto sistema contra-incendio.....	1-33
1.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO	1-50
1.2.1 Generalidades.....	1-50
1.2.2 Descripción por proceso.....	1-50
1.2.3 Hojas de Seguridad.....	1-55
1.2.4 Almacenamiento.....	1-55
1.2.5 Equipos de Proceso y Auxiliares.....	1-56
1.2.6 Pruebas de Verificación.....	1-65
1.3. CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	1-68
1.3.1 Descarga de productos.....	1-68
1.3.2 Almacenamiento de productos.....	1-69
1.3.3 Carga de productos.....	1-69
1.3.4 Especificaciones de Cuarto de Control.....	1-71
1.3.5 Sistemas de Aislamiento.....	1-72
1.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	1-74
1.4.1 Antecedentes de Accidentes e Incidentes.....	1-75
1.4.2 Metodología de Identificación y Jerarquización.....	1-79
1.4.3 Jerarquización de riesgos.....	1-82
2. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.....	2-1
2.1. RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.....	2-1
2.1.1 Introducción.....	2-1
2.1.2 Descripción del software utilizado.....	2-2
2.1.3 Radiación térmica.....	2-2
2.1.4 Sobrepresión.....	2-3
2.1.5 Consideraciones para la simulación de los escenarios.....	2-4
2.1.6 Definición de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento.....	2-10
2.2. INTERACCIONES DE RIESGO.....	2-11
2.2.1 Escenario 1.....	2-12
2.2.2 Escenario 2.....	2-15
2.2.3 Escenario 3.....	2-17
2.2.4 Escenario 4.....	2-20
2.2.5 Escenario 5.....	2-33
2.2.6 Escenario 6.....	2-36
2.2.7 Escenario 7.....	2-39
2.2.8 Escenario 8.....	2-42
2.2.9 Escenario 9.....	2-45
2.2.10 Escenario 10.....	2-47
2.3. EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL	2-50
3. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA	
AMBIENTAL	3-1
3.1. RECOMENDACIONES TÉCNICO OPERATIVAS.....	3-1
3.1.1 Derrame de productos en descargaderas y llenaderas.....	3-1
3.1.2 Derrame de productos en tanques de almacenamiento.....	3-1

3.1.3	Generales.....	3-1
3.2.	MEDIDAS DE SEGURIDAD.....	3-2
3.2.1	Red general contra incendio y detección de gas y fuego.....	3-2
3.2.2	Descargaderas.....	3-2
3.2.3	Tanques de almacenamiento.....	3-3
3.2.4	Llenaderas.....	3-4
3.2.5	Oficinas administrativas.....	3-5
3.2.6	Cuarto de control.....	3-5
3.3.	MEDIDAS PREVENTIVAS.....	3-6
4.	RESUMEN.....	4-1
4.1.	CONCLUSIONES Y RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL DEL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL.....	4-1
4.2.	INFORME TÉCNICO.....	4-3
4.2.1	Estimación de consecuencias.....	4-3
4.2.2	Criterios utilizados.....	4-5
4.2.3	Sustancias involucradas.....	4-7
4.2.4	Antecedentes de accidentes e incidentes.....	4-8
4.2.5	Identificación y jerarquización de riesgos ambientales.....	4-11
5.	IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.....	5-1
5.1.	FORMATOS DE PRESENTACIÓN.....	5-1
5.1.1	Planos de localización.....	5-1
5.1.2	Fotografías.....	5-1
5.2.	OTROS ANEXOS.....	5-8
5.2.1	Documentos legales.....	5-8
5.2.2	Cartografía.....	5-8
5.2.3	Memorias descriptivas de la(s) metodología(s) utilizada(s).....	5-8
5.2.4	Memoria técnica de las modelaciones.....	5-8
5.2.5	Memorias técnicas del proyecto.....	5-8
5.2.6	Análisis de posibles riesgos y contaminación.....	5-8
5.3.	BIBLIOGRAFÍA.....	5-8
Anexo 1	Planos del Proyecto.....	5-10
Anexo 2	Estudios de Vulnerabilidad del Sitio.....	5-11
Anexo 3	DTI.....	5-12
Anexo 4	DFP.....	5-13
Anexo 5	Hojas de Seguridad.....	5-14
Anexo 6	HazOp - Identificación de Riesgos de Proceso.....	5-15
Anexo 7	Jerarquización de Riesgos de Proceso.....	5-16
Anexo 8	Planos por escenario y sustancia química.....	5-17
Anexo 9	Memoria Técnica de Simulaciones.....	5-18
Anexo 10	Fotografías.....	5-19
Anexo 11	Memorias Técnico Descriptivas.....	5-20
Anexo 12	Documentación Legal.....	5-21

Lista de Tablas

Tabla 1.1. Cuadro de construcción de la segunda fase.....	1-2
Tabla 1.2. Cuadro de construcción de la fase inicial.....	1-3
Tabla 1.3. Aceleraciones máximas en roca por zona sísmica.....	1-6
Tabla 1.4. Clasificación de la infraestructura según su destino (Fuente: MDOC-DS-CFE-2015).....	1-7
Tabla 1.5. Grupos y clases estructurales (Fuente: MDOC-DS-CFE-2015).....	1-7
Tabla 1.6. Espectros de respuesta para cada grupo estructural (Fuente: MDOC-DS-CFE-2015).....	1-7
Tabla 1.7. Leyes, normas o tratados aplicables al proyecto.....	1-16
Tabla 1.8. Listado de edificaciones contempladas en el proyecto.....	1-22
Tabla 1.9. Especificaciones de diseño para áreas interiores y exteriores.....	1-23
Tabla 1.10. Criterios para el diseño de las vialidades de la Terminal.....	1-24
Tabla 1.11. Tipos de drenaje en la Terminal.....	1-25
Tabla 1.12. Consideraciones de diseño para el área de almacenamiento de petrolíferos.....	1-26
Tabla 1.13. Especificaciones del HVAC por edificación.....	1-27
Tabla 1.14. Bombas y brazos de descarga de autotanques.....	1-29
Tabla 1.15. Bombas y brazos para llenado de autotanques.....	1-30
Tabla 1.16. Materiales de las tuberías de la red de agua contra incendio.....	1-34
Tabla 1.17. Clasificación de líquidos conforme al servicio.....	1-35
Tabla 1.18. Cámaras de espuma para tanques sin techo flotante.....	1-36
Tabla 1.19. Cámaras de espuma para tanques con techo flotante.....	1-37
Tabla 1.20. Tipos de tonos de las alarmas audibles.....	1-43
Tabla 1.21. Gama de colores para alarmas visuales.....	1-44
Tabla 1.22. Agentes a utilizar por área.....	1-47
Tabla 1.23. Clasificación de fuegos.....	1-47
Tabla 1.24. Caudales de los equipos de emergencia.....	1-48
Tabla 1.25. Distribución de productos en las islas.....	1-50
Tabla 1.26. Distribución de productos en llenaderas.....	1-53
Tabla 1.27. Características de los productos almacenados en la terminal (NOM-016-CRE-2016).....	1-54
Tabla 1.28. Características de operación de los tanques de productos refinados.....	1-55
Tabla 1.29. Características de operación de los tanques de productos auxiliares.....	1-56
Tabla 1.30. Tensión eléctrica nominal de los motores utilizados.....	1-63
Tabla 1.31. Sistemas de Fuerza Ininterrumpida.....	1-64
Tabla 1.32. Condiciones de operación durante la descarga de productos.....	1-68
Tabla 1.33. Condiciones de operación durante la carga de productos.....	1-70
Tabla 1.34. Componentes del sistema de detección e intrusión.....	1-73
Tabla 1.35. Probabilidad de fugas. Fuente: Federal Emergency Management Agency.....	1-74

Tabla 1.36. Palabras guía usadas en la metodología HAZOP.....	1-80
Tabla 1.37. Identificación de nodos por proceso de la TAP VDM.....	1-81
Tabla 1.38. Clasificación de las consecuencias para los distintos escenarios de riesgo.....	1-82
Tabla 1.39. Clasificación de frecuencia para los escenarios de riesgo.....	1-83
Tabla 1.40. Matriz de riesgo.....	1-83
Tabla 1.41. Descripción de las regiones de riesgo.....	1-84
Tabla 1.42. Escenarios identificados a partir de la identificación y jerarquización de riesgos.....	1-85
Tabla 1.43. Escenarios catastróficos.....	1-87
Tabla 2.1. Registro de precipitación de la estación 13006 Ciudad Sahagún.....	2-5
Tabla 2.2. Condiciones del medio utilizadas para las simulaciones.....	2-6
Tabla 2.3. Estabilidad atmosférica.....	2-6
Tabla 2.4. Propiedades de las sustancias modeladas.....	2-6
Tabla 2.5. Límites de las zonas de afectación.....	2-11
Tabla 2.6. Efectos por radiación térmica.....	2-11
Tabla 2.7. Efectos por sobrepresión.....	2-11
Tabla 2.8. Radios de afectación por radiación térmica para escenario 4.....	2-20
Tabla 2.9. Radios de afectación por sobrepresión para escenario 4.....	2-27
Tabla 4.1. Sustancias involucradas y condiciones del área de descargaderas.....	4-7
Tabla 4.2. Sustancias involucradas y condiciones del área de almacenamiento.....	4-7
Tabla 4.3. Sustancias involucradas y condiciones del área de llenaderas.....	4-8
Tabla 4.4. Antecedentes de accidentes e incidentes.....	4-8
Tabla 4.5. Identificación, jerarquización de riesgos y componente ambiental afectado.....	4-11

Lista de Figuras

Figura 1.1 Ubicación del municipio de Axapusco, Estado de México.....	1-1
Figura 1.2 Ubicación del predio destinado para el proyecto TAP VDM.	1-1
Figura 1.3. Polígono de la fase inicial del proyecto.....	1-3
Figura 1.4. Polígono de la primera y segunda fase del proyecto.....	1-4
Figura 1.5. Regiones sísmicas de México. Fuente CFE.	1-5
Figura 1.6. Peligro por caída de material volcánico. Atlas de Riesgos del Estado de México.	1-10
Figura 1.7. Zonas susceptibles a inundación.....	1-11
Figura 1.8. Frecuencia de granizadas. Atlas de riesgos del Estado de México.....	1-12
Figura 1.9. Ubicación del sitio del proyecto con respecto a ductos.....	1-13
Figura 1.10 Porcentaje de accidentes viales en vialidades de Axapusco.	1-15
Figura 1.11. Distribución por causante de emergencias notificadas a PROFEPA en 2017. Tomado de PROFEPA, 2017.....	1-76
Figura 1.12. Distribución por actor de emergencias notificadas en 2017. Tomado de PROFEPA, 2017.....	1-77
Figura 1.13. Clases de riesgo y zona ALARP.....	1-85
Figura 2.1. Tipos de clima en el área del proyecto.	2-4
Figura 2.2. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con gasolina regular para el escenario 1.....	2-13
Figura 2.3. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con gasolina regular para el escenario 1.....	2-14
Figura 2.4. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con gasolina regular para el escenario 2.....	2-16
Figura 2.5. Radios de afectación por sobrepresión con gasolina regular para el escenario 2.	2-17
Figura 2.6. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con gasolina regular para el escenario 3.....	2-18
Figura 2.7. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con gasolina regular para el escenario 3.....	2-19
Figura 2.8. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con gasolina regular para el escenario 4.....	2-21
Figura 2.9. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con gasolina premium para el escenario 4.....	2-22
Figura 2.10. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con diésel para el escenario 4.	2-23
Figura 2.11. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con turbosina para el escenario 4.	2-24
Figura 2.12. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con MTBE para el escenario 4.....	2-25
Figura 2.13. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con etanol para el escenario 4.	2-26
Figura 2.14. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con gasolina regular para el escenario 4.....	2-27
Figura 2.15. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con gasolina premium para el escenario 4.....	2-28
Figura 2.16. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con diésel para el escenario 4.....	2-29
Figura 2.17. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con turbosina para el escenario 4.	2-30
Figura 2.18. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con MTBE para el escenario 4.	2-31

Figura 2.19. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con etanol para el escenario 4.....	2-32
Figura 2.20. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con gasolina regular para el escenario 5.....	2-34
Figura 2.21. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con gasolina regular para el escenario 5.	2-35
Figura 2.22. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con gasolina regular para el escenario 6.....	2-37
Figura 2.23. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con gasolina regular para el escenario 6.....	2-38
Figura 2.24. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con gasolina regular para el escenario 7.....	2-40
Figura 2.25. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con gasolina regular para el escenario 7.	2-41
Figura 2.26. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con turbosina para el escenario 8.	2-43
Figura 2.27. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con turbosina para el escenario 8.	2-44
Figura 2.28. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con gasolina regular para el escenario 9.....	2-46
Figura 2.29. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con gasolina regular para el escenario 9.	2-47
Figura 2.30. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con turbosina para el escenario 10.....	2-48
Figura 2.31. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con turbosina para el escenario 10.	2-49

Lista de Acrónimos

ANCE: Asociación de Normalización y Certificación.

ANSI: American National Standards Institute.

ASEA: Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente.

ASME: American Society of Mechanical Engineers.

API: American Petroleum Institute.

CCTV: Circuito Cerrado de Televisión.

CRE: Comisión Reguladora de Energía.

CENAPRED: Centro Nacional de Prevención de Desastres

CRETIB: Características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas

DFP: Diagrama de Flujo de Proceso.

DTI: Diagrama de Tuberías e Instrumentación.

HVAC: Heating, Ventilating and Air Conditioning.

IEC: International Electrotechnical Commission

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

LGEEPA: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

ISO: International Organization for Standardization

MDOC-DS-CFE: Manual de Diseño de Obras Civiles de CFE

NOM: Normas Oficiales Mexicanas

NMX: Normas mexicanas

MTBE: Éter Metil Terbutílico.

NEMA: National Electrical Manufacturers Association

NFPA: National Fire Protection Agency.

PEAD: Polietileno de Alta Densidad.

OCIMF: Oil Companies International Marine Forum.

OIML: Organización Internacional de Metrología Legal.

PCS o SCP: Sistema de Control de Proceso.

PROFEPA: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

PVC: Policloruro de Vinilo.

RP: Resto del País.

SCFI: Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

SSEM: Secretaría de Seguridad del Estado de México

SDGF: Sistema de Detección de Gas y Fuego.

SEGOB: Secretaría de Gobernación.

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SLC: Señales de Línea.

SPE: Sistema de Paro de Emergencia.

STPS: Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

TAP VDM: Terminal de Almacenamiento de Petrolíferos Valle de México.

TCGF: Tablero control para Detección de Gas y Fuego.

TMS: Sistema de Administración de la Terminal.

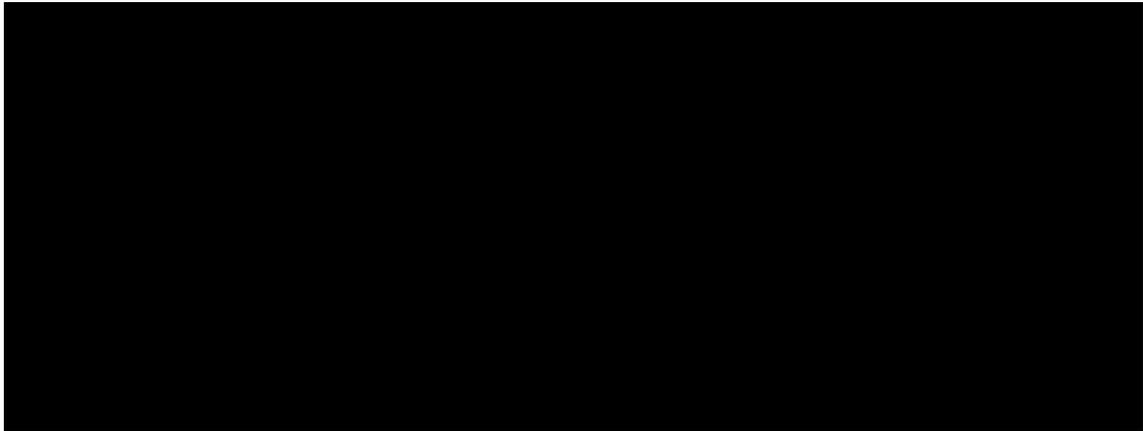
VOS: Válvula de doble paso.

ZM: Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

1. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

1.1. BASES DE DISEÑO

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



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

Figura 1.1 Ubicación del municipio de Axapusco, Estado de México.

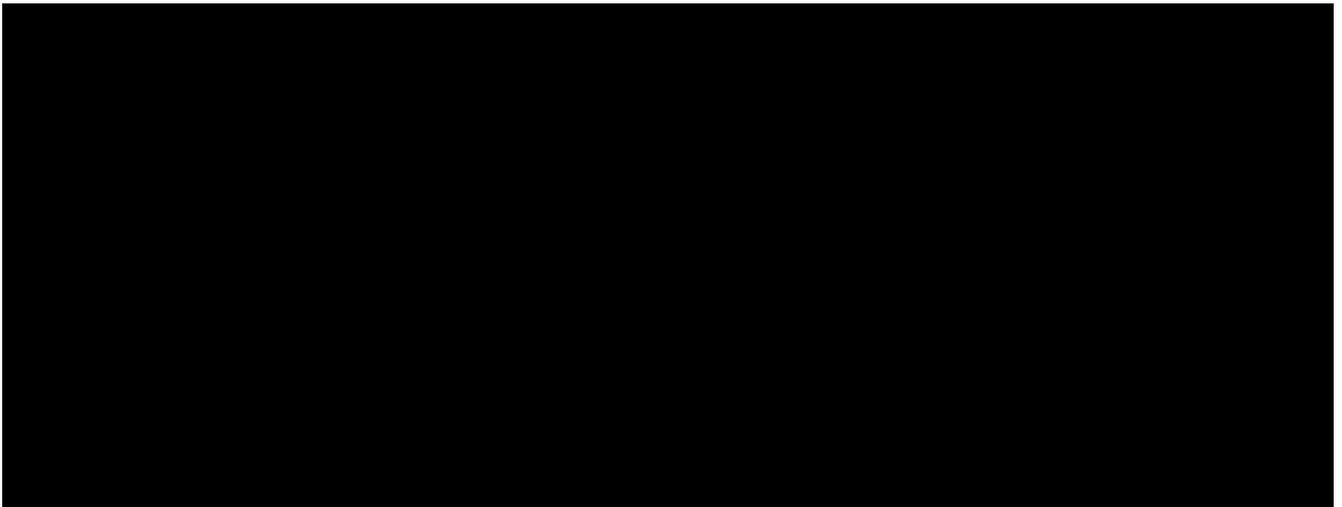
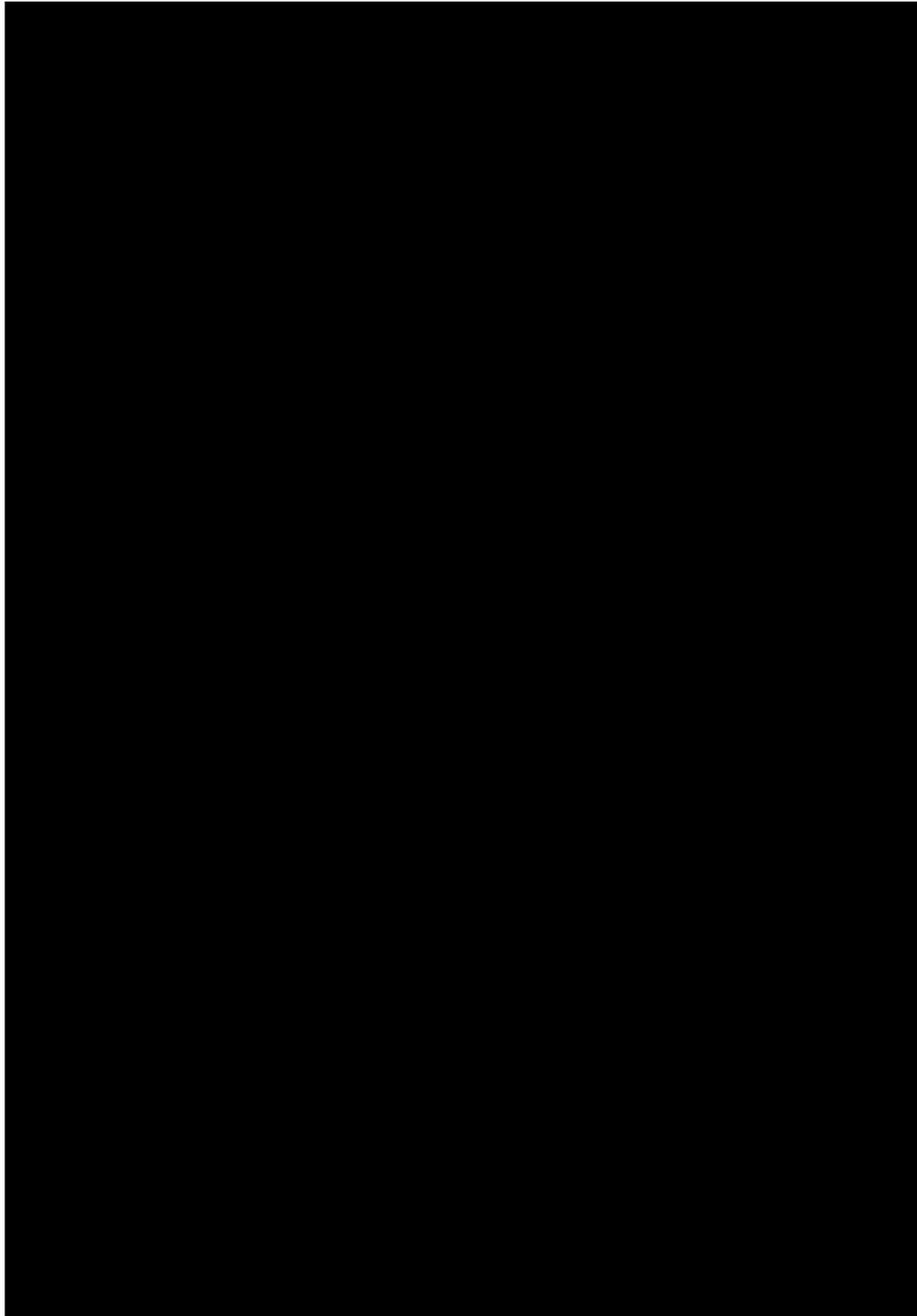


Figura 1.2 Ubicación del predio destinado para el proyecto TAP VDM.

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

Tabla 1.1. Cuadro de construcción de la segunda fase.



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

1.1.2 Criterios de diseño.

El proyecto Terminal de Almacenamiento de Petrolíferos Valle de México se compone de dos fases, en la primera se contempla el almacenamiento de 900,000 Bbl de capacidad nominal total en tanques de productos refinados y 165,000 Bbl de capacidad nominal total en tanques de productos auxiliares (etanol, MTBE y Transmix), con recepción por medio de autotanques, mientras que en la fase dos se considera duplicar la capacidad total de almacenamiento hasta 1, 800, 000 Bbl en tanques de productos refinados, además de contemplar la posibilidad de

recepción de productos por medio de autotanques, poliductos y/o ferrocarril. En la Figura 1.3 se muestra el polígono que ocupará la terminal en la fase inicial y en la Tabla 1.2 se muestra el cuadro de construcción. Ambos planos se muestran en el ANEXO 1.

En la primera fase se tendrá una capacidad nominal de 900,000 barriles, en la que se almacenarán y distribuirán los siguientes productos:

- Diésel.
- Gasolina Regular RP (Resto del País).
- Gasolina Regular ZM (Zona Metropolitana).
- Gasolina Premium RP (Resto del País).
- Gasolina Premium ZM (Zona Metropolitana).
- Turbosina.
- MTBE.
- Etanol.

Los tanques de almacenamiento serán los siguientes (capacidad nominal):

- TV-101(120, 000 bbl c/u), Diésel/ Gasolina Regular.
- TV-102 (120, 000 bbl c/u), Diésel.
- TV-103 (120, 000 bbl), Turbosina/Diésel.
- TV-201/TV-202 (150, 000 bbl c/u) Gasolina Regular ZM
- TV-203 (120, 000 bbl), Gasolina Regular/Premium RP
- TV-204 (120, 000 bbl), Gasolina Premium ZM/RP
- TV-404 MTBE (60,000 bbl).
- TV-601 Etanol (45,000 bbl).
- TV-501/TV-502 (30,000 bbl c/u), Transmix de Diésel y Gasolinas.

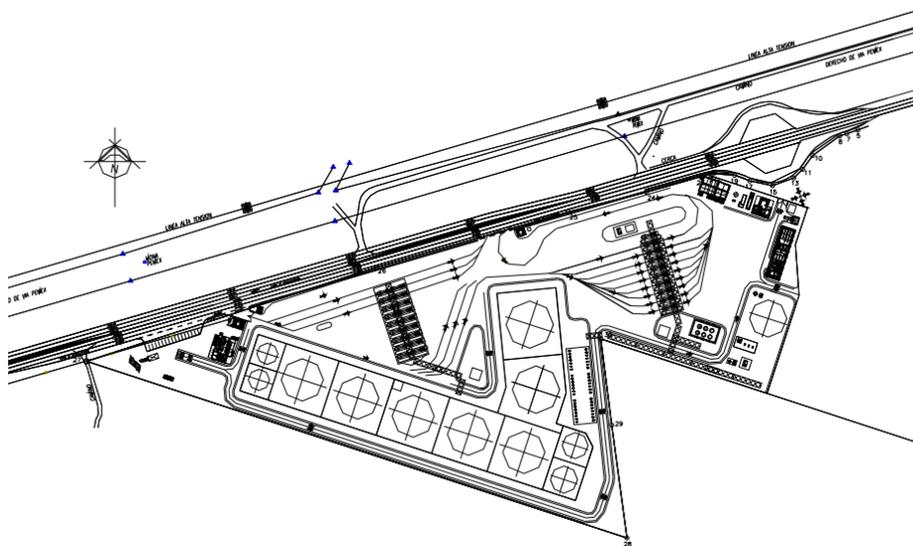
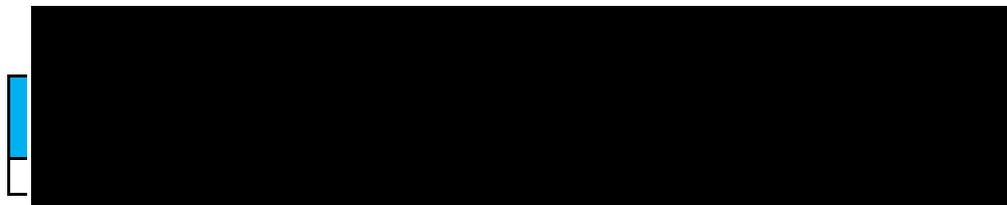
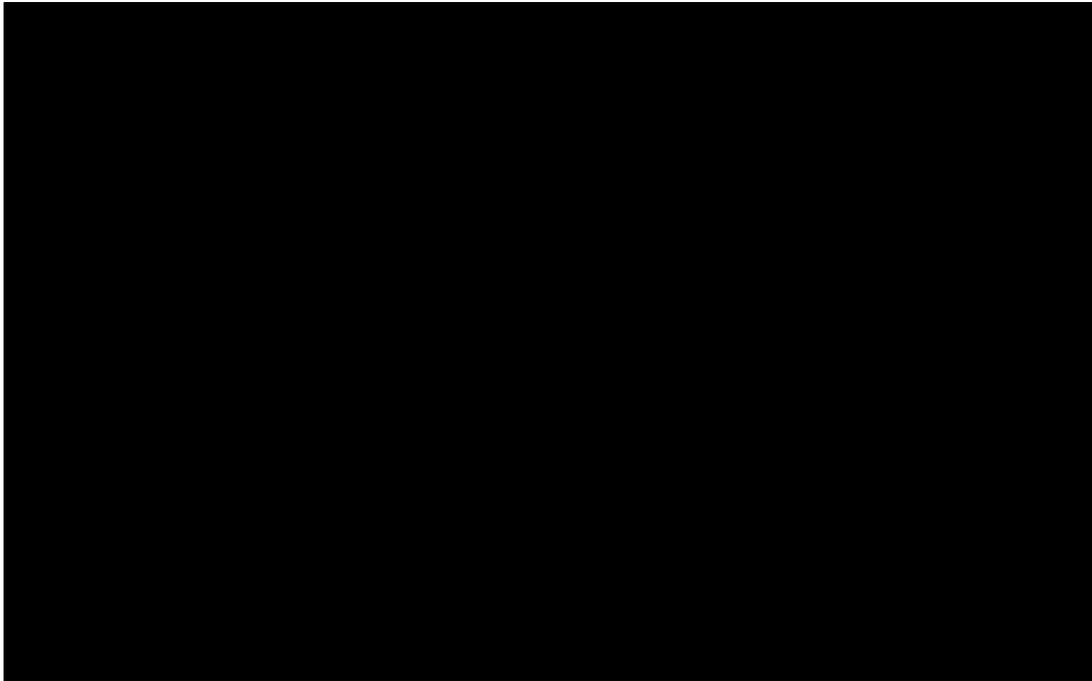


Figura 1.3. Polígono de la fase inicial del proyecto.

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



COORDENADAS DEL
PROYECTO, ART. 113
FRACCIÓN I DE LA
LGTAI Y 110 FRACCIÓN
I DE LA LFTAIP



En la segunda fase se tendrá una capacidad de hasta 1.8 millones de barriles, se duplicará la cantidad de tanques respecto a la fase I y se utilizará el 100% del predio del proyecto (Figura 1.3). En esta fase se plantean dos opciones:

Opción A: Planta duplicada de la Fase I, incluyendo almacenamiento, descargaderas y autotanques.

Opción B: Incorporación de descarga de carrotanques.

La fase II del proyecto se encuentra todavía en etapa conceptual y no cuenta con ingeniería básica extendida por lo que es pertinente mencionar que **el presente estudio de riesgo estará enfocado únicamente en el análisis de la fase I de la Terminal.**

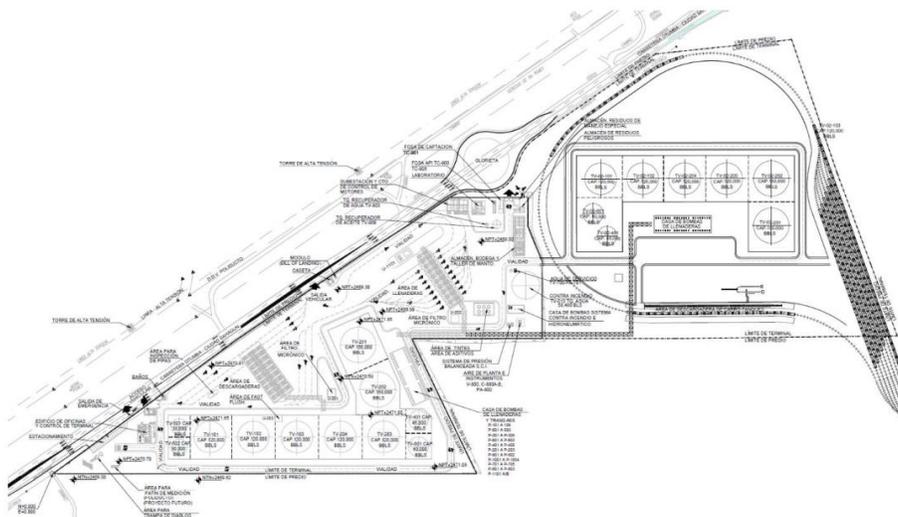


Figura 1.4. Polígono de la primera y segunda fase del proyecto.

1.1.3 Identificación de riesgos ante fenómenos perturbadores de origen natural.

1.1.3.1 Fenómenos geológico-geomorfológicos

Sismicidad

Los sismos son movimientos bruscos generados en la corteza terrestre producidos por la liberación de energía acumulada. En México, estos fenómenos presentan una gran actividad en la parte centro y sur, principalmente en los estados que se encuentran en el margen continental del Océano Pacífico.

El país se encuentra dividido en cuatro regiones sísmicas (Figura 1.5), según el nivel de peligro, tomando como referencia los registros históricos, los catálogos de sismicidad y datos de aceleración del terreno (CENAPRED, 2014a). Estas zonas son:

- A: en las cuales no hay registros históricos, no se han reportado sismos grandes en los últimos 80 años y la aceleración del terreno es menor al 10 % del valor de gravedad.
- B: son las regiones que presentan sismicidad de media intensidad, pero las aceleraciones del suelo no rebasan del 70 % de la aceleración de gravedad.
- C: regiones de alta intensidad sísmica, pero con aceleraciones del suelo que no rebasan el 70 % de la aceleración de gravedad.
- D: son las regiones donde han ocurrido sismos de alta intensidad con mucha frecuencia, así mismo las aceleraciones del terreno pueden ser superiores al 70% de gravedad.

El polígono del proyecto se encuentra dentro de la Zona B de acuerdo con la clasificación sísmica de México, por lo que no se considera que la actividad sísmica de la región pueda ocasionar daños importantes a la infraestructura o la población (Figura 1.5). Para el proyecto de la TAP VDM, tanto los parámetros específicos de diseño y la carga del sismo se determinarán de acuerdo con las especificaciones de la sección 3.1 del manual de diseño de obras civiles de CFE (MDOC-DS-CFE-2015), considerando los resultados del estudio de mecánica de suelos y geofísica (ANEXO 2) y se clasificará a la infraestructura por su importancia y efectos en caso de falla como tipo "A", y por su tamaño y relación con el sector energético como "Clase 1" (Tabla 1.4 y Tabla 1.5).

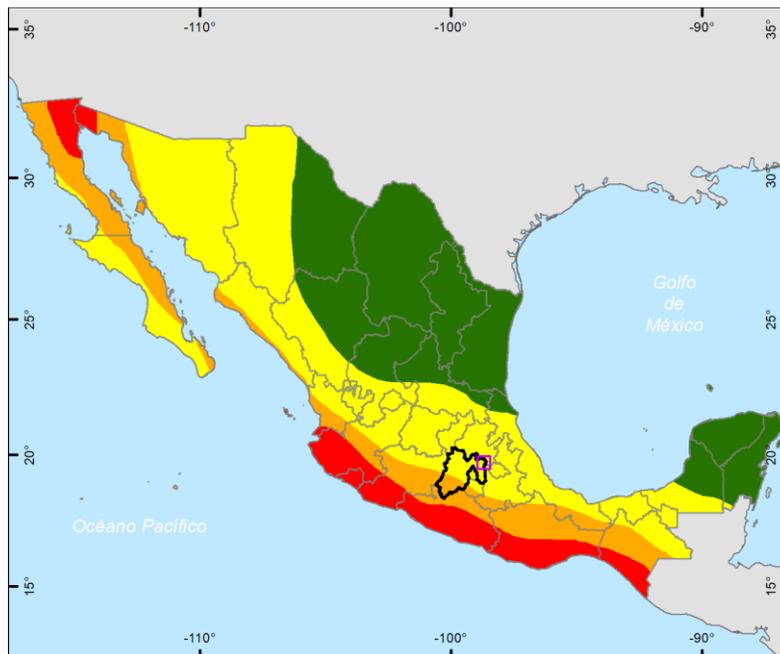


Figura 1.5. Regiones sísmicas de México. Fuente CFE.

Tabla 1.3. Aceleraciones máximas en roca por zona sísmica.

Aceleración máxima en roca a_r^0 (cm/s ²), correspondiente al nivel de referencia ER	Zona	Intensidad sísmica
$a_r^0 \geq 200$	D	Muy alta
$100 \leq a_r^0 < 200$	C	Alta
$50 \leq a_r^0 < 100$	B	Moderada
$a_r^0 < 50$	A	Baja

Los espectros mencionados en esta condición de carga corresponden al estado límite de prevención de colapso. Para obtener los espectros para el estado límite de servicio, se afectarán las ordenadas espectrales elásticas por factores de reducción o se obtendrán espectros para un periodo de retorno específico por una norma internacional, nacional o por autoridades competentes.

Tabla 1.4. Clasificación de la infraestructura según su destino (Fuente: MDOC-DS-CFE-2015).

Grupo	Descripción
A+	Las estructuras de gran importancia, o del Grupo A+, son aquellas en que se requiere un grado de seguridad extrema, ya que su falla causaría cientos de miles de víctimas y/o graves pérdidas y daños económicos, culturales ecológicos o sociales. Ejemplos de estructuras de importancia extrema son las grandes presas y las plantas nucleares.
A	Estructuras en que se requiere un grado de seguridad alto. Construcciones cuya falla estructural causaría la pérdida de un número elevado de vidas o pérdidas económicas, daños ecológicos o culturales, científicos o tecnológicos de magnitud intensa o excepcionalmente alta, o que constituyan un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o inflamables, así como construcciones cuyo funcionamiento sea esencial después de un sismo. Ejemplo de ellas son las estructuras fundamentales (principales) de: Centrales de generación, transmisión y distribución eléctrica, instalaciones industriales de proceso, almacenamiento y distribución de hidrocarburos, sistemas de transporte de telecomunicaciones, sistemas de almacenamiento, conducción, distribución y tratamiento de aguas, escuelas, centros de investigación, estadios, hoteles sistemas de emergencia como estaciones de bomberos u hospitales, etc.
B	Estructuras en las que se requiere un grado de seguridad convencional. Construcciones cuya falla estructural ocasionaría la pérdida de un número reducido de vidas, pérdidas económicas moderadas o podría en peligro otras construcciones de este grupo y/o daños a las del Grupo A+ y A moderados. Ejemplo de ellas son naves industriales, locales comerciales estructuras comunes destinadas a vivienda u oficinas, salas de espectáculos, depósitos y estructuras urbanas o industriales no incluidas en los Grupos A y A, así como muros de retención, bodegas ordinarias y bardas.

Tabla 1.5. Grupos y clases estructurales (Fuente: MDOC-DS-CFE-2015).

Grupo	Clasificación de las construcciones	
A+	Todas las estructuras de gran importancia del sector energético o industrial	
A	A1: Pertenece o se relaciona con el sector energético o industrial.	A2: No pertenece ni se relaciona con el sector energético o industrial.
B	B1: Altura mayor que 13 m o área total construida mayor que 400 m ² .	B2: Altura menor o igual que 13 m y área total construida menor o igual que 400 m ² .

El espectro de diseño se construirá en función del tamaño y relación con el sector energético o industrial, descritos en la Tabla 1.4 y en la Tabla 1.5. En la Tabla 1.6 se indican los espectros de respuesta para roca considerando cada grupo estructural, así como los factores de importancia estructural por lo que se deben de multiplicar después de considerar los efectos de sitio.

Tabla 1.6. Espectros de respuesta para cada grupo estructural (Fuente: MDOC-DS-CFE-2015).

Estructura	Espectro de respuesta	Factor importancia estructural F_{DE}
B2	Espectro de aceleración constante (solo se requiere a_r^0)	1.0
B1	Espectro probabilista de referencia ER (solo se requiere a_r^0)	1.0

Estructura	Espectro de respuesta	Factor importancia estructural F_{DE}
A2	Espectro probabilista de referencia ER (solo se requiere a_r^0)	1.5
A1	Alguno de los siguientes espectros, según se indique en las especificaciones del proyecto:	
	a) Espectro probabilista para periodo de retorno especificado $a_{r\ EFR}^0$	1.0
	b) Espectro determinista máximo creíble EMC, menor o igual que el espectro probabilista EPR para un periodo de retorno de 2,475 años.	1.0
	c) Espectro probabilista de referencia ER	1.5
	d) Envolverte de los incisos a, b y c	1.0
A+	Alguno de los siguientes espectros, según se indique en las especificaciones del proyecto	
	a) Espectro probabilista para periodo de retorno especificado $a_{r\ EFR}^0$	1.0
	b) Espectro determinista máximo creíble EMC, menor o igual que el espectro probabilista EPR para un periodo de retorno de 10,000 años.	1.0
	c) Espectro probabilista de referencia ER	1.75
	d) Envolverte de los incisos a, b y c	1.0

Movimientos de terreno o de ladera

Se entiende por ladera como las partes laterales presentes entre la cima y la base. Estos sitios se caracterizan por presentar movimientos de suelo y roca en sentido descendente como consecuencia de la fuerza de gravedad (Corominas and García-Yagüe, 1997). A estos desplazamientos se les conoce como “efectos de ladera”, los cuales pueden ser clasificados de la siguiente manera:

Derrumbes: definidos como “movimientos repentinos de fragmentos de rocas que se originan en pendientes abruptas y acantilados, por lo que el movimiento es de caída libre, rodando y rebotando” (CENAPRED, 2001).

Flujos: son “movimientos de suelos y/o fragmentos de roca ladera abajo en donde sus partículas, granos o fragmentos tienen movimientos relativos dentro de la masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla” (CENAPRED, 2001).

Deslizamientos: son “movimientos de una masa de materiales térreos pendiente abajo, delimitada por una o varias superficies, planas o cóncavas, sobre las que se desliza el material inestable” (CENAPRED, 2001).

Movimientos complejos: los movimientos complejos se originan cuando un tipo de movimiento gravitacional de los mencionados se transforma en otro conforme fluye ladera abajo. Ejemplos de este fenómeno son los aludes,

las avalanchas de rocas y los flujos deslizantes (Alcántara-Ayala, 2000; EPOCH, 1993; Hutchinson, 1990; Varnes, 1958).

Reptación: es el flujo lento sobre un plano inclinado, de partículas de suelo ocasionado por las variaciones diarias o estacionales de temperatura y humedad, provocando expansión-retracción, aumento en la plasticidad y congelamiento-deshielo. Se percibe mediante el abultamiento, ondulaciones o agrietamiento de la capa de suelo, e incluso por la inclinación de los árboles (Lugo-Hubp, 2011; De Pedraza et al., 1996).

Existen diferentes factores que pueden provocar la inestabilidad de las laderas, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- la baja resistencia del material al terreno.
- la presencia de sistemas de debilidad como diaclasas, fallas, fracturas.
- la forma del relieve como valles profundos, laderas abruptas, escarpes.
- la presencia de rocas arcillosas que favorezcan la ocurrencia de deslizamientos.
- la ocurrencia de sismos intensos en el lugar.
- la presencia de lluvias excesivas.
- la erosión.
- la influencia antropogénica.

El sitio del Proyecto se encuentra en una zona semiplana con pendientes suaves, por lo que no es susceptible de presentar derrumbes o deslizamientos, no obstante, en los alrededores existen algunos conos de escoria en cuyas laderas se observan algunos movimientos de reptación, por lo que se considerará este proceso durante el diseño de la terminal y de obras secundarias, como caminos.

Vulcanismo

La actividad volcánica es una de las manifestaciones más violentas de la dinámica terrestre y los volcanes constituyen la expresión física superficial más evidente de los procesos involucrados en ella. Los productos expelidos por un edificio volcánico durante su actividad dependen principalmente de la composición, la viscosidad y el contenido de agua y gases del magma, y se pueden presentar, de acuerdo a la intensidad de la erupción, como coladas de lava o piroclastos (fragmento sólido de material volcánico expulsado durante una erupción volcánica). A estos se pueden agregar las coladas de lava y los lahares como productos de erupciones volcánicas generadores de riesgo.

El vulcanismo en la entidad sobresale especialmente en la faja circunscrita en el sistema volcánico transversal, donde se tiene la presencia de importantes estratovolcanes como el Popocatepetl, Iztaccíhuatl y Xinantécatl, así como diversos campos de volcanes monogenéticos. Dadas las características del vulcanismo, el nacimiento de un nuevo volcán o la reactivación de alguno de los existentes podría presentarse en cualquier porción del cinturón volcánico mexicano e incluso en sus proximidades (Hubp, Lugo J. et. al. 1985). Sin embargo, las zonas potencialmente más susceptibles son aquellas donde la concentración de volcanes es mayor, así como aquellas adyacentes a los volcanes poligenéticos considerados activos. La relativamente reciente erupción del volcán Xitle, en la cuenca de México (2,200 años), la presencia del Popocatepetl, considerado un volcán de alto riesgo, así como la reciente aparición en el Estado de Michoacán de los volcanes Parícutín (1943) y Jorullo (1769), son evidencias de que el vulcanismo es un fenómeno potencialmente activo.

El único fenómeno que puede provocar algún peligro en el área del proyecto es la caída de material volcánico proveniente del Popocatepetl, aunque por la distancia a la que se encuentra del volcán se esperarían espesores muy bajos por lo que el peligro es bajo (Figura 1.6).

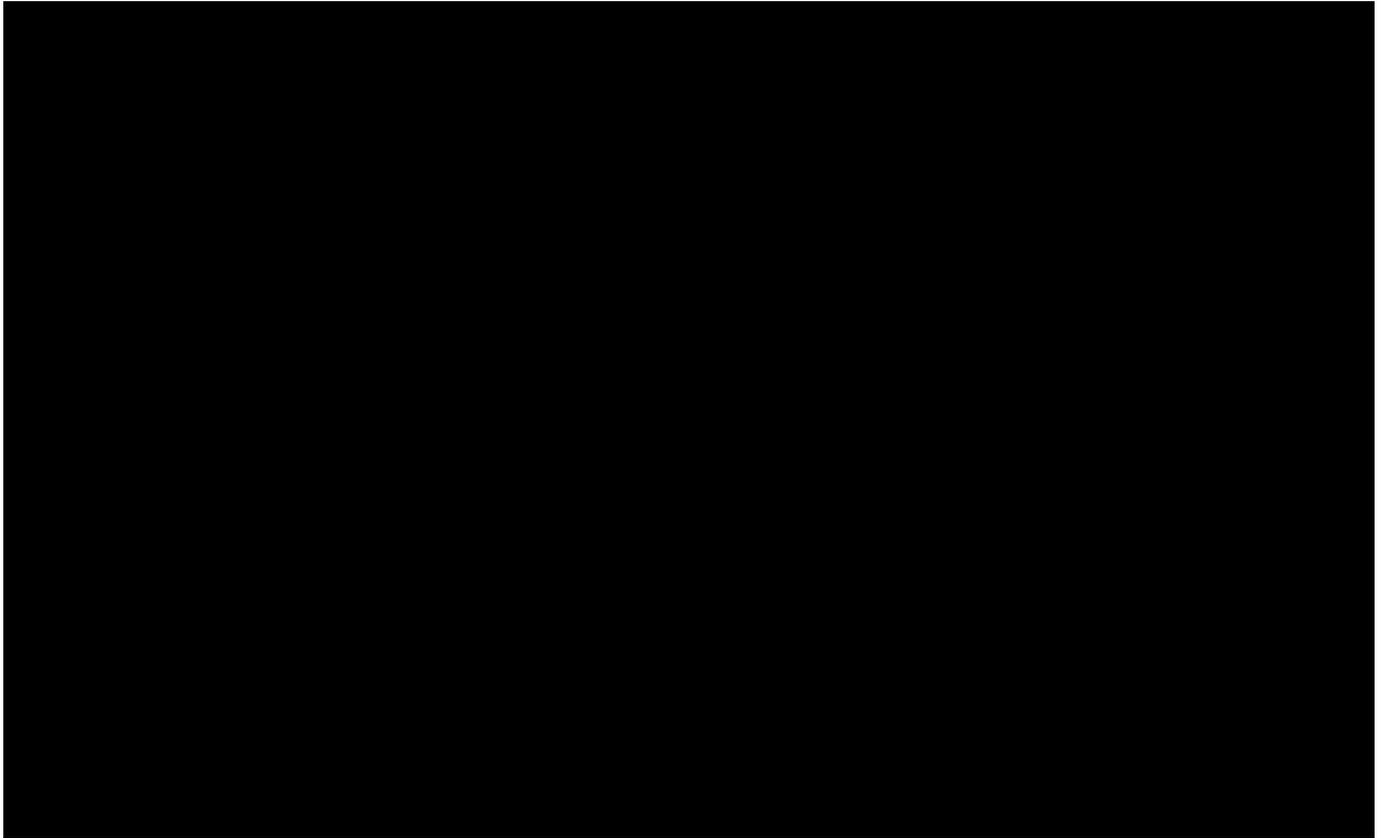


Figura 1.6. Peligro por caída de material volcánico. Atlas de Riesgos del Estado de México.

1.1.3.2 Fenómenos hidrometeorológicos

Inundaciones

Una inundación se define como un evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica, provoca un incremento en el nivel de la superficie libre de agua de los ríos o mares, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay, así como daños a la infraestructura, la agricultura, ganadería y a la población” (Salas y Jiménez, 2014).

Las inundaciones son eventos naturales recurrentes que se originan como resultado de precipitaciones intensas que sobrepasan la capacidad de infiltración del suelo y la capacidad de descarga de los ríos, haciendo que un curso de agua rebase su cauce y descargue en tierras adyacentes. Por lo tanto, los factores que dan origen a inundaciones son climáticos, geomorfológicos e hidrológicos principalmente.

De acuerdo con el Atlas Estatal de Riesgos del Estado de México, el 69% de la superficie del municipio de Axapusco presenta una precipitación media anual menor a 600 mm, mientras que el 31%, correspondiente a la zona este del municipio, en la que se encuentra el predio del proyecto, presenta una precipitación media anual de entre 600 y 700 mm de lluvia.

En dicho documento se señala que el municipio de Axapusco posee una superficie susceptible a inundaciones de 16.04 km², que corresponde al 6% de su extensión total, parte de la cual cubre el polígono en el que se desarrollará el proyecto. Por lo tanto, el diseño del proyecto atenderá el riesgo de inundación mediante obras de protección durante la etapa de construcción y operación de la Terminal (Figura 1.7).

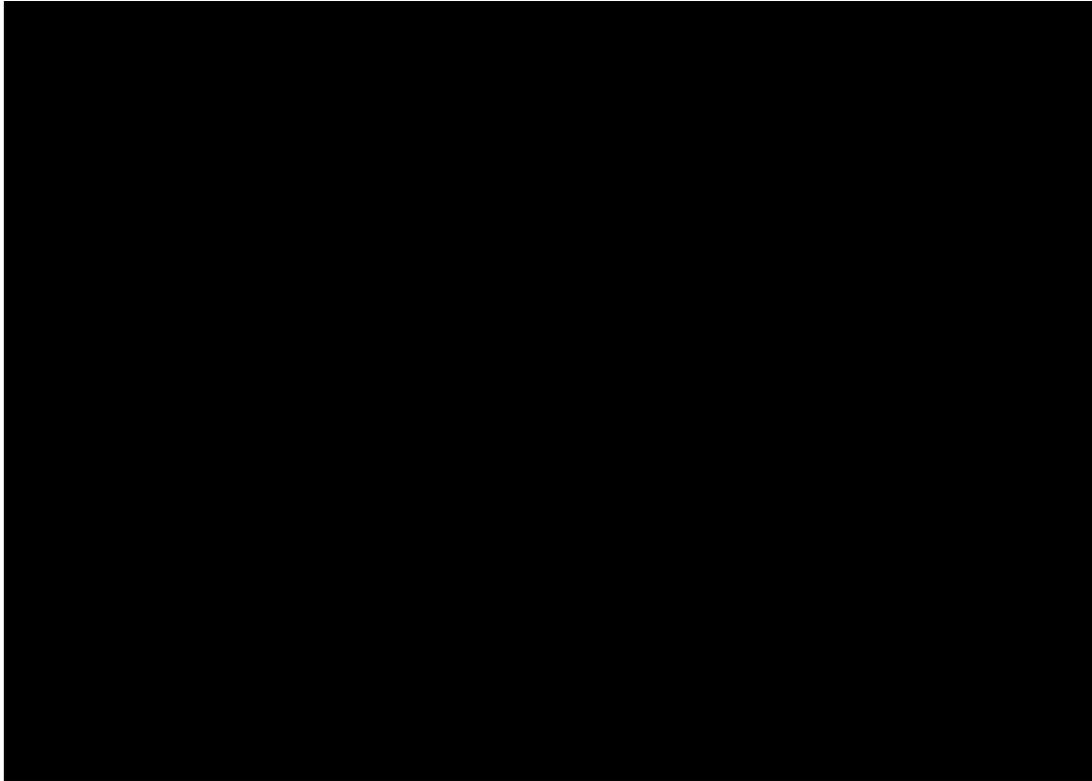


Figura 1.7. Zonas susceptibles a inundación.

Nevadas

No se tienen registros de nevadas en la zona.

Granizadas

Las granizadas son una forma de precipitación resultado de un movimiento convectivo violento generalmente existente en un evento de tormenta. Esto se debe a las fuertes corrientes verticales de aire que unen las gotas de agua suspendidas por encima y por debajo del punto de congelación del agua, por lo tanto, son comunes en eventos en los que se forman nubes de desarrollo vertical como los cumulonimbos, principalmente en las partes altas de la nube en donde la temperatura es baja.

Durante este proceso, el pedrisco va adquiriendo mayor tamaño, hasta que la nube ya no lo puede sostener y se precipita hacia la superficie terrestre, En su trayecto puede llegar a fundirse dependiendo de su tamaño, la distancia recorrida y el efecto del gradiente térmico.

En el Estado de México su ocurrencia es mayor en la zona montañosa, aunque también puede ocurrir en los valles de manera ocasional. Se ha registrado un máximo de 20 días al año con granizo en las cimas de la Sierra Nevada y del volcán Xinantécatl.

En la (Figura 1.8) se muestra que en el área del predio en el que se desarrollará el proyecto la frecuencia de granizadas es de 0 a 2 al año, por lo que, aunque no se considera como un fenómeno peligroso para el proyecto, se tomará en cuenta para el diseño de la Terminal.

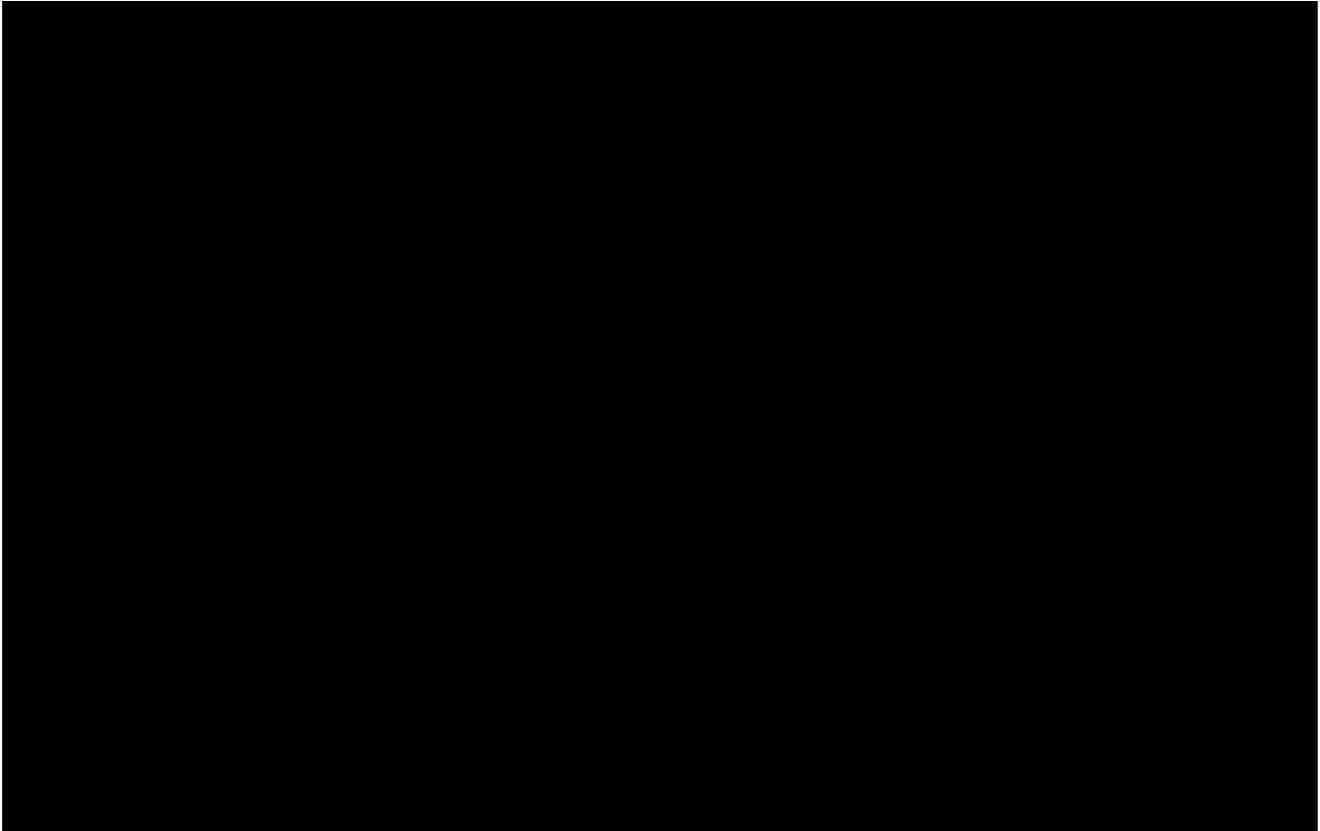


Figura 1.8. Frecuencia de granizadas. Atlas de riesgos del Estado de México.

Huracanes y tormentas tropicales

Por su ubicación, no se presentan en la zona.

1.1.3.3 Fenómenos químico-tecnológicos

De acuerdo con el Atlas de Riesgo del Estado de México (2015), un fenómeno químico-tecnológico es aquel que se genera por la reacción violenta de diferentes sustancias químicas, que pasan a ser muy inestables por su interacción molecular o nuclear. Estos fenómenos se encuentran ligados al desarrollo industrial y tecnológico, y al uso de diversas formas de energía y al complejo manejo, utilización y control de estas.

Dentro de estos fenómenos se encuentran:

- Los incendios urbanos, industriales y forestales.
- Explosiones.
- Derrames de sustancias peligrosas.
- Radiación.
- Fugas tóxicas.

Incendios urbanos (domésticos), industriales y forestales

Un incendio es definido como la manifestación de una combustión incontrolada durante un cierto tiempo y espacio (CENAPRED, 2015). Dentro del municipio de Axapusco se tiene registrado un incendio forestal en el año 2015, el cual abarcó 8 hectáreas de pastizales y arbustos. Para el año 2014 se registraron 3 incendios los cuales sumaron 32 hectáreas (Protección Civil, 2014), mientras que en el año 2017 se registraron 3 incendios que afectaron 46 hectáreas.

Otros registros señalan que en el municipio se han presentado 2 incendios en casa habitación, así como en pastizales, basura, tarimas, entre otros, sin que se encuentren registros de incendios en la industria. Estos eventos pueden presentarse en cualquier sitio, sin que se tengan mecanismos para una temprana identificación fuera del área del proyecto, por lo que será necesario mantenerse atento ante cualquier eventualidad. Por las características de la zona donde se ubicará el Proyecto, predominantemente agrícola, no se espera la ocurrencia de incendios forestales o urbanos que pudieran afectar a las instalaciones.

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



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

Figura 1.9. Ubicación del sitio del proyecto con respecto a ductos.

Explosiones

Dentro de los sitios potenciales que pueden generar explosiones se encuentran las estaciones de servicio o gasolineras, las plantas de gas L.P., así como estaciones de carburación. En el municipio de Axapusco se tiene registrado una estación de servicio, dos plantas de gas L.P., y una estación de carburación.

Por otro lado, se encuentran registrados ocho establecimientos para la fabricación y venta artificios pirotécnicos, lo que conlleva un total de 12 fuentes potenciales que podrían causar explosiones. Ninguna de estas instalaciones se encuentra cerca del sitio del proyecto por lo tanto, no representan un riesgo para las instalaciones de la TAP VDM.

Derrames de sustancias peligrosas

Se identifican los ductos de Pemex como posible fuente de derrame de sustancias peligrosas. Estos ductos corresponden a Pemex Gas y Petroquímica Básica, los cuales presentan una longitud de 15.2 km dentro del municipio de Axapusco. Sin embargo, como se mencionó en el apartado “Incendios urbanos (domésticos), industriales y forestales” los ductos se encuentran a una distancia suficiente para que no representen un riesgo para la instalación.

Radiación y fugas tóxicas

De acuerdo con el Atlas de Riesgo del Estado de México (2015), en el municipio de Axapusco se presentan 4 industrias manufactureras, de las cuales 2 están clasificadas como de bajo riesgo, una industria como de riesgo medio y una como nula. Por lo anterior, dichas instalaciones no constituyen un riesgo que pudiera afectar a la Terminal.

Dentro de los fenómenos químico-tecnológicos se considera la posible interacción con el proyecto denominado Terminal de Almacenamiento y Reparto de Combustibles Magna, Premium y Diésel, TAR Valle de México, promovido por ENERMEX, S.A. de C.V., el cual se encuentra ya aprobado por ASEA. Al ser una terminal de almacenamiento de hidrocarburos, alguna falla o accidente en ella puede ocasionar, incendios, explosiones derrames e incluso radiación. Este proyecto se ubicará aproximadamente a medio kilómetro del sitio de la TAP VDM, por lo que se considerará en el análisis de consecuencias y en las recomendaciones finales.

1.1.3.4 Fenómenos socio-organizativos

Un fenómenos socio-organizativo es definido como aquellos que son generados por la acción premeditada del hombre (atentados) o involuntario (accidente), así como por concentraciones y movimientos masivos de población (Atlas de Riesgo del Estado de México, 2015). Dentro de estos fenómenos se encuentran:

- Concentraciones masivas de población
- Accidentes carreteros, aéreos y ferroviarios
- Interrupción y desperfecto de servicios públicos y sistemas vitales.
- No se identificaron registros de actos de sabotaje o terrorismo en el municipio.

Concentraciones masivas de población

De acuerdo con el INEGI (2010), el tamaño de la población del municipio de Axapusco es de 25,559 habitantes, un tamaño de población relativamente bajo, por lo que es posible que manifestaciones o marchas dentro del municipio no se encuentren registradas o documentados, por lo que no hay identificados noticias y/o registro de los mismos.

Accidentes carreteros, aéreos y ferroviarios

De acuerdo con un informe de gobierno del municipio de Axapusco, se han presentado varios accidentes automovilísticos en diversos puntos del municipio, sin embargo, los sitios con el mayor número de accidentes son el tramo de la carretera de México-Tulancingo con el 33.8 % de los casos, seguido de la carretera de Otumba-Sahagún con el 15.4 % y la carretera de Axapusco a Santo Domingo con el 7.4 % de los accidentes (Figura 1.10). El predio del proyecto colinda al norte con la carretera Otumba-Sahagún, casi en la intersección con el Arco Norte, en este tramo no se conocen accidentes por lo que se considera que la siniestralidad es baja, por otro lado, debido a que ese tramo carretero es recto, no se espera que haya bloqueos que impidan la visibilidad en la salida y entrada de autotranportes.

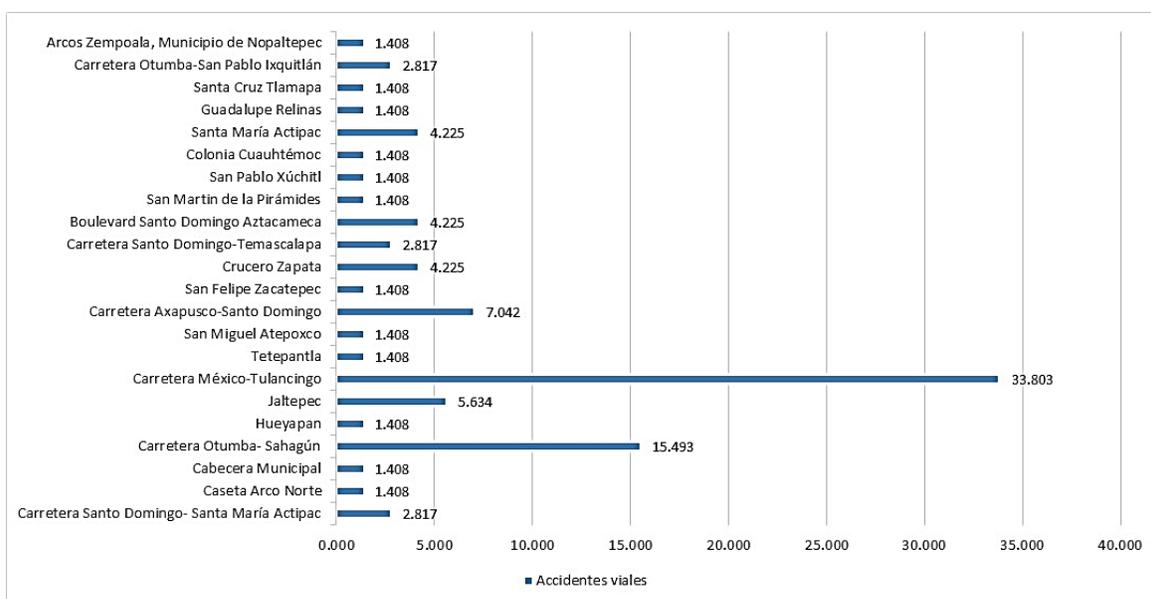


Figura 1.10 Porcentaje de accidentes viales en vialidades de Axapusco.

Por otro lado, no se encontraron registros de accidentes aéreos o ferroviarios dentro del municipio de Axapusco.

Actos de sabotaje o terrorismo

Dentro del municipio de Axapusco, se identifica la actividad del robo de combustible denominado como “Huachicol”, el cual constituye un acto delictivo, comúnmente asociado con la violencia.

Cabe señalar que, a nivel nacional, el Estado de México ocupa el quinto lugar en cuanto al robo de combustible, siendo los municipios de Otumba y Axapusco los primeros lugares dentro del estado de México. De acuerdo con reportes de la Secretaría de Seguridad del Estado de México (SSEM), citado dentro del Sol de Toluca (3 de enero de 2019), existen 574 reportes de robo de combustible en Axapusco, seguido de Otumba con 403 reportes.

Diversos medios de comunicación han señalado que en la región se han presentado varios decomisos de vehículos, así como de combustible, sin embargo, ninguna nota apunta a la presencia de algún grupo delictivo establecido en el municipio de Axapusco (El Sol de Toluca, 3 de enero de 2019; Milenio, 6 de noviembre de 2018; El Universal, 31 de mayo de 2018; Excélsior, 9 de noviembre de 2018).

A pesar de que se han detectado una gran cantidad de tomas clandestinas en el municipio de Axapusco, ninguna de ellas se ha ubicado cerca de las instalaciones del proyecto.

1.1.4 Normatividad aplicable

La Terminal de Almacenamiento de Petrolíferos Valle de México se diseñará y construirá apegada a las mejores prácticas de ingeniería en el marco de las leyes, normas y códigos nacionales e internacionales, entre las que destacan las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), American Petroleum Institute (API), American Society of Mechanical Engineers (ASME), entre otros. Para el desarrollo de las bases de diseño y construcción se consideró también como factor determinante la influencia de fenómenos naturales.

La normativa que rige el Proyecto, así como las bases para el diseño de la TAP VDM se enlista en la Tabla 1.7.

Tabla 1.7. Leyes, normas o tratados aplicables al proyecto.

Ley o norma	Especificación
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	Artículo 27 (ramo del petróleo).
Ley de Hidrocarburos	Última reforma DOF (15-11-2016).
Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	
NOM-001-SEMARNAT-1996	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005	Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental.
NOM-001-SEDE-2012	Instalaciones eléctricas
NOM-006-ASEA-2017	Especificaciones y criterios técnicos de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al ambiente para el diseño, construcción, pre-arranque, operación, mantenimiento, cierre y desmantelamiento de las instalaciones terrestres de almacenamiento de petrolíferos y petróleo, excepto para gas licuado de petróleo.
NOM-008-SCFI-2002	Sistema General de Unidades de Medida.
NOM-013-SCFI-2004	Instrumentos de medición- Manómetros con elementos elástico-Especificaciones y métodos de prueba.
NOM-146-SCFI-2001	Productos de vidrio-Vidrio de seguridad usado en la construcción-Especificaciones y métodos de prueba.
NOM-003-SEGOB-2011	Señales y avisos para Protección Civil. Colores, formas y símbolos a utilizar.
NOM-001-STPS-2010	Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo- Condiciones de seguridad.
NOM-002-STPS	Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.
NOM-011-STPS-2001	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.
NOM-018-STPS-2000	Sistema para la identificación y Comunicación de Riesgos por Sustancias Químicas en los Centros de Trabajo.
NOM-022-STPS	Electricidad estática en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad e higiene.
NOM-025-STPS-2008	Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
NOM-027-STPS-2000	Actividades soldadura y corte-Condiciones de seguridad e higiene.
NOM-100-STPS-1994	Seguridad-Extintores contra incendio a base de polvo químico seco con presión contenida-Especificaciones.
NOM-034-SCT-2011	Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas.
NOM-016-CRE-2016	Especificaciones de calidad de los petrolíferos.
RES/811/2015	Resolución por la que la Comisión Reguladora de Energía expide las disposiciones administrativas de carácter general en materia de medición aplicables a la actividad de almacenamientos de petróleo, petrolíferos y petroquímicos.
Normas mexicanas (NMX)	
NMX-J-534-ANCE-2013	Tubos (conduit) de acero tipo pesado para la protección de conductores eléctricos y sus accesorios- Especificaciones y métodos de prueba.
NMX-CH-036-1994-SCFI	Instrumentos de medición-Indicadores de carátula.
NMX-CH-4006-IMNC-2009	Medición de flujo de fluidos en conductores cerrados. Vocabulario y símbolos.
NMX-J-010-ANCE-2011	Conductores de aislamiento termoplástico para instalaciones hasta 600 volts. Especificaciones.
NMX-J-012-ANCE-2008	Conductores, cable de cobre con cableado concéntrico para usos

Ley o norma	Especificación
	eléctricos. Especificaciones.
NMX-J-061-ANCE-2009	Conductores-Cables Multi-conductores para distribución Aérea o Subterránea a baja tensión- Especificaciones
NMX-J-235-ANCE-2008	Envolventes para uso en equipo eléctrico- Parte 1: Consideraciones no ambientales. Especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-292-ANCE-2005	Cubiertas protectoras de materiales termoplásticos, para conductores eléctricos. Especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-294-ANCE-2008	Conductores-Resistencia de Aislamiento-Método prueba
NMX-J-0529-ANCE-2006	Grados de protección proporcionados por los envolventes (Código IP) (Degrees of protection provided by enclosures (IP Corde)).
NMX-EC-17025-IMNC-2006	Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo de calibración.
NMX-C-422-ONNCCE-2002	Losetas cerámicas esmaltadas y sin esmaltar para piso y muro. Especificaciones y métodos de prueba
NMX-C-441-ONNCCE-2011	Concreto-Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso no estructural
Códigos y estándares Nacionales e Internacionales de Diseño. Construcción, Pruebas, Operación y Mantenimiento	
IEC 60331-11	Test for Electrical Cables under Fire Condition – Circuit Integrity
IEC 60332-3-10	Tests on electric cables under fire conditions- Part 10: Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables
IEC-60529	Classification and Degree of Protection Provide by Enclosures.
IEC-60534-3-1	Industrial process control valves- part 3-1
IEC-60534-3-2	Industrial process control valves- part 3-2
IEC-60534-8-3	Industrial process control valves- part 8-3
IEC-60534-8-4	Industrial process control valves- part 8-4
IEC 60654-1	Industrial-process measurement and control equipment – Operating conditions – Part 1: Climatic conditions.
IEC 60654-3	Operating conditions for industrial-process measurement and control equipment. Part 3: Mechanical influences.
IEC 60754	Test on Gases Evolved During Combustion of Materials from Cables Part 1: Determination of the Amount of Halogen Acid Gas- Part 2: Determination of Degree of Acidity of Gases Evolved During the Combustion of Materials Taken from Electric Cables (Acid Gas Generation: HCL<17%)
IEC-60079-0	Explosive atmospheres – Part 0: Equipment – General requirements
IEC-60079-1	Explosive atmospheres – Part 1: Equipment protection by flameproof enclosures “d”
EC-60079-7	Explosive atmospheres – Part 7: Equipment protection by increased safety “e” IEC-60079-10 (2002-06) Versión Oficial en Español – Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 10. Clasificación de emplazamientos peligrosos.
IEC-60079-11	Explosive atmospheres – Part 11: Equipment protection by intrinsic safety “i”.
IEC 60079-25	Sistemas Eléctricos de Seguridad Intrínseca
IEC/TR-60079-16	Versión Oficial en Español - Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 16: Ventilación artificial para la protección de salas para analizadores.
IEC-60529	Classification and Degree of Protection Provide by Enclosures.
IEC 61000-6-2	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6: Generic standards – Section 2: Immunity for industrial environments.
IEC 61000-6-4	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6: Generic standards – Section 4: Emission standard for industrial environments.
IEC 61034	Measurement of Smoke Density of Cables Burning Under Defined Conditions

Ley o norma	Especificación
IEC-61131-1	Versión Oficial En español - Automatas programables. Parte 1: Información general.
IEC-61131-2	Programmable controllers - Part 2: Equipment requirements and tests.
IEC-61131-3	Programmable controllers - Part 3: Programming languages.
IEC/TR-61131-4	Programmable controllers - Part 4: User guidelines.
IEC/TR 61131-8	Programmable Controllers - Part 8: Guidelines for the application and implementation of programming languages
IEC 61131-5	Programmable controllers - Part 5: Communications.
IEC-61158	Digital data communications for measurement and control – Fieldbus for use in industrial control systems - Part 3: Data link service definition.
IEC 61326-1	Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements - Part 1: General requirements. .
IEC 61508-2	Versión Oficial En español - Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/ electrónicos programables relacionados con la seguridad. Parte 2: Requisitos para los sistemas eléctricos/electrónicos/ electrónicos programables relacionados con la seguridad.
IEC 61508-3	Versión Oficial En español Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relacionados con la seguridad. Parte 3: Requisitos del software (soporte lógico).
IEC 61508-4	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 4: Definitions and abbreviations.
IEC 61508-5	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems part 5: examples of methods for the determination of safety integrity levels.
IEC 61508-6	Versión Oficial En español - Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/ electrónicos programables relacionados con la seguridad. Parte 6: Directrices para la aplicación de las normas CEI 61508-2 y CEI61508-3.
IEC 61508-7	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems part 7: overview of techniques and measures.
IEC 61511-SER	Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector – All parts (Seguridad funcional – Sistemas instrumentados de seguridad para el sector industrial de procesos – Todas las partes).
IEC-60079-0-2007.	Explosive atmospheres-Part 0: General requirements.
API 6D/ISO 14313	Specification for Pipeline Valves
ISO 91-2	Tablas de medición del petróleo, parte 2 tablas para referencia de temperatura 20°C
ISO TAG4 / WG3	Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement
ISO 924-1 a 5	Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs).
ISO-15848-2	Válvulas industriales-medición, pruebas y procedimientos de calificación para emisión de fugas-parte 2: pruebas de aceptación de válvulas de producción. Primera edición 2006-08-15
ISO-15848-1	Válvulas industriales-medición, pruebas y procedimientos de calificación para emisión de fugas-parte 1: Sistema de clasificación y procedimientos de calificación para tipo de prueba de válvulas. Primera edición 2006-01-15
ISO 4266-1	Petroleum and liquid petroleum products – Measurement of level and temperature in storage tanks by automatic methods - Part.1: Measurement of level in atmospheric tanks (Productos del petróleo y petróleo líquido - Medición de nivel y temperatura en tanques de almacenamiento por métodos automáticos - Parte 1: Medición de nivel en tanques atmosféricos).

Ley o norma	Especificación
ISO-5167-1	Measurement of fluid by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full-- Part 1:General principles and requirements
ISO/IEC 7498-1	Information Technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: the Basic Model
ISO/IEC 8072	Information Technology – Open Systems Interconnection – Transport Service Definition
ISO 8326	Information Technology – Open Systems Interconnection – Session Service Definition
ISO 9506-2	Industrial Automation systems – Manufacturing message specification – Part 2 Protocol specification –.
ISO 10790	Measurement of fluid flow in closed conduits - Guidance to the selection, installation and use of Coriolis meters (mass flow, density and volume flow measurements) (Medición de flujo de fluidos en conductos cerrados - Guía para la selección, instalación y uso de medidores Coriolis (mediciones de flujo másico, densidad y flujo volumétrico)
IEC-61515	Mineral insulated thermocouple cables and thermocouples
American Petroleum Institute	
API-RP-500	Practica recomendada para instalaciones eléctricas en aéreas clasificadas como clase 1, división 1 y división 2, en instalaciones de Proceso
API-RP-545	Recommended Practice for Lightning Protection of Aboveground Storage Tanks for Flammable or Combustible Liquids
API RP 551	Process Measurement Instrumentation
API RP 552	Signal Transmission Systems
API- RP 554	Process Control Systems – Process Control System Design
API-RP-2003	Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lighting and Stray Currents
API- RP 2350	Overfill Protection for Storage Tanks in Petroleum Facilities
API- 2610	Design, Construction, Operation, Maintenance, and Inspection of Terminal and Tank Facilities.
API MPMS 1	Manual of petroleum measurement standards – Chapter 1 – Vocabulary (Manual de estándares de medición del petróleo – Capítulo 1 – Vocabulario).
API MPMS 3.1A	Practicas estándar para la medición manual del petróleo y productos derivados
API 520/521	Pressure Relieving System
API 2000	Venting Atmospheric and low-pressure Storage Tanks
API-598	Valve inspection and testing
API-600	Steel Gate Valves - Flanged & Butt-welding Ends, Bolted Bonnet
API-602	Gate, Globe, and Check Valves for Sizes DN 100 (NPS 4) and Smaller for the Petroleum and Natural Gas Industries
API-607	Fire Test for Quarter-turn Valves and valves Equipped with Nonmetallic Seats
API-609	Butterfly Valves: Double-flanged, Lug- and Wafer-type
API-599	Metal Plug valves flanged and welding ends
API MPMS 3.1B	Manual of petroleum measurement standards – Chapter 3 – Tank gauging – Section 1B – Standard practice for level measurement of liquid hydrocarbons in stationary tanks by automatic tank gauging (Manual de estándares de medición del petróleo – Capítulo 3 – Medición en tanque – Sección 1B – Práctica estándar para la medición de nivel de hidrocarburos líquidos en tanques estacionarios por medio de medición automática en tanque).
API MPMS 3.6	Medición de hidrocarburos líquidos mediante sistemas híbridos de

Ley o norma	Especificación
	medición de tanques.
API MPMS 5.6	Measurement of Liquid Hydrocarbons by Coriolis Meters
API MPMS 6.2	Loading Rack Metering Systems
API MPMS 7.3	Temperature Determination—Fixed Automatic Tank Temperature Systems
API MPMS 9	Density Determination
API MPMS 11	Physical Properties Data (Volume Correction Factors)
API MPMS 12	Calculo de las cantidades de petróleo.
API Standard 610	Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries
API Standard 650	Welded Tanks for Oil Storage
API-602	Forged Valves
API-623	Steel Globe Valves—Flanged and Butt-welding Ends, Bolted Bonnets
API Standard 651	Cathodic Protection of Aboveground Petroleum Storage Tanks
API- RP 1004	Bottom Loading and Vapor Recovery for MC-306 & DOT-406 Tank Motor Vehicles
ISO-14313:2007	Petroleum And natural gas industries- Pipeline transportation systems- Pipeline valves
ISO-13623:2009	Petroleum And natural gas industries- Pipeline transportation systems
API-650	Welded Steel Tanks for Oil Storage.
API-610	Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries.
API-682	Pumps- Shaft Sealing System for Centrifugal and Rotatory Pumps.
API-2610	Design, Construction, Operation, Maintenance and Inspection of Terminal & Tank Facilities.
API-RP 2350	Overfill Protection for Storage Tank in Petroleum Facilities.
API-MPMS 3.1 B	Manual for Petroleum Measurement Standards. Chapter 3-Tank Gauging, Section 1B- Standard Practice for Level Measurement of Liquid Hydrocarbons in Stationary Tanks by Automatic Tank Gauging.
API-MPMS 5.6	Manual of Petroleum Measurement Standards. Chapter 5- Metering, Section 6- Measurement of Liquid Hydrocarbons by Coriolis Meters.
API-RP-1004	Bottom Loading and Vapor Recovery for MC-306 & DOT-406 Tank Motor Vehicles.
API 594	Dual Plate Check Valves.
API 609	Butterfly Valves: Double-flanged, Lug and Wafer-type.
API RP 1004	Bottom Loading and Vapor Recovery for MC.306 Tank Motor Vehicles
National Fire Protection Association (NFPA)	
NFPA 10-2013	Standard for portable fire extinguishers
NFPA 11-2016	Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam
NFPA 12-2015	Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems
NFPA 13-2016	Standard for the installation of sprinkler systems
NFPA 14-2016	Standard for the installation of standpipes and hose systems
NFPA 15-2017	Standard for water spray fixed systems for fire protection
NFPA 20-2016	Standard for the Installation of stationary pumps for fire protection
NFPA 22-2013	Standard for water tanks for private fire protection
NFPA 24-2016	Standard for the Installation of private fire service mains and their appurtenances
NFPA-25-2017	Standard for the inspection, testing, and maintenance of water-based fire protection systems
NFPA 30-2015	Flammable and combustible liquids code
NFPA-70-2017	National electrical code
NFPA - 70 E	Standard for Electrical Safety in the Workplace
NFPA-72-2016	National fire alarm and signaling code

Ley o norma	Especificación
NFPA-101-2015	Life safety code
NFPA-170-2015	Standard for fire safety and emergency symbols
NFPA-497-2017	Recommended Practice for the Classification of Flammable liquids, Gases or Vapors and of Hazardous (classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas
NFPA-780-2017	Standard for the installation of lightning protection systems
National Electrical Manufacturer's Association (NEMA)	
NEMA 250	Enclosures for Electrical Equipment (1000 Volts Maximum)
International Organization of Legal Metrology (OIML)	
OIML R85	Automatic level gauges for measuring the level of liquid in fixed storage tanks (Medidores automáticos de nivel para la medición del nivel de líquido en tanques de almacenamiento fijos).
OIML R117-1	Dynamic measuring systems for liquids other than water
Instrumentation, Systems and Automation Society	
ISA S5.1	Instrumentation Symbols and Identification
ANSI/ISAS71.04	Environmental Conditions for Process Measurement and Control Systems: Airborne Contaminants.
ISA S20	Specification Forms for Process Measurement and Control Instruments, Primary Elements and Control Valves
ANSI/ISA S84.01	Aplicación de los sistemas instrumentados de seguridad para las industrias de proceso (application of safety instrumented systems for the process industries).
American Society of Mechanical Engineers (ASME)	
ASME B16.20	Metallic gasket for pipe flanges ring/joint, spiral-wound and jacketed
ASME B16.21	Nonmetallic flat gasket for pipe flanges revision of ANSI B16.21
ASME B31.3	Process Piping
ASME B31.4	Pipeline Transportation System for Liquids hydrocarbons
ASME B16.5	Pipe Flanges and Flanged Fittings
ASME IX	Welding and Brazing Qualifications
ASME BPVC	Boiler and Pressure Vessel Code
ASME B1.20.1	Pipe Threads, General Purpose (Inch)
ASME B16.47	Large Diameter Steel Flanges NPS 26 Through NPS 60 Metric/Inch Standard
ASME B16.10	Face-to-Face and End-to-End Dimensions of Valves
ASME B16.11	Forged Fittings, Socket-Welding and Threaded - Includes Errata: June 2017
ASME B16.34	Valves - Flanged, Threaded, and Welding End
ASME B18.2.1	Square, Hex, Heavy Hex, and Askew Head Bolts and Hex, Heavy Hex, Hex Flange, Lobed Head, and Lag Screws (Inch Series)
ASME B36.10	Welded and Seamless Wrought Steel Pipe
ASME B36.19	Stainless Steel Pipe
ASME B31.4	Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids.
ASME B73.1	Specification for Horizontal End Suction Centrifugal Pumps for Chemical Process
American Society for Testing Materials (ASTM)	
ASTM A-36	Standard Specification for Carbon Structural Steel
ASTM A-307	Standard Specification for Carbon Steel Bolts and Studs, 60,000 PSI Tensile Strength bolts, carbon steel.
ASTM A-216	Standard Specification for Steel Castings, Carbon, Suitable for Fusion Welding, for High-Temperature Service.
ASTM -53A/53AM	Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated,

Ley o norma	Especificación
	Welded and Seamless
ASTM A105/A105M	Standard Specification for Carbon Steel Forgings for Piping Applications
ASTM A106/A106M	Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service
ASTM A123/A123M	Standard Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products
ASTM A126	Standard Specification for Gray Iron Castings for Valves, Flanges, and Pipe Fittings
ASTM A283/A283M	Standard Specification for Low and Intermediate Tensile Strength Carbon Steel Plates
ASTM A182/A182M	Standard Specification for Forged or Rolled Alloy and Stainless Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High-Temperature Service
ASTM A193/A193M	Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting for High Temperature or High Pressure Service and Other Special Purpose
ASTM A194/A194M REV A	Standard Specification for Carbon Steel, Alloy Steel, and Stainless Steel Nuts for Bolts for High Pressure or High Temperature Service, or Both
ASTM A234/A234M	Standard Specification for Piping Fittings of Wrought Carbon Steel and Alloy Steel for Moderate and High Temperature Service
ASTM A312/A312M	Standard Specification for Seamless, Welded, and Heavily Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipes
ASTM A325	Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength
ASTM A325M	Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated 830 MPa Minimum Tensile Strength (Metric)
ASTM A350/A350M	Standard Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Forgings, Requiring Notch Toughness Testing for Piping Components
ASTM A363	Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Overhead Ground Wire Strand
Otros códigos y estándares Nacionales e Internacionales	
API/IP-1581	Specifications and Qualification Procedures for Aviation Jet Fuel Filter/Separators.
NFP cap. 30	Código de líquidos inflamables y combustibles
OCIMF ISGOTT	Oil Companies International Marine Forum and International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals.
ANSI/ASME B31.3	Process Piping Guide

1.1.5 Proyecto civil

1.1.5.1 Edificaciones

La construcción del proyecto arquitectónico de los edificios se realizará con base en la normativa vigente aplicable, atendiendo las necesidades de uso de espacio, funcionamiento y estética. Cada área será construida para atender las necesidades de mantenimiento, maniobra, carga, descarga, entre otras. En la Tabla 1.8 se enlistan las edificaciones contempladas.

Tabla 1.8. Listado de edificaciones contempladas en el proyecto.

Edificación	Superficie (m ²)
Fase I	
Tanques y Diques	42,000
Llenaderas y Descargaderas	30,000
Cuarto de Bombas	15,000

Edificación	Superficie (m ²)
Edificios:	7,500
Banquetas, Guarnición y Pavimentos:	19,428.66

En todos los casos se utilizarán materiales de acuerdo a las características de uso y funcionamiento de la instalación. Las condiciones de diseño para las áreas interiores y exteriores se enlistan en la Tabla 1.9.

Tabla 1.9. Especificaciones de diseño para áreas interiores y exteriores.

Tipo	Interior	Exterior
Materiales	Se considerarán las características de los mismos para evitar el uso de materiales que propicien la presencia de fauna nociva, humedad, polvo y contaminantes. Se adquirirán materiales nuevos, de alta calidad y con bajos costos de mantenimiento. Se procurará adquirir materiales de la región para disminuir costos.	
Pisos	Estarán nivelados y sin pendientes, se instalará losa sobre losas de concreto utilizando lotes de cerámica, pintura y mortero epóxicos, piso falso, en caso de ser necesario o acabado pulido integral con endurecedor.	Contará con pendientes suficientes, de acuerdo a los códigos aplicables y el acabado deberá permitir su flujo, pudiendo ser con escobillados en banquetas y andadores, estriados en rampas o acabado común.
Muros	Serán de mampostería para los edificios de operación, control central, subestación, laboratorio y áreas de servicios de sanitarios. Para los edificios de CCM, subestación y cuarto de control, se utilizarán muros retardantes al fuego.	Incluidos los faldones, serán principalmente de mampostería a base block de concreto macizo de 20 cm de espesor mínimo. En áreas abiertas que necesiten estar protegidas, se colocarán muros a base de malla ciclónica de acero y galvanizado.
Acabados	Serán lisos y de fácil limpieza, en área de oficinas se podrá colocar recubrimiento de yeso o terminado con pintura vinil acrílica sobre los muros de mampostería y los muros. Las áreas de servicio sanitario llevarán azulejos de cerámica a una altura mínima de 1.80 m. Los zoclos cerámicos se instalarán en donde se tengan pisos de cerámica y serán de 10 cm de altura y del mismo material que el piso. En el caso de los pisos epóxicos, se considerará la colocación de curca sanitaria a base de primario Semstone para recibir el mortero epóxico para el forjado de la curva y un posterior afinado con material epóxico. En áreas de oficinas se considera falso plafón modular de fibra mineral y para los sanitarios será plafón liso anti-moho Fire code,	Serán lisos y de fácil limpieza. Los edificios con estructura de concreto llevarán losa de concreto maciza con una pendiente mínima del 6%, con espesor de acuerdo al diseño estructural, contará con un acabado liso para recibir un sistema de impermeabilización asfáltico emulsionado base agua con refuerzos de fibras naturales libres de asbestos y cargas minerales.

Tipo	Interior	Exterior
	clase A propagación flama: 0 y emisión de gases: 0, bajo la ASTM E 84. Se usarán aplanados de cemento-arena en las áreas donde	
Banquetas	-	Los edificios contarán con una banqueta perimetral con pendiente hacia el exterior, además del acceso a través de escalinatas o rampas con pendiente máxima del 10% y acabado escobillado (indicado en las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento del Distrito Federal)

Adicional a las edificaciones, se tomarán en consideración los criterios para la construcción de vialidades los cuales se mencionan en la Tabla 1.10.

Tabla 1.10. Criterios para el diseño de las vialidades de la Terminal.

Tipo	Descripción
Vialidades	Se diseñarán con material resistente a la carga de vehículos pesados y resistentes a los petrolíferos. Se instalarán instrucciones básicas de circulación y acceso a las áreas internas de carga y descarga. El proyecto de terracerías y construcción de plataformas se desarrollará acuerdo a la NOM-006-ASEA-2017 y tomando en cuenta los resultados del estudio de mecánica de suelos y los estudios geotécnicos y topográficos que se realicen, presentes en el ANEXO 2.
Pavimento	Los patios de maniobras y vialidades serán de pavimento rígido o concreto hidráulico, al igual que en las zonas de proceso, taludes para cambio de niveles, franjas de mantenimiento y accesos, corredores de tuberías etc. El concreto hidráulico utilizado será calculado para resistir el paso de vehículos pesados y diseñado con sus respectivas juntas de expansión, contracción y de construcción, además se considerará que el relleno de estas juntas sea el material adecuado para resistir hidrocarburos. La superficie de rodamiento de los pavimentos de concreto será a partir de losas de concreto reforzados con juntas, con varillas corrugadas en las juntas longitudinales y barras pasajuntas lisas para la transferencia de carga en las juntas transversales. Para las banquetas y explanadas, fuera de las zonas de proceso y en donde no hay paso de vehículos, se utilizará pavimento de concreto simple, formando tableros en los cuales la relación del ancho de la losa con su longitud no exceda 1.25, se considera luz de guarnición de 20 cm y 2% de pendiente de banqueta escurriendo hacia la vialidad un $f_c=200 \text{ kg/cm}^2$ y 15 cm de desnivel entre la banqueta y el nivel del piso terminado de los edificios.
Acceso y circulación	Se considera que los accesos sean rectos, sin obstrucciones y localizados de manera simétrica, para cumplir con las actividades del proceso, considerando: <ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones de los vehículos y radios de giro según la SCT. • Que el vehículo realice su desplazamiento de forma segura desde el acceso, carga, descarga y salida de la instalación.
Estacionamiento	La zona será para empleados de la terminal y visitantes y garantizará la correcta circulación. Contará con pendiente para evitar encharcamientos según la NOM-006-ASEA-2017.

1.1.5.2 Diques de contención

Todos los tanques de almacenamiento contarán con diques de contención de derrames de acuerdo a la NOM-006-ASEA-2017 (numeral 8.1.3). Contarán con pisos y paredes impermeables, con cajas de registro drenaje industrial que evite la filtración de derrames al subsuelo, el dique tendrá una pendiente mínima del 1% para permitir el libre escurrimiento de líquidos hacia los registros del drenaje aceitoso.

La volumetría y el sistema de sellado de los diques serán determinados en la ingeniería a detalle, sin embargo la capacidad mínima será la necesaria para contener 1.1 veces la capacidad del tanque, incluyendo moquetas, tuberías, válvulas y escaleras (en caso de que el dique albergue un solo tanque); por otra parte para los diques que alberguen varios tanques, su volumetría deberá ser la capacidad nominal del mayor tanque, más la cantidad de agua anticipada ante un mayor evento pluvial típico en la zona y la altura debe considera un promedio de 1.8 m por encima del nivel interior y debe ser capaz de resistir la presión lateral que pueda ejercer el producto (ACI-318-14).

1.1.5.3 Sistema de drenajes

La Terminal de almacenamiento contará con tres tipos de drenajes, pluvial, aceitoso y sanitario, la descripción se encuentra en la Tabla 1.11.

Tabla 1.11. Tipos de drenaje en la Terminal.

Tipo de drenaje	Descripción
Pluvial	Se refiere al sistema que colecta y desaloja el escurrimiento superficial pluvial limpio y libre de hidrocarburos. El agua lluvia captada se canalizará al sistema de drenaje para su disposición fuera de las instalaciones.
Aceitoso	Se diseñará de acuerdo a la NOM-006-ASEA-2017 con la capacidad adecuada para desalojar el volumen total de los efluentes aportados (agua contra incendio y aceitosas) provenientes de la purga de los equipos, tanques y maquinarias de la Terminal. Los cárcamos reguladores se diseñarán para controlar el flujo a la fosa API (área de tratamiento de efluentes). Los registros de los drenajes contarán con sellos hidráulicos en las tuberías. En los tanques de almacenamiento, los drenajes aceitosos se diseñarán a fin de evitar la entrada de material acumulado, el piso del dique donde se ubique el tanque deberá estar sellado para evitar infiltraciones.
Sanitario	Consistirá en un sistema que desaloja aguas negras, grises y jabonosas provenientes de los servicios sanitarios de los edificios. Se realizará un análisis por el método de Hunter dentro de los edificios, en el cual se asigna un número de unidades de descarga por mueble sanitario y se consideran los valores de gasto por unidades de mueble. Los criterios son los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Método de diseño de la red de drenaje sanitario: Unidades de descarga. • Diámetro de tubería de 10 cm para albañales internos en edificios (como mínimo). • Diámetro de tubería de 20 cm para albañal de red principal (como mínimo). • Material de la tubería de PVC cédula 40 DWV en edificios y red general de polietileno de alta densidad (PEAD). • La pendiente de las tuberías permitirá alcanzar una velocidad mínima de 0.60 m/s y máxima de 6.0 m/s. • Desalojo se realizará por medio de ramales horizontales por debajo de la losa del piso (según se requiera). • Colectores principales diseñados para operación óptima al 90% de la capacidad.

1.1.5.4 Agua de servicios.

La fuente de suministros de agua de servicios se realizará mediante autotanque o según las necesidades de Monterra Energy durante el desarrollo de la ingeniería.

Se considera un tanque de 40,000 L para el agua de servicio y un sistema de hidroneumático para su distribución. Posteriormente el agua de servicios será enviada a la red de distribución de la Terminal, abasteciendo a los consumidores a través de un sistema hidroneumático. Los consumidores contemplados son los siguientes:

- Oficinas administrativas.
- Caseta de vigilancia, control de acceso y salida de autotanques.
- Regaderas de emergencia y lavajos.
- Oficina y taller de mantenimiento.
- Laboratorio de control de calidad.
- Baños y vestidores generales.
- Estaciones de servicio.

1.1.6 Proyecto Mecánico

Todo el equipo mecánico se diseñará para conservar su integridad estructural y capacidad funcional bajo las condiciones de servicio especificadas, y para mantener el comportamiento requerido en el presente criterio. Algunas consideraciones generales referentes al equipo e instrumentos contemplados son:

- El sistema de unidades utilizado será de acuerdo a la NOM 008-SCFI-2002, cuando sea necesario indicar dimensiones en el sistema inglés, estas se colocarán en paréntesis.
- El nivel de ruido máximo de los equipos será de 85 dB(A) medidos a 1.0 m de distancia.
- Los accionadores de las bombas serán con motor eléctrico, y debe cumplir con los requerimientos indicados en la normativa aplicable.
- Todo el equipo será apropiado para operar a la intemperie en un ambiente corrosivo típico de una Terminal de almacenamiento y distribución.
- El aceite lubricante para los equipos será del tipo mineral, el fabricante debe suministrar las características del aceite.
- Las conexiones para drenaje de las bases de los equipos dinámicos se localizarán en la parte más baja de la base del equipo para permitir un drenado completo, el cual se debe canalizar al drenaje aceitoso.
- Los equipos de bombeo se colocarán en casas de bombas.
- No se utilizarán inductores en las bombas centrífugas.
- Se contará con áreas de mantenimiento.
- Las bombas serán montadas sobre bases de concreto armado por encima del nivel de piso terminado.
- Las bombas de desplazamiento positivo deben cumplir con la norma API vigente.

Toda la información referente al diseño mecánico de la Terminal y sus diferentes equipos se describe en los siguientes apartados.

1.1.6.1 Tanques de almacenamiento

Para el diseño del área de los tanques de almacenamiento se consideraron los requerimientos establecidos en la NOM-006-ASEA-2017, considerando las dimensiones necesarias para que se cumplan las distancias mínimas entre los tanques y los elementos que integran la instalación, en la Tabla 1.2 se encuentran las condiciones de diseño para el área.

Tabla 1.12. Consideraciones de diseño para el área de almacenamiento de petrolíferos.

Diseño mecánico	Diseño de cimentaciones	Diseño estructural
Se considerará lo siguiente: • Se tomará una gravedad específica de 1.0 para el cálculo	El diseño de las cimentaciones se realizará considerando los resultados del estudio de Mecánica	<ul style="list-style-type: none"> • Acero: El diseño se realizará con conexiones soldadas en talles y/o

Diseño mecánico	Diseño de cimentaciones	Diseño estructural
<p>del espesor en el cuerpo siguiendo el método de “un pie” (API 650).</p> <ul style="list-style-type: none"> Los tanques se diseñarán en condiciones de montaje totalmente vacío; de operación normal y de prueba hidrostática y se considerarán cargas muertas (escaleras y plataformas) así como cargas vivas (lluvia, personal, nieve, viento etc.). Los tanques considerarán un sistema de conexión a tierra y pararrayos. El techo flotante o membrana flotante contará con conexión a tierra a través de cualquier parte fija del tanque. Los tanques contarán con los dispositivos para la toma de muestras, escaleras iluminadas con pasarela perimetral. 	<p>de Suelos (ANEXO 2), sismicidad, vientos, peso del tanque y tipo de producto (considerar los valores del MDOC CFE SISMO 2015 (0.43),</p> <ul style="list-style-type: none"> El mínimo de la losa de piso será de 10 cm y el espesor y no se podrá incrementar la capacidad de carga admisible. El mínimo factor de seguridad contra la flotabilidad será de 1.2 si se usan las cargas de servicio sin factorizar y grout t de 25 mm de espesor (mínimo). La cimentación, deberá cumplir los límites establecidos por la normativa aplicable o lo recomendado por el fabricante. Se considerarán los empujes en estado de reposo para el diseño de muros y de fosas, excepto para muros de contención, en el cual se diseñará con el empuje activo. Con respecto a la capacidad de carga se propone tomar una capacidad inicial de 15 t/m². 	<p>atornilladas en conforme al método de estados límite de servicio y falla indicado en el AISC-325 11.</p> <ul style="list-style-type: none"> Concreto: El diseño de los elementos estructurales de concreto se realizará de conformidad con el ACI-318-14 y su manual, la ACI Specification for Environmental Concrete Structures ACI-350.5-12 El concreto empleado en las estructuras deberá ser resistente sulfatos, según el estudio de corrosividad. Anclas: Las anclas, tuercas y rondanas serán galvanizadas en caliente y estarán de acuerdo a la norma ASTM A36/A36M, F1554 Grade 36. Muros de mampostería: Se diseñarán bajo el límite de falla y servicio para cargas permanentes, cargas variables y cargas accidentales siguiendo las “Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería del Distrito Federal” y el ACI 530/530.1-11.

1.1.6.2 Sistemas de aire acondicionado, calefacción y ventilación (HVAC)

Las condiciones de diseño del sistema de aire acondicionado se apegarán a los requerimientos indicados en el 2015 ASHRAE Handbook HVAC Applications, Chapter 27 Power Plants, así como de acuerdo a las normas del INIFED 2014, Volumen 5: Instalaciones de Aire Acondicionado. Los caudales de aire exterior para ventilación suministrado en los espacios serán calculados de acuerdo al estándar ASHRAE 62.1 2016 y el análisis térmico de cada local acondicionado se considerará la carga de calor sensible y latente que aporta el aire de ventilación (aire exterior).

El sistema HVAC será instalado en 5 edificios, cuyas especificaciones para cada edificación se muestran en la Tabla 1.13

Tabla 1.13. Especificaciones del HVAC por edificación.

Edificación	Especificaciones
Cuarto de control	Los cuartos de control que alberguen equipo electrónico, incluyendo el cuarto de Telecomunicaciones e Instrumentación (dentro de edificio de oficinas y control) serán acondicionados a través de una unidad acondicionadora de aire tipo paquete que contará con:

Edificación	Especificaciones
	<ul style="list-style-type: none"> • Ductos de distribución de aire con aislamiento térmico • Rejillas de inyección/retorno de aire • Control de flujo de aire • Control de temperatura (termostato de cuarto) • Control de humedad relativa (humidostato) <p>En el edificio de oficinas y control se instalará un tablero de control dedicado para el sistema de HVAC con comunicación al sistema centralizado de control de la planta, en caso de ser necesario,</p>
<p>Subestación y CCM</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuarto de tableros, baterías y CCM 2. Cuarto de generadores 3. Cuarto de baterías 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los cuartos de tableros eléctricos y CCM se equiparán con un sistema de aire acondicionado de volumen constante y por expansión directa (DX). Las condiciones ambientales interiores (temperatura, humedad interior, presión positiva, pureza de aire) se proporcionarán por las siguientes unidades, a fin de optimizar la operación de los equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Dos unidades manejadas de tipo aire modular unizona. • Dos unidades compresoras-condensadoras enfriadas por aire- • Una unidad de presurización/filtración y recalentadores eléctricos en ducto. • Ductos de distribución de aire de suministro de retorno. • Rejillas de inyección/retorno de aire. • Compuertas contra fuego/humo. • Control de temperatura (termostato de cuarto). • Tablero de control de HVAC. • Compuertas de desvío de aire. • Sensores de presión diferencial. 2. El cuarto de generadores de emergencia será mecánicamente ventilado a través de ventiladores de flujo axial instalados en el muro. Su operación estará ligada a la operación de los generadores y solo operarán cuando dichos equipos entren en funcionamiento. La reposición del aire extraído será a través de persianas (<i>louvre</i>s) montadas en el muro opuesto a lo ubicado de los ventiladores. 3. Los cuartos de baterías contarán con un sistema de ventilación mecánica a través de un extractor de aire en operación normal y un extractor de aire como respaldo que se conectará al sistema de F&G para fines de arranque y paro del equipo. Se instalarán rejillas de transferencia de aire en puerta o persianas (<i>louvre</i>s) pen muro, para reposición del aire extraído.
<p>Áreas administrativas</p>	<p>Se equiparán con una unidad de acondicionamiento de aire tipo integral o paquete para satisfacer el confort de los usuarios. El sistema será del tipo volumen variable, incluyendo unidades de volumen de aire variable (VAV) y con un sistema de desvío de aire para sistemas menores de 87.9 kW (25.0 TR) y con variador de frecuencias para sistemas de 87.9 kW (25.0 TR) y mayores.</p>
<p>Áreas de comedor</p>	<p>Adicional al sistema de aire acondicionado, serán mecánicamente ventilados a través de un extractor de aire de tipo centrífugo de falso plafón con un sistema de cutos y rejillas de extracción de aire.</p>
<p>Sanitarios</p>	<p>Serán mecánicamente ventilados a través de extractores de aire que serán del tipo centrífugos con un sistema de ductos y rejillas de extracción de aire, ventiladores de falso plafón y ductos y/o ventiladores axiales de montaje en muro.</p>

1.1.6.3 Brazos y bombas de descarga y llenado de autotanques

Como se mencionó en el apartado del proyecto civil, durante la Fase I de la TAP VDM se instalarán 11 tanques de almacenamiento, de los cuales 7 serán para productos refinados y 4 para para auxiliares (Transmix, Etanol y MTBE), dichos tanques estarán conectados a brazos y bombas de descarga y llenado de autotanques.

El área de descarga de autotanques constará de 9 islas de descarga adecuadas para autotanques de doble semirremolque. Cada isla se compone de un sistema de bombeo y deberá tener al menos:

- Una bomba y un brazo principal de descarga (capacidad: 300 GPM y presión de 5 kg/cm²)
- Un sistema de eliminación de aire que consta de una bomba de desplazamiento positivo para el vaciado de líneas de descarga, válvulas e instrumentación para el adecuado control de la descarga
- Un patín de medición, que contará con un medidor Coriolis, indicadores de temperatura, conexiones de calibración, válvula de doble paso (VOS) y sus respectivos lazos de control.
- Las islas de descarga que recibirán Turbosina, contarán un Sistema de Filtración de Turbosina a cabezal de distribución (U-201), los filtros tendrán un flujo de 600 GPM y será capaz de eliminar la humedad. El sistema estará en cumplimiento con el EI/JIG STANDARD 1530 y API/EI-1581, los filtros serán horizontales. El DTI se encuentra en el ANEXO 3 archivo: 681431-VM-PR-DTI-056_C.

En la Tabla 1.14 se describen y enlistan los brazos y bombas de descarga de autotanques.

Tabla 1.14. Bombas y brazos de descarga de autotanques

Isla de descarga	Brazo de descarga	Bombas centrífuga de descarga	Especificación de las bombas
Isla de descarga 1 (Diésel y Gasolina Regular ZM)	BD-101A, BD-101B, BD-301A y BD-301B	P-101 A, P-101 B, P-301A y P-301B BDP: P-101 C, P-101 D, P-301 C y P-301 D	Flujo: 300 GPM. Presión diferencial: 3.8 y 4.1 kg/cm ² . Potencia nominal: 20 HP.). BDP Capacidad: 30 GPM Presión diferencial: 3.5 y 3.8 kg/cm ² . Potencia: 5 HP.
Isla de descarga 2 (MTBE y Gasolina Premium ZM)	BD-702A, BD-702B, BD-402A y BD-402B	P-702 A, P-702, B, P-402 A, P-402 B BDP: P-702 C y P-702 D, P-402 C, P-402 D	Flujo: 300 GPM. Presión diferencial: 3.8 y 4.2 kg/cm ² . Potencia nominal: 20 HP.). BDP: Capacidad: 30 GPM Presión diferencial: 3.5 y 3.8 kg/cm ² . Potencia: 5 HP.
Isla de descarga 3 (Diésel y Gasolina Premium RP)	BD-103A, BD-303B, BD-603A y BD-603B	P-103 A, P-103 B, P-603 A y P-603 B BDP: P-103 C y P-103 D	Flujo: 300 GPM. Presión diferencial: 3.8 y 4.2 kg/cm ² . Potencia nominal: 20 HP.). BDP: Capacidad: 30 GPM Presión diferencial: 3.5 y 3.8 kg/cm ² . Potencia: 5 HP.
Isla de descarga 4 (Diésel y Turbosina)	BD-104A, BD-104B, BD-204A, BD-204B	P-104 A, P-104 B, P-204 A, P-204 B BDP: P-104 C, P-104 D, P-204 C y 204-D	Flujo de 300 GPM. Presión diferencial: 3.8 y 4.1 kg/cm ² . Potencia nominal: 20 HP. BDP: Capacidad: 30 GPM Presión diferencial: 3.8-3.4 kg/cm ² . Potencia: 5 HP.
Isla de descarga 5 (Diésel y Gasolina Regular ZM)	BD-105A, BD-105B, BD-305A, BD-305B	P-105 A, P-105 B, P-305 A, P-305 B BDP: P-305 C y 305-D, P-105 C y P-105 D	Flujo de 300 GPM. Presión diferencial: 3.8 y 4.1 kg/cm ² . Potencia nominal: 20 HP. BDP: Capacidad: 30 GPM Presión diferencial: 3.5 y 3.8 kg/cm ² . Potencia: 5 HP.
Isla de descarga 6 (Gasolina Premium RP y Gasolina Regular ZM)	BD-606A, BD-606B, BD-306A y BD-306B	P-606 A, P-606 B, P-306 A y P-306 B BDP: P-606 C, P-606 D, P-306 C y 306-D	Flujo de 300 GPM. Presión diferencial: 3.8 kg/cm ² . Potencia nominal: 20 HP. BDP: Capacidad: 30 GPM Presión diferencial: 3.5 kg/cm ² . Potencia: 5 HP.
Isla de descarga 7 (Etanol y Gasolina Regular ZM)	BD-807A, BD-807B, BD-307A y BD-307B	P-807 A, P-807 B, P-307 A, P-307 B BDP: P-807 C, P-807 D, P-307 C y 307-D	Flujo de 300 GPM. Presión diferencial: 3.8 kg/cm ² . Potencia nominal: 20 HP. BDP: Capacidad: 30 GPM Presión diferencial: 3.1 y 3.6 kg/cm ² . Potencia: 5 HP.
Isla de descarga 8	BD-508A, BD-508B, BD-	P-508 A, P-508 B, P-408	Flujo de 300 GPM. Presión diferencial: 3.5 y

Isla de descarga	Brazo de descarga	Bombas centrífuga de descarga	Especificación de las bombas
(Gasolina Regular RP y Gasolina Premium ZM)	408A, BD-408B	A y P-408 B BDP: P-508 C, P-508 D, P-408 C y 408-D	3.8 kg/cm ² . Potencia nominal: 20 HP. BDP: Capacidad: 30 GPM Presión diferencial: 35 kg/cm ² . Potencia: 5 HP.
Isla de descarga 9 (Gasolina Regular RP y Gasolina Regular ZM)	BD-509A, BD-509B, BD-309A y BD-309B	P-509 A, P-509 B, P-309 A, P-309 B BDP: P-509 C, P-509 D, P-309 C y 309D	Flujo de 300 GPM. Presión diferencial: 4.1 kg/cm ² . Potencia nominal: 20 HP. BDP: Capacidad: 30 GPM Presión diferencial: 3.8 kg/cm ² . Potencia: 5 HP.
Isla de descarga 10 (Gasolina Regular RP y Gasolina Regular ZM)	BD-1100	P-1100 Bomba de vaciado: P-1101	BDP: capacidad 15 GPM, presión diferencial de 15 GPM y potencia nominal 5 HP.

El área de llenado de autotanques constará de 9 islas de descarga adecuadas para autotanques de un solo remolque. Cada isla se compone de un sistema de bombeo y deberá tener al menos:

- Un brazo y bomba principal de descarga (una por producto)
- Un sistema de seguridad
- Recuperación de vapores
- Sistema de Medición tipo LACT (Lease Automatic Custody Transfer Unit)
- Se contará con una unidad recuperadora de vapores (U-1101) para las 9 islas, que recuperará todos los vapores desprendidos por el llenado de autotanques en las llenaderas, y contará con un medidor de flujo para cuantificarlos, la URV estará diseñada en cumplimiento con lo indicado en el Apéndice 1 de la NOM-006-ASEA-2017.

Cada brazo de descarga estará conectado a un cabezal de distribución, a una bomba de llenado así como con un sistema de inyección de aditivo (Tinte), se considera un tinte por producto. La zona de llenaderas contará con un Sistema de Protección Contra Incendios, Contención de Derrames, Sistema de paro por Emergencia, Drenaje de Agua contaminada con Aceite, y Sistema de Tratamiento de Aguas Aceitosas.

También se contará con un sistema de trasvase el cual constará de dos bombas (P-901 y P-902) con capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.2 kg/cm² y 25 HP de potencia así como dos filtros de canasta (F-901 y F-902) con flujo de 500 GPM.

Se contarán con 28 bombas de llenado de operación automática, el arranque y paro será automático y/o manual y se distribuyen de la siguiente manera (Tabla 1.15):

- 6 bombas para llenado de Diésel
- 8 bombas para llenado de Gasolina Regular ZM
- 5 bombas para llenado Gasolina Premium ZM
- 3 bombas para llenado Gasolina Regular RP
- 3 bombas para llenado Gasolina Premium RP
- 3 Bombas para llenado de Turbosina

La bomba de llenado de turbosina estará conectada a un Sistema de Filtración Micrónico y Coalescente (U-202), que corresponde a un sistema de filtrado para turbosina en cumplimiento con el API/EI Standard 1530.

Tabla 1.15. Bombas y brazos para llenado de autotanques

Isla de llenado	Brazo de llenado	Filtro canasta	Bomba de llenado	Especificación de bomba de llenado
1	BL-101 (D)	F-101	P-101	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.2 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
	BL-201	F-201	P-201	

Isla de llenado	Brazo de llenado	Filtro canasta	Bomba de llenado	Especificación de bomba de llenado
	(T)			
	BL-301 (GRZM)	F-301	P-301	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.4 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
	BL-401 (GPZM)	F-404	P-401	
2	BL-302 (GRZM)	F-302	P-302	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.4 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
	BL-502 (GRRP)	F-502	P-502	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.2 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
3	BL-303 (GRZM)	F-303	P-303	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.4 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
	BL-603 (GPRP)	F-603	P-603	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.2 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
	BL-403 (GPZM)	F-403	BL-403	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.4 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
4	BL-304 (GRZM)	F-304	P-304	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.4 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
	BL-604 (GPRP)	F-604	P-604	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.2 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
5	BL-505 (GRRP)	F-505	P-505	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.2 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
	BL-405 (GPZM)	F-405	P-405	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.4 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
6	BL-306 (GRZM)	F-306	P-306	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.4 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
	BL-106 (D)	F-106	P-106	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.2 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
7	BL-207 (T)	F-207	P-207	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.2 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
	BL-407 (GPZM)	F-407	P-407	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.4 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
8	BL-108 (D)	F-108	P-108	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.2 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
	BL-308 (GRZM)	F-308	P-308	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.4 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
9	BL-309 (GRZM)	F-309	P-309	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.4 kg/cm ² y potencia de 25 HP.
	BL-109 (D)	F-109	P-109	Capacidad de 500 GPM, presión diferencial de 3.2 kg/cm ² y potencia de 25 HP.

Además de la instrumentación descrita para los tanques de productos refinados, los tanques de Etanol y MTBE, contarán con bombas de inyección y filtros de canasta:

- Etanol: 3 bombas de inyección (P-801, P-802, P-803) con capacidad 60 GPM, presión diferencial de 3.3 kg/cm² y potencia de 10 HP; 4 filtros de canasta (F-801, F-802, F-803) con un flujo de 60 GPM.
- MTBE: 4 bombas de inyección (P-701, P-702, P-703 y P-704) con capacidad 110 GPM, presión diferencial de 3.2 kg/cm² y potencia de 15 HP; 4 filtros canasta de MTBE (F-701, F-702, F-703 y F-704) con un flujo de 110 GPM.

1.1.6.4 Sistema de Recuperación de Vapores

El Sistema de Recuperación de Vapores (EP-1001) de autotanques se ubicará en el área de llenaderas y estará conformado por los siguientes elementos:

- 2 bombas de gasolina fresca (P-1101 y P1102), la potencia y características de la bomba serán calculadas en la ingeniería a detalle.
- 2 columnas de absorción (V-1101 y V-1102).
- 1 columna de absorción (V-1103).
- 1 bomba de vacío (C-1101), la potencia y características de la bomba serán calculadas en la ingeniería a detalle.
- 1 bomba de gasolina recuperada, la potencia y características de la bomba serán calculadas en la ingeniería a detalle.

El paquete de URV recuperará todos los vapores de las gasolinas desprendidos por el llenado de autotanques en el área de llenaderas. Los vapores generados serán colectados mediante una conexión que tienen provista los vehículos y que serán direccionados mediante un cabezal colector. La URV contará con un medidor de flujo para cuantificar los valores enviados. El diseño de la URV se realizará bajo los criterios del Apéndice 1 de la NOM-006-ASEA-2017.

1.1.6.5 Aire de Planta

El sistema de aire de planta para suministro de las válvulas de control y sistemas de detección contra incendios contará con los siguientes elementos:

- Compresor de aire (Equipo paquete): C-1200A/B.
- Tanque de aire de planta (Equipo paquete): Con capacidad de 10 m³, diámetro de 1.6 m y altura de 4.4 m.

Las dimensiones de los equipos son preliminares y se confirmarán en la ingeniería a detalle.

1.1.6.6 Sistema de Tratamiento de Drenajes Aceitosos

El sistema para tratamiento de drenajes aceitosos contará con un sistema integral tipo paquete (U-1400) para el tratamiento de efluente aceitoso, la capacidad y el flujo de aceite de ingreso serán determinados en la ingeniería a detalle. El sistema contará con los siguientes elementos:

- Fosa API (TC-1400) fabricada de concreto, las dimensiones serán determinadas en la ingeniería a detalle.
- Bomba de lodos API (P-1401) con potencia estimada de 5HP.
- Bomba de agua aceitosa (P-1401 A/B) con capacidad de 250 GPM y potencia estimada de 20HP.
- Separador de agua aceitosa (TL-1400) con largo de 3.68 m, ancho de 2.66 m y alto de 3.94 m.
- Fosa de lodos aceitosos (TC-1403), la capacidad será determinada en la ingeniería a detalle.
- Tanque de almacenamiento de aceite recuperado (TV-909) de 6,000 Bbl (D: 10.67 m y L: 10.97 m).
- Tanque de almacenamiento de agua recuperada (TV-903) con capacidad de 288 Bbl (D: 3.5 m y L: 4.76 m).

1.1.6.7 Agua de servicios

El Sistema para agua de servicios alimentará a las siguientes áreas

- Oficinas administrativas.
- Caseta de vigilancia, control de acceso y salida de autotanques.
- Regaderas de emergencia y lavajos.
- Oficina y taller de mantenimiento.
- Laboratorio de control de calidad.
- Baños y vestidores generales.
- Estaciones de servicio.

Para ello se contará con un Sistema Hidroneumático (paquete) U-1300 que consta de los siguientes elementos:

- 1 Tanque de Agua de Servicios (TV-700): Capacidad nominal 288 Bbl, 3.5 m de diámetro y 4.76 m de altura.
- 2 bombas del sistema hidroneumático: Capacidad de 230 GMP cada una, presión diferencial de 5.0 kg/cm² y potencia de 15 HP, esta última será confirmada en la ingeniería a detalle.
- 1 Recipiente Hidroneumático: Que tendrá 2.1336 m de diámetro y 4.8768 m de altura, las dimensiones son preliminares y se confirmarán en la ingeniería a detalle.

1.1.7 Proyecto sistema contra-incendio

El sistema contra-incendio de la Terminal de Almacenamiento buscará reducir los riesgos de posibles consecuencias de alguna fuga o accidente relacionado con las sustancias almacenadas y contará con los elementos enlistados a continuación:

Sistema de agua contra incendio

- Tanque de agua contra incendio y equipo de bombeo.
- Red de agua contra incendio.
- Hidrantes.
- Monitores.
- Toma siamesa.
- Sistemas de enfriamiento en tanques.
- Sistema de rociadores.

Sistema de espuma contra incendio

- Sistema de presión balanceada.
- Inyección superficial de espuma
- Tanque tipo vejiga

Sistema de gas y fuego

Sistema de detección y alarma en edificios

Sistema de supresión de incendio en edificios

- Supresión de incendio a base de agente limpio
- Sistema de supresión de incendio a base de gas CO₂

Equipo de extinción de fuego (Extintores)

- A base polvo químico seco (PQS)
- A base de CO₂

Regaderas lavaojos

Conos de viento

1.1.7.1 Sistema de Agua contra Incendio

El sistema de agua contra incendio está conformado por un **Tanque del almacenamiento** de techo fijo con venteo, el cual contará con agua contra incendio de tipo atmosférico, cumpliendo lo indicado en la NFPA 22 Ed. 2018.

La capacidad y dimensionamiento de dicho tanque se determina considerando el mayor volumen de agua necesaria para combatir el riesgo mayor. Para determinar dicho volumen se considera:

- La cantidad de agua para enfriamiento del equipo que genere el riesgo mayor.
- La cantidad de agua de enfriamiento en los equipos aledaños en las secciones que reciban radiación de calor.
- La cantidad de agua para formación de espuma para la protección superficial del equipo siniestrado.
- El apoyo de equipos adicionales (monitores o hidrantes).

El tiempo para combatir de forma ininterrumpida el riesgo mayor, según la capacidad de almacenamiento del tanque, es de 4 horas.

El tanque contará con un sistema auxiliar que es un **sistema de bombeo contra incendio**, el cual consiste en dos bombas principales y una de relevo de 15,141.65 lpm (4,000 gpm), las bombas serán accionadas con un motor de combustión interna de diésel (cada uno contará con su propio tanque de diésel, el cual garantiza el funcionamiento del motor durante 8 horas ininterrumpidas como mínimo). Además, se cuenta con una Bomba Jockey accionada por motor eléctrico, cuya función es reponer las pérdidas de presión del sistema por fugas. Todas las bombas cumplirán con la NFPA 20 Ed. 2019, también contarán con un tablero de control.

Los tableros de control estarán montados en un armario NEMA 4X, mientras que las bombas en un cobertizo con materiales no combustibles.

Otro sistema de agua contra incendio es la **Red de Agua contra Incendio**, ésta consiste en una red general de agua que consta de un circuito cerrado (anillos) de tuberías enterradas alrededor de las instalaciones con el propósito de llevar el agua a distintos puntos o sitios a fin de proteger las instalaciones.

El suministro del agua será a través de sistema de bombeo, descrito anteriormente. Los componentes de la red de agua contra incendio estarán conformada por hidrantes, monitores, un sistema de rociadores y la alimentación a los sistemas de enfriamiento.

La red contará con válvulas posicionadas en puntos estratégicos, los cuales permitirán sectorizar o aislar el sistema de anillos y tramos de tubería con el propósito de que no se exceda de 6 suministros de agua entre las válvulas de seccionamiento.

Las tuberías son dimensionadas considerando el riesgo mayor, mediante un cálculo hidráulico. La presión mínima de la red se mantendrá en 7 kg/cm² man. (100 psig), en el punto hidráulicamente más desfavorable, para el cual se toma como referencia la brida de descarga de las bombas principales de la alimentación del agua. Los otros tramos de tuberías, además, de los accesorios y otros componentes de la red estarán clasificados para la presión de trabajo máxima. Sin embargo, ésta no debe ser menor a 10.54 kg/cm² man. (150 psig). Los materiales de las tuberías de la red se muestran en la Tabla 1.16.

Tabla 1.16. Materiales de las tuberías de la red de agua contra incendio.

Posición de la tubería	Material
Tubería aérea	1. Acero al carbón ASTM A106 Gr. B CLASE 150
	2. Acero al carbón Galvanizado ASTM A53 Gr. B
Tubería enterrada	Polietileno de alta densidad (HDPAA)

A continuación, se describirán los componentes de la red de agua contra incendio.

Uno de estos componentes son los **hidrantes**, los cuales son un sistema de distribución de agua ubicados en toda la planta, cerca de los edificios y en los monitores (hidrantes-monitores); que consisten en mangueras que estarán conectadas a la red de agua contra incendios a través de conexiones de manguera de 63.5 mm (2 1/2 in).

Otro componente son los **monitores**, los cuales son capaces de suministrar agua-espuma y cuya función recae en la protección del área de tanques de almacenamiento. Su cobertura se considera que es de 30 m (98.4 ft) de radio y requerirán de un flujo para cada uno de 3,839.06 lpm /750 gpm). Dichos monitores estarán ubicados fuera de los diques de contención de los tanques, así mismo, las áreas de llenado y descarga de autotanques tendrán monitores con un flujo de 1,892.7 lpm (500 gpm).

Existe un sistema auxiliar que es el **sistema de aspersión**, el cual a su vez incluye a los **sistemas de enfriamiento de tanques, y** al que también se le suministra agua de la red de agua contra incendio.

En primer lugar, se describirán los sistemas de aspersión, los cuales son de tipo diluvio y constan de un sistema de tuberías fijas. Los sistemas contarán con boquillas de aspersión para lograr la descarga de agua y su distribución en el área a cubrir, la posición de las boquillas estará determinada por el diseño hidráulico.

Dicho sistema de aspersión contará con una válvula de control con activación automática (válvula de diluvio) a través de un sistema de detección y/o activación desde el cuarto de control. A su vez dentro de la misma tendrá un medio de operación manual. También contará con un interruptor de presión, el cual permite conocer el método por el que el sistema se activa (manual o automático).

Dichas válvulas se situarán a la mayor distancia posible de la zona donde se encuentran los equipos que requieran su protección; evitando así radiaciones o daños en caso de incendio. También para su ubicación se considerarán los lugares en los cuales no sufran daños mecánicos y/o daños por alguna explosión (de existir ésta posibilidad).

Con el fin de proteger las boquillas de sólidos que puedan obstruirlas, los sistemas de aspersión contarán con un filtro con perforaciones de 3.2 mm (1/8) in para la remoción dichos sólidos.

La configuración de las tuberías también será de tipo anillos y tendrán una pendiente hacia el tubo de alimentación para poder suministrar agua contra incendio. El dimensionamiento de las tuberías de cada sistema de aspersión se determina considerando que la boquilla más alejada operará a una presión mínima de 2.1 kg/cm² (30 psi), esto se calculará mediante cálculos hidráulicos. Por último, el material de las tuberías será el mismo que el número 2 de la tubería área en la Tabla 1.16.

En segundo lugar, se describirá el **sistema de aspersión para enfriamiento de tanques de almacenamiento**, el cual como su nombre lo indica consiste en disminuir la temperatura de la envolvente en caso de un incendio. El sistema será diseñado para que el tanque sea mojado con una densidad de aplicación de 4.1 lpm/m² (0.10 gpm/ft²). La distribución del agua también se hará a través de anillos hacia las boquillas de aspersión, los cuales estarán colocados a diferentes alturas encima del tanque y, además, estarán seccionados para un eficiente uso del agua.

Por último, se describirá un sistema auxiliar de los sistemas de agua contra incendio: el **sistema de rociadores**. El cual cumple con los requerimientos de la NFPA y se ubicará en las siguientes áreas: edificio de oficinas, almacén, taller de mantenimiento, laboratorio, casa de bombas de sistema contra incendio.

1.1.7.2 Sistema de Espuma contra Incendio

Los tanques de almacenamiento de petrolíferos presentan un sistema de protección basado en un sistema de espuma por inyección superficial. En la siguiente tabla se indica el contenido de los tanques de almacenamiento y su tipo de protección:

Tabla 1.17. Clasificación de líquidos conforme al servicio.

Servicios	Cantidad de Tanques	Clasificación de Líquidos
Gasolina Regular RP (Resto del país)	1	Clase IB
Gasolina Regular ZM (Zona Metropolitana)	1	Clase IB
Diésel	2	Clase II
Gasolina Premium RP (Resto del país)	1	Clase IB

Servicios	Cantidad de Tanques	Clasificación de líquidos
Gasolina Premium ZM (Zona Metropolitana)	1	Clase IB
Turbosina	1	Clase II
Tanque de MTBE	1	Clase IB
Tanque de Transmix (Diésel)	1	Clase II
Tanque de Transmix (Gasolina)	1	Clase IB
Tanque de etanol	1	Clase IB

Sistema de Presión Balanceada

Este es un sistema de dosificación de espuma que cuenta con una bomba de espuma, válvula(s) para equilibrar las presiones de espuma y agua en un dosificador tipo Venturi modificado. El dosificador estará situado en la tubería de espuma de entrega de la solución y cuenta con un orificio de medición del concentrado de espuma, montado en la sección de entrada de espuma del dosificador.

El material de la tubería que suministrará el Agua-Espuma es de Acero al Carbono ASTM A53 Gr. B galvanizado.

El dimensionamiento de la tubería para la Red contra Incendio se determina mediante un cálculo hidráulico de acuerdo con NFPA 11 Ed. 2016.

El paquete cuenta con dos bombas, una accionada por un motor eléctrico y otra accionada por un motor de combustión interna. Las bombas son del tipo desplazamiento positivo y cuerpo de acero al carbono.

El sistema de presión balanceada cuenta con un tanque para el almacenamiento del concentrado de espuma.

El tipo de espuma a utilizar será un concentrado espumante AFFF (Aqueous Film Forming Foam) a una proporción de 3%.

Inyección Superficial de Espuma

En tanques sin techo flotante

El sistema de inyección superficial de espuma contra incendio para el área de tanques de almacenamiento es con cámaras de espuma tipo II.

La densidad mínima de aplicación considerada para la aplicación de espuma superficial en tanques de almacenamiento sin techo flotante es de 4.1 lpm/m² (0.10 gpm/ft²).

De acuerdo con las dimensiones de los tanques, se requieren del siguiente número de cámaras de espuma para cada tanque:

Tabla 1.18. Cámaras de espuma para tanques sin techo flotante.

Servicio	TAG	Cantidad de Tanques	Volumen Nominal (Bbl)	Diámetro (m)	Altura (m)	Número de cámaras de espuma
Diésel	TV-102	1	120,000	40.84	14.63	3
Turbosina/ diésel	TV-103	1	120,000	40.84	14.63	3

* De acuerdo con la Tabla 5.2.5.2.1 de la NFPA 11 Ed. 2016

El tiempo de suministro del sistema de espuma es de 30 minutos para los tanques TV-101, TV-102, TV-103.

En tanques con techo flotante

El sistema de inyección superficial de espuma contra incendio para el área de tanques de almacenamiento es con cámaras de espuma tipo II.

La densidad mínima de aplicación considerada para la aplicación de espuma superficial en el área del sello en tanques de almacenamiento con techo flotante es de 12.2 lpm/m² (0.30 gpm/ft²).

De acuerdo con las dimensiones de los tanques, se requiere del siguiente número de cámaras de espuma para cada tanque:

Tabla 1.19. Cámaras de espuma para tanques con techo flotante.

Servicio	TAG	Cantidad de Tanques	Volumen Nominal (Bbl)	Diámetro (m)	Altura (m)	Número de cámaras de espuma
Diésel / Gasolina Regular	TV-101	1	120,000	40.84	14.63	6
Gasolina Regular ZM (Zona Metropolitana)	TV-201/202	2	150,000	45.72	14.63	6
Gasolina Regular RP (Resto del país) / Premium RP (Resto del país)	TV-203	1	120,000	40.84	14.63	6
Gasolina Premium RP (Resto del País) / ZM (Zona Metropolitana)	TV-204	1	120,000	40.84	14.63	6
Tanque de MTBE	TV-404	1	60,000	26.21	14.63	4
Tanque de Transmix Diésel	TV-501	1	30,000	20.42	14.63	3
Tanque de Transmix Gasolina	TV-502	1	30,000	20.42	14.63	3
Tanque Etanol	TV-601	1	45,000	30.48	14.63	4

* De acuerdo con la Tabla 5.2.5.3.1 de la NFPA 11 Ed. 2016

En este caso, el tiempo de suministro del sistema de espuma es de 20 minutos.

Sistema de Espuma en llenaderas y descargaderas de Autotanque.

Las áreas de llenaderas y descargaderas cuentan con un sistema de rociadores con agua-espuma de acuerdo con NFPA 16 Ed. 2019.

El sistema de rociadores con agua-espuma cuenta con una válvula de control con activación automática (válvula de diluvio) a través del sistema de detección.

El sistema de rociadores cuenta con una válvula de aislamiento (válvula de compuerta), normalmente abierto entre la válvula de diluvio y el suministro de agua.

El tiempo de suministro del sistema de espuma es de 10 minutos.

Tanque tipo Vejiga

Para la protección con espuma en los tanques TV-404 (MTBE) y TV-601 (Etanol), el suministro de concentrado de espuma es a través de un tanque tipo vejiga instalado cerca de los tanques.

El tipo de espuma a utilizar para la protección del Tanque de Etanol será un concentrado espumante ARAFFF (Alcohol Resistant Aqueous Film Forming Foam) a una proporción de 3%, cuyas características son las siguientes:

- Baja energía de entrada - requiere mínima agitación.
- La excelente fluidez proporciona rápida eliminación del fuego.

- Apropriada para ser usada con agua dulce o agua de mar.
- Compatible con proporcionadores estándar y dispositivos formadores de espuma.
- Apropriada para usarse con otros agentes extintores como otros concentrados y polvo químico seco.

1.1.7.3 Sistema de detección de gas y fuego

La Terminal cuenta de un sistema de gas y fuego (SDGF), el cual está conformado de un tablero de control para detección de gas y fuego (TCGF), alarmas audibles y/o visible en la zona de proceso y cuarto de control, estaciones manuales de alarma (a ser ubicados en áreas de proceso y cuarto de control), detectores de fuego, detectores de gas combustible, detectores de gas hidrógeno, detectores de humo (áreas de proceso, áreas administrativas, cuartos eléctricos y cuartos de control).

El sistema de gas y fuego (SDGF) previene y minimiza el daño al personal y a las instalaciones de toda la planta, a través del monitoreo de la instrumentación dedicada al SDGF y provee al operador la información necesaria para mantener la operación de la planta completamente segura.

Se tienen detectores de gas combustible tipo puntual infrarrojo, detectores de flama tecnología (UV/IR) para el área de proceso, así como detectores de gas hidrógeno en cuarto de baterías, todos los transmisores de fuego y gas serán transmisores inteligentes con capacidad de comunicarse con el tablero de control del sistema de gas y fuego con un circuito de señales de línea (SLC) con protocolo propietario mediante dos hilos en un circuito Clase A de acuerdo a NFPA 72 Ed. 2019 hacia el tablero, todos los detectores contarán con autodiagnóstico y de operación segura.

Todos los equipos serán listados y/o aprobados para su uso por una organización reconocida como "Underwriters Laboratories" (UL), "Factory Mutual" (FM) o equivalente y estarán marcados de manera permanente con dicho reconocimiento.

El sistema de gas y fuego será independiente en Hardware y Software de otros sistemas de control. Para brindar apoyo visual al personal durante un evento de incendio, el SDGF se comunica con el sistema de CCTV (mediante señales digitales "contactos secos" y su interconexión será en el Cuarto de Control), el cual mediante rutinas pregrabadas posiciona y enfoca a la o las cámaras más cercanas hacia el sitio donde se produjo la alarma del SDGF y despliega las imágenes en las pantallas localizadas en el cuarto de control.

En caso de un incendio, el SDGF se comunica con los paneles de control de acceso de las Terminales mediante contacto secos para la liberación de las puertas de emergencia.

Todos los componentes del sistema de gas y fuego cumplirán con los requerimientos de la clasificación del área.

Tablero de control del sistema de Gas y Fuego (SDGF)

El tablero de seguridad estará localizado dentro de un recinto preferentemente tripulado y recibirá todas las señales de los dispositivos de iniciación del área a proteger por el sistema de detección y controlará las acciones de notificación en caso de que se presente un evento de incendio; así mismo manejará las señales de control de paro hacia el sistema de HVAC y se comunicará con el sistema de CCTV y sistema de control de acceso para que tomen las medidas pertinentes en caso de un incendio.

El Tablero de seguridad del sistema de gas y fuego realizará la lógica de control y supervisión en forma continua y automática, monitoreando el estado de operación de los instrumentos y dispositivos del sistema, de tal manera que, al presentarse una emergencia, se indique en forma inmediata el estado operativo de éstos y se activen las alarmas audibles y visibles. El software del sistema debe ejecutar las operaciones de control, supervisión y supresión, así como las configuradas en base a la matriz lógica de control (matriz causa y efecto).

El tablero de seguridad de comunicará punto a punto con el sistema de paro por emergencia (SPE), al Sistema de control de Proceso (PCS) y por comunicación al Sistema de Administración de la Terminal (TMS).

Detector de fuego

Los detectores de fuego serán localizados de tal forma que puedan tener una cobertura óptima para monitorear y confirmar la presencia de fuego que pudiera presentarse en los equipos de proceso.

Los detectores estarán dirigidos hacia abajo a 45° por lo menos, para prevenir el reflejo de la luz en el horizonte. Serán inmunes a falsas alarmas provocadas por arcos de soldadura, rayos del sol, para ello debe de diferenciar las características de una flama provocada por la combustión de hidrocarburos.

Los detectores de fuego serán capaces de registrar la radiación ultravioleta (UV) e infrarroja (IR), producida por un fuego derivado de la combustión de hidrocarburos en el ambiente por medio de foto-sensores para cada una de las bandas requeridas.

Los detectores de fuego serán instalados en las siguientes áreas:

-Área almacenamiento: Se instalarán 4 detectores de fuego por cada tanque que comprende el área de almacenamiento, estos detectores serán direccionados de tal forma que la cobertura del detector proteja la mayor parte de la envolvente del tanque y sus conexiones de proceso evitando la mayor cantidad de interferencias posibles. De esta manera se contará con un detector en cada esquina interna del dique e inter-diques.

Para la instalación de cada detector de fuego se considerará a una altura no mayor a 5 metros con respecto al nivel de piso terminado, para prevenir falsas alarmas por el reflejo de la luz solar.

-Casa de bombas de proceso: Se instalarán detectores de fuego dentro del cobertizo de bombas. Los detectores serán ubicados de tal forma que existan zonas cruzadas que permitan la confirmación de fuego.

-Área de llenaderas: Para cada una de las islas se instalará 1 detector de fuego, dichos detectores son localizados de tal manera que el eje de visión del detector este direccionado hacia la ubicación de los brazos de llenado y a la conexión con el autotanque (puntos de mayor riesgo). Para la instalación de cada detector de fuego se considerará una altura no mayor a 5 metros con respecto al nivel de piso terminado, soportados con la estructura de las islas.

-Área de descargaderas: Para cada una de las islas se instalará 1 detector de fuego, dichos detectores son localizados de tal manera que el eje de visión del detector este direccionado hacia la ubicación de los brazos de descarga y a la conexión con el autotanque (puntos de mayor riesgo). Para la instalación de cada detector de fuego se considerará una altura no mayor a 5 metros con respecto al nivel de piso terminado, soportados con la estructura de las islas.

-Unidad recuperadora de vapores: se instalarán detectores de fuego que cubran la unidad recuperadora de vapores. La ubicación de los detectores será de tal forma que existan zonas cruzadas que permitan la confirmación de fuego.

-Fosa API: se instalarán detectores de fuego que cubran la Fosa API. Los detectores serán instalados de tal forma que existan zonas cruzadas que permitan la confirmación de fuego.

-Patín de medición y trampa de diablos: se instalarán detectores de fuego que cubran el patín de medición y la trampa de diablos. La ubicación de los detectores será de tal forma que existan zonas cruzadas que permitan la confirmación de fuego.

Detector de gas combustible (Mezclas explosivas)

La instalación de detectores de mezclas explosivas en el área de almacenamiento se instalará en los puntos de posible fuga; así mismo la ubicación de los detectores de mezclas explosivas será determinada de manera geográfica por la dirección de los vientos dominantes y posibles obstrucciones con otros equipos.

Los sitios donde se colocarán los detectores de mezclas explosivas son los siguientes:

-Área de almacenamiento: La instalación de detectores de mezclas explosivas en el área de almacenamiento será en los puntos de posible fuga como: bridas, purgas, conexiones, y válvulas de seccionamiento de cada uno de los tanques de almacenamiento. Así mismo la ubicación de los detectores de mezclas explosivas será determinada de manera geográfica por la dirección de los vientos dominantes y posibles obstrucciones con otros equipos.

Para el caso del área de almacenamiento los detectores de mezclas explosivas se contemplarán a una altura aproximada de 60 cm con respecto al nivel de piso terminado, mientras que para el caso donde el área de protección requiera de 2 o más detectores de mezclas explosivas la distancia entre detectores no deberá ser mayor a 5 metros.

- Área de descargaderas: la instalación de detectores de mezclas explosivas para el área de descargaderas de autotanque será principalmente en los puntos de conexión y posible fuga de los brazos de descarga, la ubicación de los detectores de mezclas explosivas será determinada de manera geográfica por la dirección de los vientos dominantes y posibles obstrucciones con otros equipos.

Para la elevación de los detectores de mezclas explosivas será aproximadamente a 60 cm con respecto al nivel de piso terminado; mientras que para el caso donde el área de protección requiera de 2 o más detectores de mezclas explosivas la distancia entre detectores no deberá ser mayor a 5 metros.

-Área de llenaderas: la instalación de detectores de mezclas explosivas para el área de llenaderas de autotanque será principalmente en los puntos de conexión y posible fuga de los brazos de carga, la ubicación de los detectores de mezclas explosivas será determinada de manera geográfica por la dirección de los vientos dominantes y posibles obstrucciones con otros equipos.

Para la elevación de los detectores de mezclas explosivas será aproximadamente a 60 cm con respecto al nivel de piso terminado; mientras que en el caso donde el área de protección requiera de 2 o más detectores de mezclas explosivas la distancia entre detectores no deberá ser mayor a 5 metros.

-Casa de bombas: la instalación de detectores de mezclas explosivas para la casa de bombas se realizará de forma geográfica ya que dependerá de la dirección de los vientos dominantes y posibles obstrucciones con otros equipos, además que la ubicación del detector de mezclas explosivas deberá ser lo más cercana a los sellos mecánicos de las bombas, ya que es el punto de posible fuga.

Para el caso donde el área de protección requiera de 2 o más detectores de mezclas explosivas la distancia entre detectores no deberá ser mayor a 5 metros.

-Unidad recuperadora de vapores: la instalación de detectores de mezclas explosivas para la unidad recuperadora de vapores se realizará de forma geográfica ya que dependerá de la dirección de los vientos dominantes y posibles obstrucciones con otros equipos, además que la ubicación del detector de mezclas explosivas deberá ser lo más cercana a los sellos mecánicos de las bombas, ya que es el punto de posible fuga.

Para el caso donde el área de protección requiera de 2 o más detectores de mezclas explosivas la distancia entre detectores no deberá ser mayor a 5 metros.

-Fosa API: La instalación de detectores de mezclas explosivas para la Fosa API se realizará de forma geográfica ya que dependerá de la dirección de los vientos dominantes y posibles obstrucciones con otros equipos, además

que la ubicación del detector de mezclas explosivas deberá ser lo más cercana a los sellos mecánicos de las bombas, ya que es el punto de posible fuga.

Para el caso donde el área de protección requiera de 2 o más detectores de mezclas explosivas la distancia entre detectores no deberá ser mayor a 5 metros.

- Patín de medición y trampa de diablos: la instalación de detectores de mezclas explosivas para el patín de medición y la trampa de diablos se realizará de forma geográfica ya que dependerá de la dirección de los vientos dominantes y posibles obstrucciones con otros equipos, además que la ubicación del detector de mezclas explosivas deberá ser lo más cercana a los sellos mecánicos de las bombas, ya que es el punto de posible fuga.

Para el caso donde el área de protección requiera de 2 o más detectores de mezclas explosivas la distancia entre detectores no deberá ser mayor a 5 metros.

Detector de Hidrógeno (H₂) del tipo puntual

Los detectores de Hidrógeno (H₂) son del tipo puntual y estarán localizados en los cuartos de baterías. Los detectores son capaces de detectar gas hidrógeno (H₂) mediante el principio de celda catalítica, estos detectores se componen básicamente por un sensor y un transmisor. Los detectores de Hidrógeno serán instalados en los cuartos de baterías, por lo que el sensor será localizado al interior de los cuartos y el transmisor será localizado el exterior de dichos cuartos, cercano al acceso y a una altura tal que sea posible su fácil lectura para notificar al personal la presencia de concentraciones de gas hidrógeno. El detector se conectará al Tablero de seguridad del sistema de supresión de incendio mediante sus contactos de alarma (señales digitales).

El detector será capaz de transmitir al Tablero de seguridad los siguientes niveles de alarma:

- Baja concentración de gas combustible – 200 ppm.
- Alta concentración de gas combustible – 400 ppm.

Y además transmitirá las siguientes señales de diagnóstico:

- Detector de gas hidrógeno en estado normal.
- Detector de gas hidrógeno en alarma (baja y alta).
- Detector de gas hidrógeno en falla.

Estaciones manuales de alarma

Las estaciones manuales de alarma son del tipo doble acción “empujar y jalar” o “levantar y presionar” con el objetivo de evitar su accionamiento accidental. La parte operable de la estación manual de alarma no debe instalarse a menos de 1.07 m (42 in) y no más de 1.22 m (48 in) desde el piso terminado.

Las estaciones manuales estarán situadas dentro de 1.5 m (5 pies) de cada puerta de salida. La estación manual tendrá un acabado en color rojo bermellón e incluirá una placa con las instrucciones de operación en idioma español, fabricado en aluminio, acero inoxidable o plástico laminado con la leyenda "Fuego".

Se instalarán estaciones manuales de alarma por fuego adicionales para que la distancia al dispositivo más cercano no exceda los 61 metros medidos horizontalmente respecto al nivel de piso terminado, además la localización de las estaciones manuales de alarma por fuego deberá estar dentro o cerca de las rutas de evacuación.

Para la instalación de estaciones manuales de alarma por fuego, se contempla que la parte operable del dispositivo se encuentre a una elevación de 1.20 metros respecto al nivel de piso terminado.

La alarma cuenta con un mecanismo para restablecerse manualmente después de que ha sido activada, por lo cual el restablecimiento será manual con llave. Los sitios donde se presentaran las estaciones manuales de alarma son:

- Área de almacenamiento.
- Área de descargaderas.
- Área de llenaderas.
- Casa de bombas.
- Unidad recuperadora de vapores.
- Fosa API
- Patín de medición y trampa de diablos.
- Área de oficinas.
- Cuarto de control.
- Subestación eléctrica.

En cada uno de estos sitios, las estaciones manuales de alarma serán instaladas en áreas donde exista un mayor flujo de personal, los lugares sean accesibles y a la vista de todo el personal.

Alarmas audibles

Las alarmas audibles están formadas por:

- Bocinas amplificadoras (altoparlantes).
- Generador de tonos.

El tono y mensaje correspondiente a cada tipo de riesgo, será enviado desde el generador de tonos y mensajes pregrabados hacia las alarmas audibles en campo para que estas lo reproduzcan. Los tonos reproducibles serán diferentes para cada tipo de riesgo detectado. La señal audible que proviene del Generador de tonos viene del gabinete del SDGF.

En áreas exteriores se instalarán alarmas audibles del tipo corneta con la intensidad suficiente para asegurar que sea escuchado claramente el tono/mensaje pregrabado de alarma en dichas áreas, el nivel sonoro del ambiente considerando el sonido producido por las alarmas audibles no excederá los 120 dB en la distancia auditiva mínima.

Las alarmas audibles producirán un nivel sonoro de al menos 15 dB por encima del nivel sonoro ambiente promedio o de 5 dB sobre el nivel sonoro máximo con una duración de al menos 60 segundos. Por otro lado, la frecuencia estará dentro del rango de 300 Hz a 1 500 Hz y cumplir con los requerimientos para instalación certificada de acuerdo con la clasificación de área donde serán instaladas.

Las alarmas audibles estarán localizadas en la parte superior o a un lado de las alarmas visibles (semáforo), en un herraje de montaje rígidamente fijado al poste o apoyo permitiendo variar la orientación de la bocina 180 grados en campo.

Con el fin de notificar la mayor área posible ante un riesgo, las alarmas audibles formadas por bocinas amplificadoras (altoparlantes) se instalarán en puntos estratégicos, donde el eje de orientación para la propagación del sonido no se vea obstruido por algún equipo, el montaje de la alarma audible debe contar con un herraje que permita la orientación de la bocina en 180° en campo, la elevación de la bocina con respecto al nivel de piso terminado es de 2.80 metros al centro de la bocina.

Cabe mencionar que algunas de las alarmas audibles instaladas forman parte de un semáforo conformado por: Alarmas visibles y Estaciones manuales.

Las alarmas Audibles que forman parte de un semáforo, están ubicadas cada 53 metros entre alarmas. Los sitios donde se presentaran estas alarmas son:

- Área de almacenamiento.
- Área de descargaderas.
- Área de llenaderas.
- Casa de bombas.
- Unidad recuperadora de vapores.
- Fosa API
- Patín de medición y trampa de diablos.
- Área de oficina.
- Cuarto de control.
- Subestación eléctrica.

Generador de tonos

Las alarmas audibles cuentan con un generador de tonos para producir los tonos/mensajes pregrabados.

El generador producirá los tonos/mensajes previamente grabados en idioma español que serán reproducidas mediante las alarmas audibles distribuidas estratégicamente en las áreas de proceso y fuera de los cuartos de baterías.

Los tonos o mensajes de voz serán grabados en forma digital y almacenados en circuitos de memoria no volátil, cada generador contará con capacidad de hasta seis circuitos de memoria con capacidad de almacenar tonos o mensajes de hasta 30 segundos de duración, cada uno.

Los tonos/mensajes serán reproducidos en forma intercalada (tres rondas completas del número transmitido, y cada ronda consistirá en no menos de tres impulsos, por una vez el mensaje programado en tiempo de duración) hasta que la señal discreta enviada al Generador de tonos del Sistema de Gas y Fuego regrese a su estado normal (contactos normalmente abiertos), esto es cuando el sistema sea restablecido.

El tono/mensaje a reproducir depende del dispositivo de inicio activado, en caso de darse dos o más eventos diferentes de manera simultánea, sólo se producirá el tono y mensaje de mayor prioridad. El circuito de control por cada Generador de tonos tendrá capacidad de manejar un esquema de prioridades en la reproducción de los tonos y mensajes, esto es, si un tono está siendo reproducido cuando se active un tono o mensaje de mayor prioridad, este último desplaza la reproducción del primero de menor prioridad. Los tonos que serán pregrabados en el generador de tonos se muestran en la Tabla 1.20

Tabla 1.20. Tipos de tonos de las alarmas audibles.

Prioridad	Riesgo/Mensaje	Tono	Audio/Frecuencia	Modulación
Primera	Abandono de Instalación	Sirena extremadamente rápida	560 a 1055 Hz	6 ciclos/s
Segunda	Alta concentración de gas tóxico	Sirena lenta temporal	BAJO 424 Hz ALTO 77 Hz	15 ciclos/minuto
Tercera	Fuego	Sirena rápida	560 a 1055 Hz	3.3 ciclos/s
Cuarta	Alta concentración de gas combustible	Corneta continua	470 Hz	Continuo
Quinta	Prueba/simulacro	Corneta intermitente lenta	470 Hz	50 ciclos/s

Alarmas Visibles

Las alarmas visibles en campo sirven para alertar al personal el tipo de riesgo existente en el área, serán dispuestas en arreglo tipo semáforo vertical o colgante horizontal de 5 luces. Todas las alarmas serán operadas por señales provenientes del Sistema de Gas y Fuego (SDGF) e indicarán el tipo de riesgo de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 1.21. Gama de colores para alarmas visuales.

Color	Tipo	Leyenda
Verde	Continuo	Condición normal
Rojo	Intermitente	Fuego
Ámbar	Intermitente	Alta concentración de gas combustible
Azul	Intermitente	Alta concentración de gas tóxico
Transparente o claro	Intermitente	Abandono de instalación

La luz destellante de la alarma será vista a una distancia de 50 metros con un oscurecimiento producido por la combustión de cualquier tipo de hidrocarburo, considerando el montaje de las alarmas en un arreglo tipo semáforo.

Las alarmas visibles tipo semáforo serán colocadas de forma estratégica donde sean visibles rápida y oportunamente por el personal. Cada luz contará con una placa de identificación con la leyenda indicada, fabricada en aluminio, acero inoxidable o plástico laminado que deberá ser sujeta de forma permanente.

Para su instalación en el plano vertical la altura mínima será de 2.03 m y de 2.44 m como máximo tomando como base el nivel de piso terminado. Cuando por las bajas alturas de los techos no se pueda cumplir con la altura mínima de 2.03 m, las luces se instalarán a 150 mm debajo del techo.

Podrán estar activadas una o más alarmas visibles a la vez, excepto la verde, que solo permanecerá activa si y solo si no existe algún evento de alarma.

Las alarmas visibles (estroboscópicas) que indiquen condición de alarma serán del tipo destellante/intermitente, con una velocidad de intermitencia de máximo de 120 destellos por minuto (2 Hz) y mínimo de 60 destellos por minuto (1 Hz), con una intensidad luminosa efectiva de 700 cd a 1 000 cd de intensidad efectiva.

Los sitios donde se presentaran las alarmas visibles son los siguientes:

- Área de almacenamiento.
- Área de descargaderas.
- Área de llenaderas.
- Casa de bombas.
- Unidad recuperadora de vapores.
- Fosa API
- Patín de medición y trampa de diablos.
- Área de oficina.
- Cuarto de control.
- Subestación eléctrica.

Infraestructura

Tubería Conduit.

La distribución de cableado del sistema de Gas y fuego en el proyecto se realizará por medio de tubo conduit, charola o ductos encofrados y cumplirá con los requerimientos del área clasificada donde se instalen. Cumplirá con la NOM-001-SEDE-2012 "Instalaciones Eléctricas (Utilización)"

El conduit utilizado para áreas generales será de tubo conduit metálico (RMC) de acero galvanizado libre de cobre, cédula 40, en tramos de 3.05 metros. De longitud, con un cople extremo. Pared gruesa para uso rudo con superficie interna lisa y específicamente manufacturado para instalaciones eléctricas. El máximo relleno del tubo

conduit será del 40 %. El número de conductores en un conduit depende del tamaño de los conductores. Los empalmes entre conductores no están permitidos, las conexiones de los cables se harán desde una terminal a otra. Las cajas unión son permitidas.

El diámetro mínimo del conduit que se usará, es de 3/4" en trayectorias aéreas. Se evitará el cruce de trayectorias de control con aquellas de alimentación. Los cambios de dirección se harán con los accesorios adecuados.

Los tubos conduit seguirán trayectorias paralelas o en ángulos rectos con paredes, columnas, vigas, puentes de tubería, etc., siempre que sea posible. Los tubos conduit que corran paralelos formando grupos serán soportados a cada 2.5 m. En ningún caso se permite que los tubos conduit se soporten de tuberías y equipos de proceso, ni expuesta a altas temperaturas de los equipos y tuberías de proceso.

Para la acometida a tableros, panel de control o cajas de conexiones cada conduit estará perfectamente fijado en estos dispositivos por medio de conectores MYER. Este ajuste no permitirá movimientos o filtraciones de polvo o agua.

La tubería conduit para el sistema de Gas y Fuego es independiente a otros Sistemas de Control.

Se suministrará tuberías conduit y cajas de conexión separadas para los siguientes servicios de control:

- Circuitos de línea de señales SLC.
- Señales de Audio.
- Circuitos de potencia limitada.
- Circuitos de potencia no limitada.

Charola.

En interiores se podrá usar charola tipo escalera y serán fabricados de aluminio libre de cobre. El sistema de soportes tipo charola para conductores, el ancho de charolas y tipo de conductores cumplirán con los requerimientos del artículo 392 de la NOM-001-SEDE-2012. La trayectoria de los soportes tipo charola para conductores contará con un 20 por ciento de espacio disponible a lo largo de su trayectoria.

No se permite que los soportes tipo charola para conductores se sujeten de tuberías o equipos de Proceso.

Ductos encofrados.

La Distribución Eléctrica Subterránea se realizará por medio de tuberías conduit de PVC tipo pesado agrupadas en bancos de ductos, que lleguen a registros eléctricos convenientemente ubicados para facilitar la introducción de conductores eléctricos en cambios de dirección, así como en tramos rectos de mayor longitud. Los registros eléctricos subterráneos tendrán accesorios para soportar y ordenar el cableado dentro de ellos.

Los tamaños nominales (diámetros) normales a utilizar de tubería conduit serán de 27 a 103 mm (1 a 4"). El espaciamiento entre tuberías en banco de ductos subterráneos se indica NOM-001-SEDE-2012. Entre registros del sistema de gas y fuego existirá una pendiente para drenaje de acumulación de líquidos. Los registros estarán identificados como registros de entrada mano o registros de entrada hombre.

Cable de Instrumentos.

Los conductores para señalización y control serán de acuerdo con la recomendación del fabricante y con la NFPA 72 Ed. 2019.

1.1.7.4 Sistema de detección en edificios.

Los dispositivos del sistema de detección y alarma en edificios cumplirán con la norma NFPA 72 Ed. 2019. El sistema de detección de humo y alarma constituido principalmente por los siguientes elementos y dispositivos:

- Detectores de humo.
- Detectores de temperatura.
- Estaciones manuales de alarma.
- Dispositivos de notificación audible y visible.

Los detectores de humo serán del tipo fotoeléctrico e inteligentes para ser direccionados al Tablero de Control del Sistema de Detección y Alarmas.

Se colocarán estaciones manuales de alarma para que el personal que se encuentre en el área pueda dar aviso del evento de fuego y se activen las alarmas visibles y audibles.

Como dispositivos de notificación, se tienen alarmas visibles color rojo y alarmas audibles que reproducirán el tono de "fuego" en caso de activación de uno o más detectores de humo; así como con la activación de las estaciones manuales de alarma.

Todos los dispositivos estarán diseñados y certificados para cumplir con los requerimientos de la instalación de acuerdo con la clasificación de área donde serán instalados.

Detector de Humo

Los detectores de humo operarán bajo el principio de operación iónico y fotoeléctrico. Cumplirán con los requisitos especificados en la NFPA 72 Ed. 2019. La distancia entre detectores no deberá exceder 9 m (espaciamiento recomendado por la NFPA 72 Ed. 2019 con una velocidad del viento menor a 1.524 m/s), y se ubicará ubicarse dentro de una distancia de un medio del espaciamiento, medida en ángulo recto, desde todas las paredes o particiones que se extiendan hasta 18 pulgadas (460 mm) del techo hacia abajo.

Detector de temperatura

Los detectores de temperatura será tipo lápiz, apto para clasificación 1, División 1 Grupo B. Serán instalados en cuarto de residuos peligrosos y cocina. El detector se conectará al Tablero de seguridad del sistema de supresión de incendios. Será listado y/o aprobado por UL/FM y tener envolvente NEMA 4x.

Estaciones manuales de alarma

Las características se indican en la sección 5.5 de la Memoria Técnico Descriptiva General del Proyecto.

Alarma Audio-visible

La alarma audio-visible (bocina/estroboscopio) consisten en un dispositivo eléctrico, que genera una advertencia audible y visible, un evento que pone en peligro el personal y / o instalación, permitiendo que los ocupantes del edificio conocer el estado debido a una situación de emergencia.

La alarma audio-visible tiene una bocina con luz estroboscópica seleccionable estroboscópica intensidad 15, 30, 75 o 110 Intensidad cd seleccionable, sirena de alta o baja dB, sirena máxima intensidad de 99 dB. El dispositivo estará situado cada 200 m2 mínimo.

1.1.7.5 Sistema de supresión de incendios en edificios

Para la supresión de incendios en este sistema existen dos tipos de agentes que pueden ser utilizados: Agente limpio o Gas CO₂. En la Tabla 1.22 se identifican datos acerca de algunas áreas de la planta y el tipo de supresión que se instalaría en ellas.

Tabla 1.22. Agentes a utilizar por área

Área	Área	Equipos	Clase de Fuego	Supresión	Tipo de agente	Concepto
Edificio Administrativo	Cuarto eléctrico	Eléctrico y/o electrónico	C	A base de agente limpio	Heptafluoropropano tipo paquete	Inundación total
	Cuarto de Telecomunicaciones e Instrumentos					
	Cuarto de control					
Terminal de almacenamiento	Subestación eléctrica	Eléctrico	C	A base de Gas CO ₂	Bióxido de carbono tipo paquete	Inundación total

En las áreas abiertas no se considera que requieran compensación de agente limpio debido a que las compuertas en los ductos de HVAC serán cerradas y también se apagarán los equipos; volviendo a los cuartos herméticos cuando se descargue dicho agente.

El diseño de la supresión por agente limpio cumplirá con los requerimientos de la NFPA 2001 Ed. 2018. Mientras que la de Gas CO₂ cumplirá con los de la NFPA 12 Ed. 2018.

En cada área dónde se instalen estos sistemas se tendrán por lo menos dos equipos de respiración autónoma ubicados cerca del acceso al recinto y por lo menos uno dentro del recinto. Estos equipos cumplirán con la NFPA 1981 Ed. 2019.

1.1.7.6 Equipo de extinción de fuego (extintores)

El agente de extinción se considera de acuerdo con el tipo de fuego y clasificación de riesgo, la Tabla 1.23 muestra la clasificación de los fuegos y su descripción.

Tabla 1.23. Clasificación de fuegos

Clase de fuego	Descripción
Clase A	Son los fuegos en materiales combustibles comunes como maderas, tela, papel, caucho y muchos plásticos.
Clase B	Son los fuegos de líquidos inflamables y combustibles. Grasas de petróleo, alquitrán, bases de aceite para pinturas, solventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.
Clase C.	Son los fuegos que ocasionan incendios por sitios que involucran equipos eléctricos energizados.

Para los equipos de extinción de fuego la Terminal de almacenamiento contará con extintores (equipo portátil contra incendio), considerando los siguientes agentes:

- A base de polvo químico seco tipo ABC.
- A base de bióxido de carbono tipo BC.

Las letras en el tipo de agente indican el fuego que pueden apagar según la clasificación de la Tabla 1.23. Además, los extintores cumplirán con todos los requisitos establecidos en la NOM-002-STPS-2010 y en el NFPA 10 Ed. 2018.

1.1.7.7 Regaderas y lavajojos

Las regaderas de emergencia y estaciones de lavajojos cumplen con la función de limpiar y quitar el líquido del cuerpo de los operadores en caso de que alguno(s) haya(n) resultado salpicado(s) en las actividades de muestreo o purgado de líneas. Estos equipos se instalarán en áreas donde el personal tiene que manejar sustancias que son perjudiciales para la piel o los ojos al entrar en contacto, a su vez se localizarán donde el tiempo máximo de recorrido sea de 10 segundos. Además, la trayectoria de desplazamiento a las regaderas debe estar libre de obstrucciones que pueden impedir su uso inmediato.

Los equipos se abastecerán de agua potable y cumplirán con los requisitos del ANSI Z358.1_2014 y la NOM-005-STPS. En la Tabla 1.24 vienen los cuales requeridos para cada equipo.

Tabla 1.24. Caudales de los equipos de emergencia.

Equipo	Caudal	
Regaderas de emergencia	114 l/min (30 gpm) – General	76 l/min (20 gpm)
Estaciones de lavajojos	1.5 l/min (0.4 gpm)	

1.1.7.8 Conos de viento

Se tendrán conos de viento instalados en la parte o equipo más elevados de la Terminal, su función será indicar la dirección del viento al personal y así poder ubicarse en caso de que se presente un derrame o fuga de hidrocarburo.

1.1.7.9 Rutas de evacuación y letreros de seguridad

Las salidas normales y de emergencia cumplirán con los requisitos del apartado 9 de la NOM-002STPS-2000, donde se indica lo siguiente:

- La distancia a recorrer desde el punto más alejado del interior de una edificación a un área de salida no debe ser mayor a 40 m.
- En caso de que la distancia sea mayor a la indicada en el apartado anterior, el tiempo máximo en que debe evacuar el personal a un lugar seguro es de tres minutos.
- Las puertas de las salidas normales de la ruta de evacuación y de las salidas de emergencia deberán:
 - a) Abrirse en el sentido de la salida y contar con un mecanismo que las cierre y otro que permita abrirlas desde adentro mediante una operación simple de empuje.
 - b) Estar libres de obstáculos, candados, picaportes o de cerraduras con seguros puestos durante las horas laborales.
 - c) Comunicar a un descanso, en caso de acceder a una escalera.
 - d) Ser de materiales resistentes al fuego y capaces de impedir el paso del humo entre áreas de trabajo.
 - e) Estar identificadas de acuerdo con la NOM-026-STPS-2008.

Los pasillos, corredores, rampas y escaleras que sean parte del área de salida deben:

- Ser de materiales ignífugos, y si tienen acabados, éstos serán de materiales resistentes al fuego.
- Estar libres de obstáculos que impidan el tránsito de los trabajadores.

Las rutas de evacuación y salidas de emergencias se identificarán con señales visibles para indicar la dirección a seguir, de acuerdo a la NOM-026-STPS-2008.

Los letreros de seguridad son señales de seguridad e higiene que cumplen con los requisitos de la NOM-026-STPS-2008 y que se encuentran instaladas en la planta.

Estas señales se clasifican en señales de: prohibición, advertencia o precaución, obligación e información, y deberán:

- Captar la atención de usuarios y visitantes.
- Conducir a una sola interpretación.
- Ser claras para facilitar su comprensión e interpretación.
- Informar claramente sobre la acción específica a seguir.
- Representar acciones y situaciones que puedan ser reconocidas fácilmente.
- Estar libres de todo tipo de propaganda, logotipo o mensajes ajenos al contenido de imagen establecidos en la norma NOM-026-STPS-2008.

1.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

1.2.1 Generalidades

El proyecto de la Terminal de Almacenamiento Valle de México contempla tres actividades, la recepción, almacenamiento y distribución de petrolíferos (Gasolina Regular, Gasolina Premium, Diésel y Turbosina), los cuales serán enviados a gasolineras, clientes industriales, distribuidores, entre otros, dentro de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y el resto del país.

El predio se ubica en el municipio de Axapusco, Estado de México, y ocupa una superficie de 257,231.8 m² propiedad de Monterra Energy. Se tiene programado el almacenamiento de 900,000 Bbl en tanques de productos refinados y 165,000 Bbl en tanques de productos auxiliares, con una recepción a través de autotanques.

Se instalarán 2 tanques para almacenamiento de Gasolina Regular destinados a la Zona Metropolitana (ZM), 1 tanque para Gasolina Regular/Premium para el Resto del País (RP), 1 tanque para Gasolina Premium ZM/RP. Así mismo se instalará un 1 tanque para Turbosina/Diésel, 1 tanque para Diésel, 1 tanque para Diésel y Gasolina Regular, 2 tanques para Transmix de Diésel y Gasolinas, 1 tanque para MTBE y 1 tanque para Etanol, estos dos últimos productos, servirán para la oxigenación de los combustibles.

1.2.2 Descripción por proceso

1.2.2.1 Descarga de productos

La recepción de los petrolíferos se realizará por medio de autotanques, para ello, se contará con 9 islas de descarga para uso exclusivo de autotanques de doble semirremolque, ambos remolques contendrán el mismo fluido y cada isla será capaz de recibir dos productos (no simultáneamente). La distribución de productos en islas se realizará de acuerdo a lo mencionado en la Tabla 1.25.

Tabla 1.25. Distribución de productos en las islas.

Islas	Flujo de descarga GPM (nota 1)	No. de brazos ¹							
		Diésel	Gasolina Regular (ZM)	Gasolina Premium (ZM)	Gasolina Regular (RP)	Gasolina Premium (RP)	Turbosina	MTBE	Etanol
Isla 1	600	2	2	-	-	-	-	-	-
Isla 2	600	-	-	2	-	-	-	2	-
Isla 3	600	2	-	-	-	2	-	-	-
Isla 4	600	2	-	-	-	-	2	-	-
Isla 5	600	2	2	-	-	-	-	-	-
Isla 6	600	-	2	-	-	2	-	-	-
Isla 7	600	-	2	-	-	-	-	-	2
Isla 8	600	-	-	2	2	-	-	-	-
Isla 9	600	-	2	-	2	-	-	-	-
Total		8	10	4	4	4	2	2	2

¹Cada brazo descargará 300 GPM (flujo por confirmar durante la ingeniería a detalle).

Cada isla estará operando las 24 horas recibiendo los autotanques. Cada autotanque de doble remolque tendrá una capacidad de 415,094 Bbl equivalentes a 60,000 L; cada uno con un flujo de descarga de 300 GPM. El tiempo de descarga será de 36.43 minutos, más 20 minutos de tiempo muerto (tiempo de posicionamiento, aseguramiento, conexión, arranque y desconexión para remolques de 30,000 L), lo que conlleva un total de 56.43 minutos; en este sentido podrán descargar 1.06 auto tanques por hora por cada isla, lo que conlleva un total de 25.44 descargas por día, equivalentes a 9,630.62 Bbl o 1, 531,268.9 L descargados al día. Cada isla presenta un factor de ocupación de 0.7.

Las 9 islas en conjunto tendrán la capacidad de descargar 86,675.58 Bbl en 24 horas. Cabe señalar que el volumen de descarga requerido por la instalación es de 60,000 Bbl, por lo que el factor de ocupación (cociente entre el volumen requerido y el total de islas) es de 0.6922.

En las 9 islas de descarga, el procedimiento iniciará descargando los remolques de forma independiente, para ello se contará con 4 sistemas de bombeo (dos por fluido), los sistemas se apegarán a lo establecido en la NOM-006-ASEA-2017. Cada brazo de descarga se conectará a la parte inferior del autotanque a través de una conexión rápida para manguera de 4", el brazo de descarga será direccionado a través de una conexión bridada con válvula de globo y con un indicador local de presión (PG) hacia una bomba centrífuga horizontal, que a su vez contará con un interruptor de proceso anormal de flujo (primer estado) (SL) y un PG. La bomba centrífuga contará con selector donde se colectarán los drenajes aceitosos provenientes de las copas de recolección cerradas y abiertas, y se conducirán a través de una tubería enterrada hasta el tanque de recolección de hidrocarburos correspondiente, de donde serán enviados a la fosa API. La bomba centrífuga contará con un interlock de seguridad para arranque y paro.

El producto proveniente de las bombas centrífugas será direccionado hacia un filtro tipo canasta que contará con un diferencial de presión (PDIT), posteriormente, será direccionado a un tanque eliminador de aire de tres niveles, con los que se enviará a arranque y paro de la bomba principal y secundaria (a: arranque de bomba principal; b: paro de bomba principal y arranque de bomba secundaria; c: paro de bomba secundaria), que contará con un interruptor de proceso anormal de nivel (LS) y un solenoide.

El fluido proveniente del tanque eliminador de aire será direccionado hacia el sistema de medición dividido en dos ramales, el primero se conducirá a través de una válvula check, el fluido será monitoreado por dos elementos primarios de temperatura (TE); por otra parte, el segundo ramal se direccionará hacia una bomba de desplazamiento positivo (P-C,D), que se utilizará para el vaciado del sistema, a su salida, pasará a través de un indicador local de presión (PG) y dos válvulas de 1" (check y de compuerta), ambos ramales confluyen hacia un indicador de densidad (DIT) y presión (PIT) y llegan hacia un medidor de flujo tipo Coriolis, que cuenta a la vez con un indicador de flujo (FIT) y un elemento primario flujo (FE). Es importante señalar que el sistema de medición será de Transferencia de Custodia de Arrendamiento Automática (LACT).

Una vez fuera del medidor Coriolis, el fluido circulará a través de una válvula de bola de 4", después se dividirá en dos ramales, el primero circulará hacia una válvula de bola de 4" operada por un solenoide que contará con un actuador electro hidráulico que a su vez estará conectado a dos válvulas solenoides reveladores y un convertidor; el segundo conducirá a través de una válvula de compuerta abierta con candado (AC) Full Bore y después por una válvula check de 1" de expansión térmica y finalmente hacia una válvula de compuerta abierta con candado (AC) Full Bore. Ambos ramales confluirán hacia una válvula de compuerta de 4" que direccionará el producto hacia los cabezales de distribución.

En lo que respecta la Turbosina, se contará con un sistema de filtración micrónico y coalescente (U-201), previo al almacenamiento de productos, el sistema tendrá un flujo de 600 GPM y será direccionado a través de una válvula de compuerta de 6", desde este punto, la turbosina estará monitoreada a partir de un indicador local de presión diferencial; posteriormente, el fluido será dirigido a través de dos ramales, ambos circularán a través de un filtro micrónico, en este punto se contará con una válvula de expansión térmica (TSV) y posteriormente el fluido será direccionado hacia un filtro coalescente que también contará con una válvula de expansión térmica (TSV), este último paso contará con una válvula tipo sluge, que se cerrará en caso de alto nivel de agua en el filtro. Finalmente, ambos ramales confluirán en una válvula de compuerta de 6" que lleva hacia los cabezales de distribución.

Todas las señales provenientes de los detectores e indicadores desplegarán las señales en el Sistema de Control de Procesos (SCP), conectado a través de una Unidad de Control Local (UCL), implementado con una señal de paro por detector de tierra física (XS) y un botón de arranque y/o paro. Las claves de identificación y características de instrumentación de las islas de descarga tales como brazos, bombas y filtros, son descritos en el apartado 1.1.6.3 Brazos y bombas de descarga y llenado de autotanques, específicamente en la Tabla 1.14.

El DTI de cada isla de descarga y el filtro micrónico puede consultarse en el ANEXO 3. El DFP de las islas de descarga se encuentra en el ANEXO 4 con clave de identificación 681431-VM-PR-DFP-001_0

1.2.2.2 Almacenamiento de productos

Después de atravesar el proceso de las islas de descarga, los productos serán direccionados a los cabezales de distribución, durante el trayecto de los fluidos serán monitoreados a través de un indicador de presión y temperatura, posteriormente serán distribuidos hacia los tanques de almacenamiento, durante este proceso, los productos atravesarán válvulas de globo tipo MOV, instaladas fuera del dique del tanque, estas válvulas se accionarán automáticamente por el LSHH del tanque correspondiente, o cerrarán por el sistema de paro de emergencia (SPE); al mismo tiempo, el fluido atravesará una válvula de expansión térmica TSV.

Como se mencionó, el área de distribución de productos contará con un sistema de trasvase, que estará conectado a partir de mangueras flexibles a las tuberías de cada producto proveniente de las islas de descarga. Este sistema contará con una bomba de diafragma neumática portátil para trasvase entre tuberías, el aire para su accionamiento se tomará de la estación de servicio más cercana.

Todos los tanques de almacenamiento contarán con dique de contención diseñado de acuerdo a la NOM-006-ASEA-2017, los fluidos ingresarán a través de una válvula de compuerta y se contará con una válvula de expansión térmica (TSV), dentro de los tanques se contará con un distribuidor (velocidad de llenado ≤ 1 m/s). Los tanques contarán con interruptores por niveles críticos (LSHH y LSLL), un indicador local de nivel (LG), un arrestador de flama, una válvula de seguridad por presión (PSV), un elemento primario de temperatura (TE), un indicador de presión (PIT) y un transmisor de nivel.

Además de los elementos señalados en párrafos anteriores, el tanque de turbosina contará con tres puntos de muestreo del fluido del tanque, además estará acoplado a un sistema separador ciclónico (U-203) de los fondos del tanque, contará con un punto de toma de muestra, un contenedor de muestreo, venteo y un indicador de presión, el aire para el accionamiento de la bomba del separador se tomará de la estación de servicio más cercana; el diseño de este sistema se definirá en la ingeniería a detalle.

Tanto los indicadores de nivel, como el elemento de temperatura e indicador de presión estarán conectados al interlock a paro de bombas (SPE) y en caso de condiciones anormales se accionarán las alarmas audibles y visibles de área de almacenamiento. Cada tanque contará con boquillas para sistema de espuma superficial y para toma de muestra y medición manual de nivel.

Todos los tanques y diques podrán ser drenados, el fluido a ser drenado pasará por una válvula de bola de auto-retorno de hombre muerto y por un indicador de flujo (excepto en diques), los drenajes aceitosos se colectarán en copas de recolección abiertas y cerradas, esta última se direccionará hacia su tanque de recolección correspondiente y posteriormente a la fosa API, en el caso de las copas de recolección abiertas, los drenajes contarán con un punto de toma de muestra y posteriormente serán conducidos directamente a la fosa API.

La salida de los fluidos de los tanques de almacenamiento estará controlada a partir de una válvula MOV con motor eléctrico y una válvula de expansión térmica, posteriormente, el fluido se enviará a distribución a llenaderas.

Los DTI de los tanques y de la recepción y distribución de productos a tanques de almacenamiento se encuentran en el ANEXO 3. Los DFP de los tanques de almacenamiento se pueden consultar en el ANEXO 4 con clave 681431-VM-DFP-002_0 (tanques de productos refinados) y 681431-VM-DFP-003_0 (tanques de auxiliares).

1.2.2.3 Carga de productos

Los productos provenientes de los tanques de almacenamiento se enviarán a las 9 islas de llenado (área de llenaderas), esta actividad será exclusiva para autotanques de un solo remolque y se realizará con la ayuda de un brazo de carga sencillo y un sistema de bombeo individual por producto. Las islas tendrán la capacidad de cargar diferentes productos, de acuerdo a la Tabla 1.26.

Tabla 1.26. Distribución de productos en llenaderas.

Islas de llenado	Flujo por brazo de llenado GPM	No. de brazos					
		Diésel	Gasolina Regular (ZM)	Gasolina Premium (ZM)	Gasolina Regular (RP)	Gasolina Premium (RP)	Turbosina
Isla 1	500	1	1	1	-	-	1
Isla 2	500	-	1	-	1	-	-
Isla 3	500	-	1	1	-	1	-
Isla 4	500	-	1	-	-	1	-
Isla 5	500	-	-	1	1	-	-
Isla 6	500	1	1	-	-	-	-
Isla 7	500	1	-	1	-	-	1
Isla 8	500	1	1	-	-	-	-
Isla 9	400	1	1	-	-	-	-
Total		5	7	4	2	2	2

Cada isla estará operando las 24 horas recibiendo los autotanques. Cada autotanque tendrá una capacidad de 188.68 Bbl equivalentes a 30,000 L; cada uno con un flujo de descarga de 500 GPM. El tiempo de descarga será de 15.86 minutos, más 16 minutos de tiempo muerto (tiempo de posicionamiento, aseguramiento, conexión, arranque y desconexión para remolques de 30,000 L), lo que conlleva un total de 31.86 minutos; en este sentido podrán descargar 1.88 autotanques por hora por cada isla, lo que conlleva un total de 45.2 descargas por día, equivalentes a 8,529.35 Bbl o 1,356,166.65 L descargados al día.

Las 9 islas en conjunto tendrán la capacidad de descargar 76,764.15 Bbl en 24 horas. Cabe señalar que el volumen de descarga requerido por la instalación es de 60,000 Bbl, por lo que el factor de ocupación (cociente entre el volumen requerido y el total de islas) es de 0.7816.

Los fluidos provenientes de los tanques de almacenamiento, tanto productos refinados como auxiliares serán direccionados hacia un sistema de bombas y filtros, mediante una bomba de relevo para cada tipo de producto. Las bombas y filtros se distribuirán de la siguiente manera:

- 6 bombas para diésel
- 8 bombas para Gasolina Regular ZM
- 5 bombas y 5 filtros para Gasolina Premium ZM
- 3 bombas para Gasolina Regular RP
- 3 bombas para Gasolina Premium RP
- 3 bombas para Turbosina.

Todos los productos circularán a través de un filtro tipo canasta de 500 GPM, que contará con una válvula de seguridad y un diferencial de presión. A la salida del filtro se contará con dos indicadores de presión hasta llegar a la bomba centrífuga horizontal cuya operación se realizará de manera automática controlada por el SCP de las islas de llenado a través del sistema de control de la terminal. Tanto el arranque como el paro de la bomba se llevarán a cabo de manera automática y manual. El paro se activará automáticamente en caso de un sobre nivel en el autotanque.

Para el llenado, los brazos se conectarán al cabezal de distribución de cada producto, el arranque de bomba y la apertura de válvulas se realizarán de manera automática con la finalidad de minimizar riesgos. En el caso de los tanques de Transmix, después del paso a través de la bomba y el filtro, cada uno será direccionado a un tanque de almacenamiento, ya sea Diésel o Gasolina.

Las bombas y filtros involucrados en este proceso se encuentran descritos en el apartado “1.1.6.3 Brazos y bombas de descarga y llenado de autotanques”, en la “Tabla 1.15. Bombas y brazos para llenado de autotanques”. Cabe señalar que cada bomba contará con un variador de frecuencia, integrada a un sistema de recirculación por flujo mínimo, así como un arrancador (suave), y un selector automático/manual para los arrancadores, ubicados en el centro de control de motores el cual estará conectado al sistema de control.

En el caso de la Turbosina, a la salida de los filtros y bombas, se contará con un Sistema de Filtración Micrónico y Coalescente (U-202), el sistema tendrá un flujo de 600 GPM, y será direccionado a través de una válvula de compuerta de 6”, desde este punto, la turbosina estará monitoreada a partir de un indicador local de presión diferencial; posteriormente, el fluido será dirigido a través de dos ramales, ambos circularán a través de un filtro micrónico, en este punto se contará con una válvula de expansión térmica (TSV) y posteriormente el fluido será enviado hacia un filtro coalescente, este último paso contará con una válvula tipo Sluge, que se cerrará en caso de alto nivel de agua en el filtro. Finalmente, ambos ramales confluirán en una válvula de compuerta de 6” que conduce a las islas de llenado.

Las tuberías que conducen a las llenaderas tendrán un sistema de trasvase entre tuberías, aquellas que conduzcan Gasolina Regular estarán implementadas con una bomba de diafragma neumática (portátil), el resto de las tuberías contará con un arreglo de válvulas tipo bola BD&B (Double Block and Bleed); para ello se contarán con dos bombas de trasvase (P-901 y P-902) y dos filtros de canasta (F-901 y F-902).

Al arribo de los productos a las islas de llenado, estos pasarán a través de un filtro de canasta para después iniciar con la inyección de oxigenantes (exclusivo Gasolinas), posteriormente se presenta el elemento de control de inyección de tintes tipo “Fusión4 Minipak”, donde se adicionarán los fluidos provenientes del paquete de tintes. El fluido continuará su recorrido hasta llegar al brazo de llenado; el ramal de tuberías de conducción contará con un patín de medición tipo LACT, que contará con detectores de temperatura, presión, densidad, flujo, así como con un actuador electro-hidráulico.

Cada isla de descarga contará con un brazo de llenado por producto y cada uno contará con una conexión a tierra física. La carga del autotanque se realizará por el lado derecho, visto desde la parte trasera, donde también se realizará el acoplamiento para la recuperación de vapores a través de una manguera flexible con válvula de globo de 4” que contará con un arrestador de flama.

1.2.2.4 Materias primas, productos, subproductos y residuos manejados en el proceso

Los productos manejados en las actividades de la Terminal serán los siguientes:

- Diésel.
- Gasolina Regular.
- Gasolina Premium.
- Turbosina.
- Etanol.
- MTBE (Éter metil terbutílico).

En la Tabla 1.27 se presentan las características de cada sustancia.

Tabla 1.27. Características de los productos almacenados en la terminal (NOM-016-CRE-2016).

Parámetro	Unidad	Diésel	Gasolina Regular		Gasolina Premium		Turbosina	Etanol	MTBE
			ZM	RP	ZM	RP			
Densidad	Kg/m ³	870	700-870		700-870		772-840	790	740
Viscosidad	cP	1.9-4.1	0.4-0.5		0.4-0.5		1.26	1.2	<1
Presión de Vapor	Kg/cm ² abs	0.004	0.5485	0.5485	0.5485	0.5485	0.027	0.0679	0.336

1.2.3 Hojas de Seguridad

En el ANEXO 5 se presentan las hojas de seguridad correspondientes a las sustancias involucradas en el proceso de la Terminal de Almacenamiento.

1.2.4 Almacenamiento

En la Fase I, la planta tendrá una capacidad nominal de 900,000 Bbl en tanques de productos refinados y 165,000 Bbls en tanques de productos auxiliares; en esta etapa se utilizará una superficie de 113,928.66 m².

Debido a que la fase II del proyecto actualmente se encuentra en etapa conceptual y no se cuenta con ingeniería básica extendida, el presente estudio está enfocado únicamente al análisis de la fase I del proyecto.

1.2.4.1 Tanques para productos refinados

Se contará con un total de 7 tanques para almacenamiento de productos refinados (capacidad total nominal: 900,000 Bbl) distribuidos de la siguiente manera:

- 2 tanques de Gasolina Regular ZM (Zona Metropolitana Cd. México) con capacidad nominal de 150,000 Bbl.
- 1 tanque de Gasolina Regular/Premium RP (Resto del País) con capacidad nominal de 120,000 Bbl.
- 1 tanque de Gasolina Premium RP/ZM con capacidad nominal de 120,000 Bbl.
- 1 tanque de Diésel/regular ZM con capacidad nominal de 120,000 Bbl.
- 1 tanque de Diésel con capacidad nominal de 120,000 Bbl.
- 1 tanque de Turbosina/Diésel con capacidad nominal de 120,000 Bbl.

El material de los tanques será A36 (API 650), serán tanques verticales, con domo geodésico y fondo cónico, con ventilación circunferencial y membrana flotante. La corrosión mínima para cero al carbono será de 1/16" (1.5 mm) únicamente por el fondo de los tanques.

Las características de los tanques de almacenamiento de productos refinados se enlistan en la Tabla 1.28. Todos los tanques son atmosféricos (25°C y 0.761 kg/cm²), de operación continua y fueron diseñados bajo las especificaciones del API 650. La localización de los tanques se encuentra en el Plano General del Proyecto (ANEXO 1).

Tabla 1.28. Características de operación de los tanques de productos refinados.

Parámetro	Gasolina Regular ZM	Gasolina Regular/Premium RP	Gasolina Premium ZM/RP	Diésel	Diésel/Turbosina
Clave del tanque	TV-201 y TV-202	TV-203	TV-204	TV-101 y TV-102	TV-103
Cantidad requerida (piezas)	2	1	1	2	1
DPI	681431-VM-PR-DTI-020A_0	681431-VM-PR-DTI-020B_0	681431-VM-PR-DTI-020B_0	681431-VM-PR-DTI-019A_0	681431-VM-PR-DTI-019B_0
Capacidad nominal/volumétrica (Bbl)	150,000/151,089	120,000/120,556	120,000/120,556	120,000/120,556	120,000/120,556
Capacidad de trabajo (Bbl)	121,474	97,138	97,020	TV-101: 96,843 TV-102: 104,562	104,562
Diámetro	45.72	40.84	40.84	40.84	40.84
Altura	18.29	18.29	18.29	14.63	14.63
Flujo de entrada/salida (Bbl/GPM)	Entrada: 4,286/3,000 Salida: 4,286/3,000	Entrada: 1,714/1,200 Salida: 1,714/1,200	Entrada: 1,714/1,200 Salida: 1,714/1,200	Entrada: 3,429/2,400 Salida: 3,429/2,400	Diésel: Entrada y salida: 3,429/2,400 Turbosina: Entrada y salida: 857/600
High Liquid Level (HHLL) (mm)	13,220	13,220	13,220	TV-102: 14,249 TV-101: 13,220	14,249

Parámetro	Gasolina Regular ZM	Gasolina Regular/Premium RP	Gasolina Premium ZM/RP	Diésel	Diésel/Turbosina
Low Liquid Level (LLL) (mm)	1,300	1,300	1,300	TV-102: 1,433 TV:101: 1,300	1,433
High Liquid Level (HLL) (mm)	13,103	13,103	13,103	TV-102: 14,122 TV:101: 13,103	14,122

¹El tanque TV-101 podrá almacenar Diésel o Gasolina Regular ZM dependiendo de las necesidades de Monterra Energy.

1.2.4.2 Tanques de almacenamiento de productos auxiliares

Se contará con un total de 4 tanques de almacenamiento auxiliares (capacidad total nominal: 165,000 Bbl) distribuidos de la siguiente manera:

- 1 tanque para almacenamiento de Éter metil terbutílico (MTBE) con capacidad nominal de 60,000 Bbl.
- 1 tanque para almacenamiento de Etanol con capacidad nominal de 45,000 Bbl.
- 2 tanques para almacenamiento de Transmix con capacidad nominal de 30,000 Bbl.

Las características de los tanques de almacenamiento de productos auxiliares se enlistan en la Tabla 1.28. Al igual que los tanques de productos refinados, los tanques auxiliares serán atmosféricos (25°C y 0.761 kg/cm²) de operación continua y diseñados bajo las especificaciones del API 650.

Tabla 1.29. Características de operación de los tanques de productos auxiliares.

Parámetro	Transmix	Etanol	MTBE
Clave del tanque	TV-501 y TV-502	TV-601	TV-404
Cantidad requerida (piezas)	2	1	1
DTI	681431-VM-PR-DTI-038_0	681431-VM-PR-DTI-038_0	681431-VM-PR-DTI-041_0
Capacidad nominal/ volumétrica (Bbl)	30,000/30,139	45,000/45,000	60,000/60,213
Capacidad de trabajo (Bbl)	24,1969	40.036	51,268
Diámetro (m)	20.42	26.21	25

La capacidad total de almacenamiento sumando los tanques de producto y los tanques auxiliares (Transmix, MTBE y Etanol), serán de 1, 075,104 Bbl nominales, siendo 888,240 Bbl netos de trabajo.

1.2.5 Equipos de Proceso y Auxiliares

1.2.5.1 Especificaciones generales de la instrumentación.

Patines de medición

Se diseñarán conforme a la API MPMS 5.6 y serán adecuado para la transferencia de custodia de combustibles, contarán con un tren de medición integrado en un bastidor estructural y se conformará por medidores Coriolis, transmisores de densidad, temperatura y presión, indicadores de temperatura y presión, válvulas de bloque motorizadas y de seguridad por expansión térmica, así como un filtro tipo canasta, válvulas de bloqueo manual, carretes y cabezal, caja de conexiones en el bastidor y un sistema de eliminación de aire.

Sistema de medición de tanques

El sistema de medición de tanques se diseñará conforme al API MPMS 3.1B, el sistema de protección por sobrellenado se diseñará conforme al API RP-2350 y se conformará por un transmisor indicador de nivel tipo radar y de presión, elemento de temperatura, interruptor de nivel por alto alto, indicador multivariable a pie de tanque y concentrador de señales, así como alarmas audibles y visibles y estación de operación de control de inventarios.

(a) Flujo.

Transmisor de flujo tipo Coriolis.

Los medidores de flujo másico estarán adecuados para la transferencia de custodia con una exactitud plana de $\pm 0.05\%$ para flujo y $\pm 0.0002 \text{ gr/cm}^3$ para densidad con certificado de planta, en todo el rango incluyendo los efectos de repetibilidad, linealidad e histéresis.

El elemento sensor soportará los esfuerzos mecánicos originados por el propio sistema de tubos curvos paralelos en oscilación, temperatura, presión y será inmune a la vibración de la propia tubería donde se instale.

El elemento sensor tendrá la capacidad estándar para medir flujo másico, flujo volumétrico (mediante calculo), densidad y, temperatura sin accesorios adicionales.

El rango del instrumento será seleccionado para que el flujo normal de operación se encuentre entre un 70% y un 85% del rango y, que el flujo máximo no exceda el tope del rango.

El tipo, tamaño y rating de la conexión a la tubería de proceso cumplirá con la especificación de tuberías correspondiente.

El transmisor indicador multivariable (Caudal másico, caudal volumétrico, totalización de caudales, temperatura y densidad) será de tipo inteligente basado en microprocesadores, con protección para interferencias magnéticas y corto circuito.

El transmisor indicador de flujo contará con un indicador local en pantalla de cristal líquido, con una señal de salida por pulsos de frecuencia y 4-20mA HART, un puerto serial RS-485 para comunicación bajo protocolo Modbus, suministro eléctrico de 120 VCA, y ajustes locales de cero y SPAN.

La caja del transmisor será de aluminio libre de cobre NEMA 4X, adecuada para operar en un área con clasificación eléctrica Clase I, División 2, Grupo D. Las conexiones eléctricas serán de $\frac{1}{2}$ " NPT, el transmisor será montado en yugo de 2" con accesorios de acero inoxidable para montaje.

El medidor de flujo másico tendrá la capacidad de verificar los tubos de medición estructuralmente en línea sin necesidad de sacarlo de operación.

El medidor de flujo tipo másico estará calibrado y certificado por un laboratorio acreditado por el CENAM. Se le pedirá al proveedor los certificados de calibración. El diseño, cálculo y selección del medidor será responsabilidad del proveedor, por lo que se le pedirá entregar la memoria de cálculo correspondiente. Los medidores másicos deberán de cumplir con todo lo establecido en el API MPMS 5.6.

Interruptores de flujo.

El elemento primario será ordinario de tipo paleta; el interruptor será de micro DPDT, con contactos para 2Amp, 24 VCD y 8Amp, 120 VCA, 60 Hz, diferencial fija (la mínima posible).

La conexión a conduit será de $\frac{3}{4}$ " NPT o de $\frac{1}{2}$ " NPT con adaptador a $\frac{3}{4}$ " NPT. La conexión a proceso será de 2" NPT, a menos que se indique lo contrario en la hoja de datos por requerimientos especiales de tuberías. El interruptor de flujo podrá invertir su posición cuando exista disminución en el flujo medido por debajo de la configuración.

Mirilla de flujo.

Se instalarán indicadores de flujo tipo doble ventana y con indicador móvil, con vidrios templados, montaje horizontal, material de cuerpo y bridas en acero inoxidable 316, empaques de PTFE, longitud visible mínimo de 100 mm. Estos estarán adecuados para una temperatura de operación hasta 93°C y presión de operación hasta 10.34 bar. Ventanas removibles para mantenimiento.

Orificios de restricción.

Los orificios de restricción serán de tipo concéntrico con bisel. El material será de acero inoxidable 316 como mínimo, a menos que se indique otro material en las hojas de datos, el cual será adecuado para el servicio a manejar.

El diseño y dimensiones del orificio de restricción serán conforme a ISO 5167-1 y para el caso de gas natural cumplirá con lo establecido en API MPMS 14.3. Los orificios de drene y venteo se proveerán cuando se manejen gases y vapores que pudieran tener condensación o en manejo de líquidos donde pudiera haber desprendimiento de vapor o entrada de algún gas.

Los orificios de restricción serán instalados entre bridas tipo cuello soldable, las bridas serán del material y tipo especificado para el tramo de tubería donde se realice la instalación.

(b) Temperatura.

Transmisores de temperatura.

Se usarán sensores tipo RTD conectados al transmisor de temperatura, este cubrirá el rango del elemento de temperatura independientemente de la señal de entrada (de resistencia).

Los transmisores de temperatura tendrán una señal de salida sin atenuación y soportaran una carga de 250 o 500 o 750 Ω para un suministro de 24 VCD, los valores fuera de rango alertaran al usuario de situaciones anormales.

Los transmisores estarán calibrados para que la temperatura normal se sitúe al 50 del span ajustado y la temperatura máxima no sobrepase el límite superior del rango ajustado. Los transmisores de temperatura y sus accesorios serán de fácil calibración, de tal manera que se puedan recalibrar en campo de una manera sencilla.

Exactitud	+/- 0.1% del Span calibrado o mejor.
Estabilidad	+/- 0.25% de URL en 1 año o mejor.
Alimentación eléctrica	24 VCD.
Señal de salida HART	4-20 mA.
Caja	A prueba de intemperie y corrosión, de acuerdo a clasificación del área indicada en la hoja de datos.
Elemento sensor	RTD 3 Hilos, en material platino 100 Ω .
Conexión a eléctrica	2 de 1/2" NPT (incluir adaptadores de 1/2" a 3/4").

Elemento de temperatura

Estos serán de tipo RTD de platino (tipo industrial) conforme a curva europea (DIN) alfa 0.00385 $\Omega/\Omega/^\circ\text{C}$ basado en curva de resistencia 100 Ω a 0 $^\circ\text{C}$.

La configuración del RTD será de un sistema de 3 Conductores. El diámetro de cada alambre será aproximadamente 16 AWG.

Se considerará el ensamble completo, es decir, el RTD incluirá el termopozo, niples de extensión con tuerca unión, aislamiento interno y cabeza de conexiones. La longitud del elemento sensor estará de acuerdo con la longitud del termopozo seleccionado.

La exactitud del RTD será de clase B, conforme a numerales 5.1.3 y 5.1.4 de IEC 60751:2008. Si el servicio del RTD será en transferencia de custodia la exactitud será de Clase A conforme a numerales 5.1.3 y 5.1.4 de la IEC 60751:2008.

Todos los RTDs serán aislados con óxido de magnesio y recubiertos con vaina de 1/4" de diámetro exterior. El material de la vaina será de acero inoxidable 316 para temperaturas máximas de 480 $^\circ\text{C}$.

Los RTDs presentaran un resorte de carga "spring loaded". La conexión eléctrica hacia el transmisor de temperatura será de 1/2" NPT (incluir adaptador de 1/2" a 3/4"). La conexión al termopozo será a 1/2" NPT.

Termopozos

Todos los dispositivos de temperatura serán instalados en termopozos a menos que hacerlo genere un retraso inaceptable en la medición. El termopozo será de acero inoxidable 316 a menos que las condiciones de servicio no lo permitan.

La longitud del termopozo para el sensor de temperatura, será de acuerdo a la línea de proceso donde será instalado de tal forma que quede cubierto del 50% al 75% del diámetro de la tubería, preferentemente con posición vertical. Estos serán bridados y construidos de una sola pieza.

La conexión a proceso de los termopozos se considerará en brida de 1 1/2" RF de acuerdo a la especificación de tuberías considerando como mínimo 300#. El material de la brida será del mismo material del termopozo.

Se le pedirá al proveedor la entrega de memorias de cálculo de los termopozos para validar que estos soporten las velocidades de los fluidos manejados. La frecuencia calculada no debe exceder del 80% de la frecuencia natural del termopozo. El cálculo debe ser basado en ASME PTC 19.3, a o través de un método equivalente (el cual debe ser propuesto para su posterior revisión y aprobación), recomendado por el fabricante. Los termopozos de prueba serán suministrados con tapón roscado y cadena de acero inoxidable.

Elemento Multi-Punto de temperatura /sensor de nivel de agua

Se llevará a cabo una medición automática de temperatura, mediante la instalación de una sonda que mida la temperatura a distintos niveles del tanque para obtener un perfil de temperaturas y una temperatura promedio, el nivel del líquido en el tanque será medido al mismo tiempo que la temperatura.

Se le solicitará al proveedor la entrega de una sonda promediadora de temperatura con elementos tipo RTD, 100 Ohms, la longitud de inmersión y cantidad de puntos de medición, los cuales serán responsabilidad del proveedor, y deberán cumplir con ISO 4266.

El primer elemento de temperatura estará instalado a 30 cm del fondo del tanque, la longitud de la sonda de temperatura cubrirá la altura total del tanque hasta la plataforma de instalación y será para el tipo bridada. La sonda de temperatura tendrá un contrapeso para introducir en la boquilla del tanque en la cual será instalada.

La exactitud de fábrica del sensor de temperatura para transferencia de custodia será de $\pm 0.50^{\circ}\text{C}$ o mejor y para control de inventarios deberá ser de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ o mejor.

La exactitud del sensor de temperatura instalado para transferencia de custodia será de $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$ o mejor y para control de inventarios deberá ser de $\pm 0.50^{\circ}\text{C}$ o mejor.

En transferencia de custodia o para control de inventarios, en tanques de almacenamiento atmosféricos, la medición debe cumplir con el requisito 4 de ISO 4266-4 y el sensor de temperatura debe cumplir con los requisitos 6 y 7 de ISO 4266-4.

El sensor de temperatura comunicará con el concentrador de señales por medio de una señal protocolizada. La caja de conexiones del sensor será de aluminio libre de cobre NEMA 4X, adecuada para operar en un área con clasificación eléctrica como mínimo Clase I, División 2, Grupo D, a menos que se indique otra cosa en las hojas de datos, y de acuerdo con el código de temperatura del fluido correspondiente. Las conexiones eléctricas serán de 1/2" NPT con adaptador a 3/4" adecuado para la clasificación de área.

El proveedor suministrará un sensor de nivel de agua integrado a la sonda de temperatura, capaz de medir la interfaz de agua debajo del producto en el tanque, y trasmitirla a través de la señal protocolizada del sensor de temperatura.

El sensor será de tipo capacitivo y se colocará en el fondo del tanque de almacenamiento. Un extremo se conectará a la sonda de temperatura y el otro se anclará al fondo del tanque. La exactitud de fábrica del sensor de agua será de $\pm 2\text{mm}$ o mejor para cada 500mm de longitud activa.

Indicador de temperatura (termómetro).

Los termómetros bimetálicos presentaran carátula de ángulo ajustable (variable). El diámetro de la carátula será de 5" de color blanco con caracteres negros y escala graduada en grados Celsius. La caratula del termómetro presentará un bisel del tipo engargolado hermético y con ajuste de calibración externo (cero). Los Termómetros Bimetálicos tendrán una caja herméticamente sellada y en acero inoxidable 304. El material de la ventana será de vidrio inastillable de alta resistencia al impacto.

La conexión del vástago del termómetro al termopozo será roscada de $\frac{1}{2}$ " NPT. El diámetro del vástago será de $\frac{1}{4}$ ". La exactitud del termómetro bimetálico será de $\pm 1\%$ del alcance de medición.

El rango de operación del termómetro permitirá indicar la temperatura de operación (comprendida entre el 40% y 60% de la escala total) y deberá soportar un sobre-rango de 50% de la escala.

Los termómetros soportaran los rangos bajos y rangos altos de la temperatura de operación, sin que su calibración sea afectada. La longitud del vástago del termómetro será de acuerdo a la longitud del termopozo seleccionado.

(c) Presión

Transmisor de presión

Se ajustará el rango, para que la presión de operación se considere al 50% del rango total de escala.

Para la instalación de los transmisores de presión se consideraran manifolds de 2 vías en acero inoxidable 316 como mínimo y, para los transmisores de presión diferencial manifold de 5 vías. Los transmisores de presión absoluta tendrán la compensación de presión barométrica.

Las partes húmedas de los transmisores serán de tipo diafragma y en acero inoxidable 316 como mínimo. Los transmisores de presión y sus accesorios serán de fácil calibración, de tal manera que se puedan recalibrar en campo de una manera sencilla.

Especificaciones generales de transmisores:

Exactitud	+/- 0.1% del Span calibrado o mayor.
Estabilidad	+/- 0.1% de URL en 1 año o mayor.
Alimentación eléctrica	24 VCD.
Señal de salida	HART 4-20 mA.
Caja	A prueba de intemperie y corrosión, de acuerdo a clasificación del área indicada en la hoja de datos.
Conexión a proceso	$\frac{1}{2}$ " NPT.
Conexión a eléctrica	$\frac{1}{2}$ " NPT (incluir adaptador de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ ").
Elemento sensor	Celda capacitiva en acero inoxidable 316.
Manifold	Cuando se indique en la en la hoja de datos, considerar válvula de aguja de $\frac{1}{2}$ " NPT con dren de $\frac{1}{4}$ ".

Los transmisores de presión tendrán su conexión al proceso independiente, de acuerdo con la especificación de tuberías considerando como mínimo $\frac{3}{4}$ " NPT hembra.

Indicador de presión local (manómetro).

La carátula será de color blanco con caracteres negros de 4 $\frac{1}{2}$ " de diámetro, graduada en kg/cm², y con escala dual indicado además la escala equivalente graduada en psi.

El rango de operación del manómetro permitirá indicar la presión de operación entre el 40 y 60% a escala total, y su valor máximo no excederá el 75 % de la escala total del medidor. La carátula no tendrá un tope donde descansa el puntero, es decir, tendrá un cero flotante para indicar un cero verdadero y tendrá un tope máximo para evitar que el puntero se mueva más allá del 130% de la presión de escala total.

La caja será tipo 4X de fenol con bisel roscado y frente sólido, a prueba de vapores y humedad, tendrán disco de seguridad de material elastomérico en la parte posterior y cubierta de la carátula de cristal inastillable.

El elemento de presión será tipo tubo Bourdon, salvo los casos de rangos muy bajos el cual será tipo fuelle. El material del elemento de presión y de la conexión a proceso será acero inoxidable 316 como mínimo. Cuando se requieran los Indicadores de presión con caja con fluido de llenado, el líquido de llenado será glicerina o aceite de silicón, la caja será hermética y el fluido será indicado en la hoja de datos.

La conexión de la línea de proceso será de 3/4", la conexión del indicador de presión será inferior con rosca macho de 1/2" NPT para presiones de hasta 1 400 kg/cm² (20 000 psi), arriba de esta presión se usará conexión rosca macho de 1/4" NPT.

La exactitud debe ser conforme a ASME B40.1 ($\pm 0,25\%$ de la escala total para grado 3A, $\pm 0,5\%$ de la escala total para grado 2A). Cuando se requieran amortiguadores de pulsaciones, tendrán conexiones de 1/2" NPT, e interiores de acero inoxidable 316.

(d) Densidad

Transmisor de densidad

El principio de medición de los transmisores de densidad será Coriolis, por vibración de tubos curvos paralelos en oscilación, los transmisores deben ser adecuados para mediciones continuas y contará con una compensación por temperatura mediante un elemento instalado en el mismo cuerpo del medidor.

El elemento sensor soportará esfuerzos mecánicos originados por el propio sistema de tubos en oscilación, temperatura, presión y ser inmune a la vibración de la propia tubería donde se instale y será de tipo inteligente basado en microprocesadores, con protección para interferencias magnéticas y corto circuito.

El medidor de densidad será calibrado y certificado por un laboratorio acreditado por el CENAM y cumplirán con todo lo establecido en el API MPMS 5.6.

1.2.5.2 Unidad Recuperadora de Vapores

Los vapores provenientes del área de llenaderas ingresarán a través de una tubería que contará con una válvula de presión-vacío y un diferencial de presión y un medidor de flujo tipo Coriolis; posteriormente ingresarán al área de las columnas de absorción (V-1101 y V-02), la cuales contarán con diferenciales e indicadores de presión, así como un sistema de monitoreo y medición de flujo a la atmósfera, a su salida ingresarán a la bomba de vacío C-1101 A/B que estará instrumentada con indicadores de presión y paro de bomba.

Posteriormente, los vapores ingresarán a una tercera columna de absorción (V-1103), alimentada por una bomba centrífuga horizontal de gasolina (tomada de los tanques TV-201 y TV-202) para finalmente ingresar a una segunda bomba centrífuga (P-1102) que contará con indicadores de presión y un medidor de flujo tipo Coriolis; la gasolina recuperada de las bombas será enviada a distribución de productos.

El DTI del Aire de Planta se encuentra en el ANEXO 3 (DTI Sistema de Recuperación de Vapores), con clave de identificación 681431-VM-PR-DTI-077_0.

1.2.5.3 Aire de Planta

La TAP VDM contará con un sistema de suministro de aire de planta que alimentará las válvulas de control y los sistemas de detección de incendios en los tanques acumuladores y estaciones de servicio.

La alimentación de Ambos compresores al tanque acumulador contará con una válvula indicadora de presión así como una válvula de seguridad por presión (PSV) que tendrá salida a la atmósfera. El tanque de almacenamiento contará con indicadores de presión y temperatura, y también contará con una válvula de seguridad por presión con liberación a la atmósfera. Cuando el tanque de aire de planta V-1200 indique alta presión se mandará el paro del compresor, en caso de indicar baja presión se mandará a arranque del compresor, las señales emitidas por las alarmas de presión serán desplegadas en el SCP. El tanque contará con un trampa de condensados que serán direccionados hacia un drenaje abierto.

El aire contenido en el tanque de acumulador será enviado a diferentes estaciones de servicio:

- Estación de servicio #1: Tratamiento de agua aceitosa.
- Estación de Servicio #14: Taller.
- Estación de servicio #15: Laboratorio.
- Agua de servicios.
- Estación de servicio #2- #13: Área de descargaderas.
- Estación de servicio #16 – #28: Área de llenaderas.
- Estación de servicio #29 - #47: Área de almacenamiento, que alimentará los tanques, fosas de captación, filtros, válvulas y bombas.

El DTI del Aire de Planta se encuentra en el ANEXO 3 (DTI Aire de Planta), con clave de identificación 681431-VM-PR-DTI-047_0 y 681431-VM-PR-DTI-048_0.

1.2.5.4 Sistema de Tratamiento de Drenajes Aceitosos

El tratamiento de drenajes aceitosos de la TAP VDM se realizará a través de un sistema integral tipo paquete U-1400, que recibirá los efluentes aceitosos del área de tanques, descargaderas, llenaderas y taller mecánico con flujo por gravedad. Los drenajes aceitosos serán recibidos en una fosa de captación de drenajes aceitosos, donde se llevará a cabo la primera etapa de separación, posteriormente, los drenajes serán enviados a la Fosa API TC-1400 en donde se llevará a cabo la segunda etapa de separación. Finalmente, la tercera etapa se realizará en el separador de placas corrugadas, que será diseñado para entregar un efluente con una concentración máxima de 10 ppm.

El agua recuperada se enviará al tanque TV-903 y el aceite recuperado al tanque TV-909, para posteriormente, ser enviado a disposición final fuera de la TAP VDM.

El DTI del Aire de Planta se encuentra en el ANEXO 3 (DTI Tratamiento de drenajes aceitosos), con clave de identificación 681431-VM-PR-DTI-049_0 y 681431-VM-PR-DTI-050_0.

1.2.5.5 Agua de servicios

El suministro de agua de servicios se realizará por medio de pipas, el agua se almacenará en el tanque TV -700 que contará con un drenaje pluvial abierto, un transmisor y un indicador de nivel. El agua proveniente del tanque será direccionada hacia dos bombas centrífugas horizontales (P-1300A y P-1300B) que contarán con indicadores de presión locales y en caso de bajo nivel en el tanque TV-700 se contará con un interlock que detenga su operación.

Por último, el agua entra al recipiente hidroneumático (TP-1300), que recibe aire de la planta del tanque V-1200, el cual enviará el agua a distribución y la mantendrá a presión constante en toda la red.

El DTI del Aire de la Planta se encuentra en el ANEXO 3 (DTI Agua de Servicios), con clave de identificación 681431-VM-PR-DTI-046_0.

1.2.5.6 Paro de emergencia

Se implementará un Sistema de Paro por Emergencia (SPE) en la TAP VDM, el cual contará con controladores electrónicos programables de seguridad y la instrumentación de campo asociada a los mismos, tendrá un sistema modular con un diseño expandible y permitirá la adición de tarjetas entradas/salidas. El sistema y sus equipos auxiliares serán suministrados como un sistema llave en mano.

El paro de emergencia se activará dependiendo el tipo interlock activado, y podrá detener los siguientes procesos:

- Funcionamiento de bombas.
- Envío de producto a llenaderas.
- Bombas de llenado de tanques de almacenamiento y Transmix

Las válvulas MOV de la entrada y salida de los tanques de almacenamiento deberán cerrarse, así como los cabezales de alimentación de los brazos de carga, y detener la operación del sistema de recuperación de vapores.

En caso de ocurrir una falla eléctrica, se contará con un generador de emergencia, el cual deberá considerar la energía para los procesos de las bombas y de las válvulas MOV.

Después de un paro por emergencia el SPE deberá asegurar un reinicio de los equipos de manera segura, el sistema contará con un certificado para el SIL objetivo definido de acuerdo a la norma IEC 61508 para cada componente. El SPE debe tener capacidad de auto diagnóstico e indicaciones locales por LED de al menos las siguientes fallas: error de paridad en memoria, falla de alimentación eléctrica, falla en comunicación de los nodos de entrada/salida, interrupción de ciclo y procesamiento incompleto del programa.

1.2.5.7 Instalación eléctrica

Para el proyecto de la TAP VDM, se recomienda tener al menos una acometida propia, un sistema de emergencia y sistemas de fuerza interrumpibles (SFI) de capacidad requerida; por ello, se realizará la contratación de la acometida eléctrica a través de la CFE, dentro del proyecto se incluirán generadores de emergencia. La tensión eléctrica nominal de los motores se seleccionará de acuerdo a la Tabla 1.30.

Tabla 1.30. Tensión eléctrica nominal de los motores utilizados.

Potencia de motor		Tensión eléctrica nominal del sistema (V)	Tensión eléctrica nominal de utilización (V)	Fases	Frecuencia (Hz)
kW	HP				
Menor de 0.746	Menor de 1 HP	220 Y/127	208Y	3	60
De 0.746 a 522.2	De 1 a 700	480	460	3	60
De 522.9 a 1492	De 701 a 2,000	4160	4,000	3	60
Mayores de 1492	Mayores a 2,000	13,800	13,200	3	60

Los motores de potencia que funcionen en procesos críticos, incluyendo aquellos utilizados para servicios de lubricación y bombas auxiliares de aceite, utilizarán una tensión eléctrica de 480 V en un sistema de fases, 3 hilos, 60 HZ y un conductor de puesta a tierra; los motores de potencia fraccionaria que funcionen en procesos no críticos o equipos que no pertenezcan al proceso operarán a una tensión eléctrica nominal del sistema de 127 V en un sistema de 1 fase, 2 hilos, 60 Hz y un conductor de puesta a tierra.

Los receptáculos de servicios especiales operarán a una tensión del sistema de 220 V o 480 V según se requiera y el alumbrado y receptáculos interiores de oficina, casetas, cuartos, subestaciones, operarán a una tensión de 220Y/127V. En lo que respecta a la caída de tensión, esta no deberá exceder del 5% global hasta la salida más lejana.

La TAP VDM contará con sistemas de Fuerza Ininterrumpida (SFI) para cada sistema, en todos ellos se consideran bancos de baterías de Ni-CF y estos a su vez, serán dimensionados para 1 hora de respaldo por sistema, con excepción del SGF que será de 4 horas y el de alumbrado de 90 minutos (Tabla 1.31).

Tabla 1.31. Sistemas de Fuerza Ininterrumpida.

Clave de SFI	Descripción
SFI-101	Sistema de Fuerza Ininterrumpida para el Sistemas de Control de Proceso (SCP) y Telecomunicaciones (TL)
SFI-102	Sistema de Fuerza Ininterrumpida para el Sistemas Paro por Emergencia (SPE)
SFI-103	Sistema de Fuerza Ininterrumpida para el Sistema de Gas y Fuego (SGF)
SFI-104	Sistema de Fuerza Ininterrumpida para el Sistema de Alumbrado de Emergencia (SAE) para subestación y cuarto de control (SAE1)
SFI-105	Sistema de Fuerza Ininterrumpida para el Sistema de Alumbrado de Emergencia (SAE) en edificios de oficinas (SAE2)

La TAP VDM contará con una subestación en media tensión de tipo compacta cuyos equipos estarán en función de los requisitos de la NMX-J-564, NMX-J-323, IEC 60282-1 entre otras y estarán integradas por secciones verticales rigidamente unidas entre sí para formar ensambles como:

- Sección de medición con cuchilla de paso entre celdas.
- Sección de cortacircuitos con fusibles.
- Sección de acoplamiento.

Sistema de voz y datos

Se implementará una red de área local (LAN) Ethernet con protocolo de comunicación TCP/IP y velocidad de 10/100 Mbps y (1,000 Mbps) Gigabit Ethernet. El cableado horizontal tendrá un ancho de banda de 500 MHz, para lo cual se considerará cableado de cobre FTP, Categoría 6A de 4 pares trenzados con conductores calibre 23 AWG para soportar aplicaciones en redes de área local de 10 Mbps (10 BASE t), 100 Mbps (100 BASE T) y Gigabit-Ethernet.

Las tomas de telecomunicaciones contarán con un mínimo de conectores (nodos) RJ-45 categoría 6ª donde se rematarán los 4 pares de cableado horizontal FTP (configuración T568-B) además de contar con tecnología VoIP.

El sistema de voz y datos se conformará por:

- Equipos ruteadores multiservicios
- Firewall
- Equipos Switches de datos.
- Conmutador telefónico.
- Teléfonos IP.
- Gabinetes de telecomunicaciones.
- Paneles de parcheo de cobre.
- Tomas de telecomunicaciones.
- Cableado de cobre FTP, 4 pares, categoría 6A.

- Infraestructura de canalización.

El medio de transporte para promover comunicaciones de voz, video y señales deberá ser a través de una red de fibra óptica tipo mono modo 8 a 10/125 μm OS2 y contará con la protección mecánica suficiente.

Sistema de intercomunicación y voceo

Este sistema permitirá la comunicación y brindar apoyo para coordinar las operaciones, notificar y dar instrucciones al personal en caso de alguna emergencia.

El sistema de intercomunicación y voceo estará conformado con los siguientes equipos y/o componentes (como mínimo):

- Estaciones multilínea IP para exterior con cubierta.
- Estaciones multilínea IP para interior montaje de sobreponer.
- Estaciones multilínea IP para interior montaje en muro.
- Altavoz tipo trompeta con excitador.
- Altavoz para montaje en plafón uso interior.
- Cajas de conexiones.
- Infraestructura de canalización.

Las estaciones multilínea tendrán 5 canales de intercomunicación y 1 de voceo, y el sistema realizará la intercomunicación con cualquiera de las líneas disponibles; con ello se tendrá una comunicación simultánea e independiente. Los equipos considerados son tipo telefónico.

Los equipos, cajas de conexiones, elementos o componentes del sistema considerarán la clasificación eléctrica del área, además de resistir las condiciones ambientales que existan dentro de la planta. Se sonorizarán todas las áreas, por ello su ubicación deberá ser estratégica; además, el nivel de intensidad de sonido en un rango de 6 a 10 dB por encima del ruido ambiental.

1.2.5.8 Sistema de Control de Distribuido

Este sistema desarrollará las funciones de control y supervisión de toda la instrumentación de campo y equipos de terceros involucrados con el sistema, con excepción de los dispositivos e instrumentos asociados con algún equipo que necesite hacer uso de la lógica por paro de emergencia. Se diseñará para automatizar, monitorear y controlar los procesos de medición en el recibo, almacenamiento y distribución de productos de la terminal. Entre sus principales funciones se encuentran el control de procesos, control de operación de terminal, monitoreo de los sistemas de la Terminal, interacción con otros sistemas como el SPE, CCTV y control de acceso para monitoreo y capacidad de integración de equipos paquete y de terceros.

El SCD será de arquitectura modular distribuida, se integrará a la red LAN de la terminal para la colección de información y todo su equipo auxiliar será suministrado como un sistema de llave en mano, además el CPU contará con el apoyo de módulos de entrada/salida para la recopilación de las lecturas de la instrumentación de campo o tableros de instrumentación y operar de manera independiente a cualquier otro dispositivo externo, por lo cual contará con la fuente de alimentación necesaria, memoria RAM suficiente y adecuado para operación continua.

1.2.6 Pruebas de Verificación

La ingeniería de las pruebas hidrostáticas, radiografiado, medición de espesores, protección mecánica, anticorrosiva de los tanques de almacenamiento y equipos de proceso cumplirá con las Normas Oficiales vigentes, así como las Especificaciones establecidas para el proyecto de la TAP VDM.

Todas las pruebas de campo se realizarán por laboratorios especializados y autorizados con los formatos de pruebas de campo especificados para cada caso.

Se levantarán reportes de las pruebas, observaciones y datos de operación de los equipos, los resultados de las pruebas serán entregados junto con los planos y documentos solicitados en las normas aplicables (ANEXO 6).

1.2.6.1 Tuberías.

El diseño de las tuberías se limitará al manejo de fluidos definidos en la NOM-006-ASEA-2017 y el código ASME B31 y ASME Secc. IX y AWS vigentes. Tanto soldadores como operadores estarán calificados en los procedimientos de soldadura. Se contarán con reportes de inspección radiográfica, prueba hidrostática, pruebas destructivas y no destructivas de las soldaduras de las tuberías (radiografiado, identificación positiva de materiales, corriente Eddy, medición ultrasónica etc.) y el personal a ejecutar dichas actividades estará calificado para realizarlas. Las tuberías se identificarán en función de los productos manejados, así como las condiciones operativas y tipos de peligros.

Las tuberías se diseñarán de acuerdo a la ingeniería aprobada para construcción y se ordenarán de manera funcional, sencilla, económica y de fácil mantenimiento. Se construirán sobre soporte de concreto o material aprobado durante la ingeniería a detalle, y será capaz de soportar las cargas y/o eventos obtenidos a partir del Análisis de Riesgos, considerando ampliaciones futuras considerando un mínimo de conexiones sin bolsas y cruzamientos.

Finalmente, en tuberías paralelas sobre soportes elevados, se considerarán los incrementos de tuberías a expansión térmica.

1.2.6.2 Válvulas.

Las válvulas de compuerta, globo, macho y bola cumplirán con el ANSI B16.34, API-600,-602, ASME B16.20 para dimensiones entre caras, ASME B.16.5 para extremos bridados, B16.11 para dimensiones de caja para soldar, API 598/APO 6D para inspecciones y pruebas y el API 607/6FA. No se utilizarán válvulas WOG de hierro gris o dúctil, excepto en el Sistema contra Incendios.

Las válvulas de accionamiento eléctrico (MOV) serán adecuadas para las condiciones de la línea de proceso donde se instalarán, los tipos permitidos serán de bola de paso completo, compuerta y de mariposa con triple excentricidad. Los requerimientos de hermeticidad estarán de acuerdo a los requerimientos de la API 598 e ISO-5208 y cumplirán con el cierre "Rate A" (cero fugas). Las válvulas especificadas como a prueba de fuego se regirán por el estándar API-6FA.

El tamaño de las válvulas motorizadas corresponderá al diámetro de la línea de proceso o ducto, los empaques serán espiro metálicos de acero inoxidable con relleno de grafito de baja emisión al ambiente; además las conexiones será del tipo y rating indicado en la especificación de materiales para tuberías, además tendrán el espacio suficiente para fácil acceso. El ruido generado no excederá los 85 dB(A).

El actuador de las válvulas motorizadas operará con motor eléctrico y cumplirá con ISA.96.02.01 y con la NOM-001-SEDE-2012, se dimensionará para garantizar el cierre total de la válvula a la máxima presión diferencial y temperatura especificadas, proporcionarán protección al personal contra el contacto incidental con el equipo. Además, serán adecuadas para trabajar en la clasificación eléctrica del área donde se instalen. Cuando la válvula se especifique como a prueba de fuego, los actuadores tendrán un aislamiento resistente al fuego.

Las válvulas de seguridad y relevo cumplirán con el API-521, la construcción del bonete será estándar en válvulas convencionales y deberán ser de acción por resorte. Las partes húmedas deberán de ser adecuadas al fluido de proceso del área donde se instale la válvula. Para válvulas de 1" y mayores se considerarán conexiones bridadas conforme al ANSI B16.5, aquellas que sean bridadas estarán de acuerdo al ASME B.16.34 para el tipo de cara y régimen y las dimensiones de cara a cara cumplirán con la ASME B.16.10.

Por otra parte, las válvulas reguladoras de presión cumplirán con los requerimientos en las hojas de datos, todos los componentes que la integren podrán ser remplazados, de fabricación estándar y con número de patente. La identificación de la válvula cumplirá con el IEC 60534-5:2004. Serán de tipo autorreguladas y operadas por piloto, además de ser auto contenidas con el fluido a regular. Para la operación directa del actuador contenido será de diafragma-resorte, pistón-resorte, diafragma o fuelles.

El Cv seleccionado para las válvulas reguladores será mayor al Cv calculado, además, el diámetro nominal del cuerpo no podrá ser menor a la mitad del diámetro nominal de la tubería donde se instale, la clase de fuga será clase VI y cumplirá con ANSI/FCI 70-3:2004. El cuerpo de la válvula reguladora se marcará la dirección del flujo con una flecha y cumplirá con el IEC 60534-5:2004, el diafragma será flexible e impermeable y los empaques adecuados para las condiciones de operación; por otra parte, las válvulas bridadas estarán de acuerdo al ASME B16.34 y ASME B16.10.

Finalmente, las válvulas de presión-vacío y arrestadores de flama, que se instalarán cuando exista la formación de vacío por efectos térmicos, la válvula será elegida en función del tipo de recipiente donde se instalará y se dimensionarán de acuerdo con el API-STD-2000, serán del tipo accionadas por carga y peso, carga y resorte u operadas por piloto y dimensionadas de acuerdo con API-STD-2000 y podrá ser complementada con arrestador de flama y el diseño de este último será unidireccional o bidireccional.

Todas las válvulas se ubicarán en posición adecuada para ser operadas desde el nivel del piso, plataformas, con volante o maneral, en todo momento evitando la obstrucción de pasillos.

1.2.6.3 Soportes.

Los soportes se construirán de acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de flexibilidad. En la construcción de tuberías sobre soportes de concreto se considerará espacio en el ancho de las camas para adición de líneas futuras y contarán con un sistema tierra además, se considerará espacio en los soportes elevados de tuberías para instalaciones de tipo eléctrico.

Las elevaciones específicas se seleccionarán para líneas que corren de norte a sur y otras que corren de este a oeste y se utilizarán en toda la instalación salvo en zonas de cruces o congestiones.

1.2.6.4 Conexiones, bridas y accesorios.

Las conexiones, bridas y accesorios se construirán de acuerdo al diseño de ingeniería aprobado para construcción, y su distribución se realizará de acuerdo a la ASME B31.3 vigente.

Los botones de accionamiento para el sistema de paro por emergencia serán de tipo hongo, accionamiento por golpe, de contacto sostenido, tipo encapsulado, resistentes a la vibración y en color rojo, además contarán con protección contra accionamiento accidental y serán adecuados para su montaje en la intemperie. Se colocará un letrero con leyenda para cada botonera.

1.2.6.5 Recubrimiento anticorrosivo.

A fin de evitar la contaminación por humedad atmosférica se aplicará un recubrimiento anticorrosivo a las instalaciones que lo requieran, primeramente, se preparará la superficie del sustrato para posteriormente aplicar el recubrimiento anticorrosivo, en cumplimiento con el ISP-8504 vigente, dicho recubrimiento se revisará y en caso de identificar defectos, se realizarán las reparaciones correspondientes de acuerdo al procedimiento establecido por el fabricante.

1.2.6.6 Protección catódica.

Las tuberías enterradas, fondos de tanque, paredes de contención metálicas, o estructuras metálicas que lo requieran o que se encuentren en contacto con la humedad del suelo se protegerán de la corrosión través de un sistema de protección catódica que cumpla con lo establecido en los códigos NACE RP 0169, NACE RP 0285, NACE RP 0193, UL 1746 y API RP 1632 vigentes.

A partir de la aplicación del sistema de protección catódico, se protegerán los fondos de tanque y tuberías en contacto con el suelo, además de minimizar la pérdida de corriente, es importante señalar que este sistema se monitoreará constantemente.

1.3. CONDICIONES DE OPERACIÓN

Todas las sustancias manejadas en la TAP VDM se encuentran en estado líquido, las condiciones de operación se describen a continuación para cada proceso.

1.3.1 Descarga de productos

Todos los productos manejados hacia el área de descargaderas trabajarán a temperatura ambiente y con un flujo de 429 Bbl/h, equivalentes a 300 GPM. La presión de operación será de 5.3 kg/cm² para Gasolinas, de 6.1 kg/cm² para Diésel y 4.6 kg/cm² para Turbosina, Etanol y MTBE. La gravedad específica de las Gasolinas será de 0.70-0.77, de 0.815-0.87 para Diésel, para Turbosina de 0.837 y para MTBE y Etanol de 0.740 y 0.79, respectivamente (Tabla 1.32).

Por otra parte, el flujo de salida hacia los tanques de almacenamiento será de 1,714 Bbl/h, equivalente a 1,200 GPM para Gasolinas, con excepción de la Gasolina Regular ZM que tendrán un flujo de 4,286 Bbl/h equivalentes a 3,000 GPM, por su parte la Turbosina, el tanque MTBE y el Etanol, tendrán un flujo 857 Bbl/h (600 GPM), mientras que el Diésel tendrá un flujo de 3,249 Bbl (2,400 GPM), y el flujo hacia el tanque Transmix será de 429 Bbl/h es decir, 300 GPM. Las presiones de operación serán iguales a las condiciones de entrada a las descargaderas, la presión de operación del tanque Tansmix será de 4.6 kg/cm². Las condiciones de gravedad específica y viscosidad no se verán alteradas durante el transporte de los fluidos, por lo cual serán las mismas a las descritas en el párrafo anterior (Tabla 1.32).

Tabla 1.32. Condiciones de operación durante la descarga de productos

Producto	Hacia descargaderas				Hacia tanques de almacenamiento		
	Temperatura	Flujo	Presión	Gravedad específica	Flujo	Presión	Gravedad específica
Gasolina	Ambiente	429 Bbl/h	5.3 kg/cm ²	0.70-0.77	1,714 Bbl/h	Igual que hacia descargaderas	Igual que hacia descargaderas
Gasolina regular ZM	Ambiente	429 Bbl/h	5.3 kg/cm ²	0.70-0.77	4,286 Bbl/h	Igual que hacia descargaderas	Igual que hacia descargaderas
Diésel	Ambiente	429 Bbl/h	6.1 kg/cm ²	0.815-0.87	3,249 Bbl	Igual que hacia descargaderas	Igual que hacia descargaderas
Turbosina	Ambiente	429 Bbl/h	4.6 kg/cm ²	0.837	857 Bbl/h	Igual que hacia descargaderas	Igual que hacia descargaderas
Etanol	Ambiente	429 Bbl/h	4.6 kg/cm ²	0.79	857 Bbl/h	Igual que hacia descargaderas	Igual que hacia descargaderas
MTBE	Ambiente	429 Bbl/h	4.6 kg/cm ²	0.740	857 Bbl/h	Igual que hacia descargaderas	Igual que hacia descargaderas

Cabe mencionar que las presiones de operación se ajustarán durante el desarrollo de la ingeniería a detalle.

En el ANEXO 4 se encuentra el DFP del área de descarga con clave de identificación 681431-VM-PR-DFP-001_0 en el que se pueden observar los parámetros descritos anteriormente. Mientras que en el ANEXO 3 se encuentran los DTI asociados a este proceso, los cuales comprenden los siguientes:

- 681431-VM-PR-DTI-018_0. Distribución de productos
- 681431-VM-PR-DTI-056_C. Sistemas de filtración de turbosina
- 681431-VM-PR-DTI-010_0. Isla de descarga 1
- 681431-VM-PR-DTI-011_0. Isla de descarga 2
- 681431-VM-PR-DTI-012_0. Isla de descarga 3
- 681431-VM-PR-DTI-013_0. Isla de descarga 4
- 681431-VM-PR-DTI-014_0. Isla de descarga 5
- 681431-VM-PR-DTI-015_0. Isla de descarga 6
- 681431-VM-PR-DTI-016_0. Isla de descarga 7
- 681431-VM-PR-DTI-051_C. Isla de descarga 8
- 681431-VM-PR-DTI-052_C. Isla de descarga 9
- 681431-VM-PR-DTI-036A_0. Descarga de producto

1.3.2 Almacenamiento de productos

Todos los tanques de almacenamiento de productos corresponden a tanques atmosféricos desnudos que soportarán únicamente la carga hidrostática de cada producto, las condiciones de temperatura y presión a las que trabajarán se desentenderán de las condiciones prevalecientes del medio, con lo cual se esperarían temperaturas entre 12 y 25°C y 0.760 kg/cm² absolutos (560 mm Hg) de presión.

Se contará con un sistema de telemetría diseñado conforme a la API MPMS 3.1B, el sistema de protección por sobrellenado se diseñará conforme al API RP-2350, con estos elementos se monitorearán las condiciones de operación de los tanques de almacenamiento. La instrumentación que lo compone es la siguiente:

- Transmisor de indicador de nivel tipo radar.
- Elemento de temperatura multi-punto con medición de nivel de agua.
- Transmisor indicador de presión.
- Interruptor de nivel por alto-alto.
- Indicador multi-variable a pie de tanque.
- Concentrador de señales.
- Alarma audible y visible.
- Estación de operación de control de inventarios.

En el ANEXO 4 se encuentran los DFP de tanques de almacenamiento de refinados y auxiliares, con clave de identificación 681431-VM-PR-DFP-002_0 y 681431-VM-PR-DFP-003_0. Los DTI asociados se encuentran en el ANEXO 3 y son los siguientes:

- 681431-VM-PR-DTI-019A_0. Tanques de almacenamiento de combustibles 1 de 2. Diésel, Diésel/Gasolina regular
- 681431-VM-PR-DTI-019B_0. Tanques de almacenamiento de combustibles 2 de 2. Turbosina/Diésel
- 681431-VM-PR-DTI-020A_0. Tanques de almacenamiento de combustibles. Gasolina regular ZM
- 681431-VM-PR-DTI-020B_0. Tanques de almacenamiento de combustibles 2 de 2. Gasolina regular RP/Premium RP y Gasolina Premium ZM/Premium RP
- 681431-VM-PR-DTI-038_0. Almacenamiento y distribución de etanol
- 681431-VM-PR-DTI-041_0. Almacenamiento y distribución de MTBE
- 681431-VM-PR-DTI-044_0. Tanque de Transmix gasolinas
- 681431-VM-PR-DTI-045_0. Tanque de Transmix/Diésel

1.3.3 Carga de productos

Durante el proceso de llegada de productos a llenaderas los combustibles se encontrarán a temperatura ambiente, las presiones variarán entre 4.6 kg/cm² para las Gasolinas premium y Turbosina, 5.3 kg/cm² para Gasolina regular

RP y 6.1 kg/cm² para Gasolina regular ZM y Diésel. El flujo del fluido será de de 2,142 Bbl/h para las Gasolinas regular RP, premium RP y Premium ZM; para la turbosina será de 1,428.6 Bbl/h, y de 3,571 Bbl/h para Diésel y 5,000 Bbl/h para la Gasolina regular ZM. La gravedad específica será mayor para la Turbosina con 0.837, y para el Diésel y la Gasolina Regular ZM, con 0.815-0.87; la Gasolina premium RP y ZM tendrán una gravedad específica de 785-809, y la Gasolina regular RP de 0.70-0.77. La viscosidad será variable entre 1.6-3.9 cP para Gasolina regular ZM, Diésel y Turbosina; de 0.6-0.9cP para la Gasolina premium RP y premium ZM; y 0.4-0.5 cP para la Gasolina regular RP (Tabla 1.33).

Los productos desde las llenaderas hacia los autotanques tendrán un flujo de 714.3 Bbl/h una presión de 2.1 kg/cm² y estarán a temperatura ambiente. La gravedad específica será de 0.7-0.77 para todos los productos, excepto Diésel, la cual será de 0.82-0.87. La viscosidad de 0.4-0.5 cP para todos los productos excepto para Diésel, que tendrá una viscosidad de 1.65-3.9 cP (Tabla 1.33).

Tabla 1.33. Condiciones de operación durante la carga de productos.

Producto	Hacia llenaderas					Hacia autotanques			
	Temperatura	Flujo	Presión	Gravedad específica	Viscosidad	Flujo	Presión	Gravedad específica	Viscosidad
Gasolina regular RP	Ambiente	2,142 Bbl/h	5.3 kg/cm ²	0.70-0.77	0.4 - 0.5	714.3 Bbl/h	2.1 kg/cm ²	0.7-0.77	0.4-0.5 cP
Gasolina regular ZM	Ambiente	5,000 Bbl/h	6.1 kg/cm ²	0.815-0.87	1.6 - 3.9	714.3 Bbl/h	2.1 kg/cm ²	0.7-0.77	0.4-0.5 cP
Gasolina premium RP	Ambiente	2,142 Bbl/h	4.6 kg/cm ²	0.785 - 809	0.6 - 0.9	714.3 Bbl/h	2.1 kg/cm ²	0.7-0.77	0.4-0.5 cP
Gasolina Premium ZM	Ambiente	2,142 Bbl/h	4.6 kg/cm ²	0.785-0.809	0.6 - 0.9	714.3 Bbl/h	2.1 kg/cm ²	0.7-0.77	0.4-0.5 cP
Diésel	Ambiente	3,571 Bbl/h	6.1 kg/cm ²	0.815-0.87	1.6 - 3.9	714.3 Bbl/h	2.1 kg/cm ²	0.82-0.87	1.65-3.9 cP
Turbosina	Ambiente	1,428.6 Bbl/h	4.6 kg/cm ²	0.837	1.6 - 3.9	714.3 Bbl/h	2.1 kg/cm ²	0.7-0.77	0.4-0.5 cP

En el ANEXO 4 se encuentra el DFP del área de carga con clave de identificación 681431-VM-PR-DFP-004_0 en el que se pueden revisar los parámetros descritos anteriormente, mientras que el ANEXO 3 contiene los DTI asociados a este proceso, los cuales son:

- 681431-VM-PR-DTI-022_0. Bombas de carga de gasolina premium ZM a autotanques
- 681431-VM-PR-DTI-023_0. Bombas de carga de gasolina premium RP a autotanques
- 681431-VM-PR-DTI-024_0. Bombas de carga de gasolina regular ZM a autotanques
- 681431-VM-PR-DTI-025_0. Bombas de carga de gasolina regular RP a autotanques
- 681431-VM-PR-DTI-026_0. Bombas de carga de diésel a autotanques
- 681431-VM-PR-DTI-027_0. Bombas de carga de turbosina a autotanques
- 681431-VM-PR-DTI-036B_0. Bombas de carga de diésel a autotanques
- 681431-VM-PR-DTI-039_0. Almacenamiento y distribución de etanol
- 681431-VM-PR-DTI-040_0. Bombas de carga de gasolina regular ZM a autotanques
- 681431-VM-PR-DTI-042_0. Almacenamiento y distribución de MTBE
- 681431-VM-PR-DTI-018_0. Distribución de productos
- 681431-VM-PR-DTI-021_0. Distribución de productos a llenaderas
- 681431-VM-PR-DTI-029_0. Llenaderas isla 1
- 681431-VM-PR-DTI-030_0. Llenaderas isla 2
- 681431-VM-PR-DTI-031_0. Llenaderas isla 3

- 681431-VM-PR-DTI-033_0. Llenaderas isla 4
- 681431-VM-PR-DTI-034_0. Llenaderas isla 5
- 681431-VM-PR-DTI-035_0. Llenaderas isla 6
- 681431-VM-PR-DTI-053_C. Llenaderas isla 7
- 681431-VM-PR-DTI-054_C. Llenaderas isla 8
- 681431-VM-PR-DTI-028_0. Bombas de trasvase

1.3.4 Especificaciones de Cuarto de Control.

El Cuarto de Control de Terminal de la TAP VDM estará integrado por tres niveles, nivel de operación, donde se tendrá un control de la operación de la planta, nivel de control, en donde se encuentran los gabinetes que llevarán las señales a un servidor para llevar a cabo la interface hombre-máquina y campo.

El nivel de operación constará de los siguientes elementos:

- Terminal Portátil: Esta se conectará a la red de Ethernet TCP/IP disponible.
- Estación de operación Sistemas de Seguridad: Desplegará pantallas de sistemas de seguridad (Detección de vehículos, entrada a planta y entradas principales.
- Servidores de Terminal
- GPS
- Estación de operación ingeniería
- Estaciones de operación PCS
- Estación de operación Utilities: Estación de operación para documentos de la planta, se considerará una pantalla cuádruple con monitores de 43".
- Impresora de reportes
- Monitores de Sistema de Automatización de la Terminal.

Todos los elementos del cuarto de control se conectarán a través de una Red de Ethernet redundante con protocolo de comunicación TCP/IP y velocidad de 10/100 Mbps. La fibra óptica será mono modo 8 a 10/125 μm , OS2 para operarse en ventanas de 1310 y 1550 nm, de 24 hilos o conductores ópticos con elemento dieléctrico central, y una cubierta exterior de polietileno.

A nivel de control, contará con un computador de flujo (FQI), el cual estará conectado a los futuros patines de medición, gabinete VM-SCD-01 (Controlador redundante PCS), control de válvulas, sistema de control de inventarios, panel de control de sistemas de seguridad.

En campo, para el control y monitoreo de las señales de los motores se considera un protocolo Modbus RS-485 desde los CCM inteligentes, estos últimos serán de alcance eléctrico. El gabinete VM-SCD-01 estará vinculado a los gabinetes remotos PCS que a su vez enviarán señales al SRV, inyección de tintes, aire de planta, tratamientos de agua aceitosa, agua de servicios, llenaderas, área de tanque y válvulas motorizadas. El sistema de control de inventarios estará vinculado a los tanques de almacenamiento.

En lo que respecta al equipo de monitoreo y control del Sistema de Paro por Emergencia (SPE), ubicado en el cuarto de control, este enviará señal dura (24 VCD) al SCD para avisar el paro de la planta, el sistema SCD se contactará a la red LAN para monitoreo a través del sistema de administración de la terminal. Por otra parte, el SDGF enviará señales al SPE en caso de alarma por fuego o alta concentración de gas combustible (Mezcla explosiva). El SPE desplegará una alarma en la estación de monitoreo y control SPE y en la HMI, dichas alarmas también se desplegarán en la estación de monitoreo y control del SCD.

La arquitectura del cuarto de control se puede consultar en el ANEXO 4, los archivos cuentan con claves de identificación 6814361-VM-IC-PL-001_0 H1 y 6814361-VM-IC-PL-001_0 H2.

1.3.5 Sistemas de Aislamiento

La TAP VDM contará con los siguientes sistemas de aislamiento:

1.3.5.1 Diques de contención

Como se describió, la Terminal contará con diques de contención para confinamiento de derrames, la capacidad de dichos diques se determinará en la ingeniería a detalle, sin embargo, su volumetría mínima será la necesaria para contener la capacidad total nominal del tanque de mayor volumen, más el volumen que otros tanques ocupan hasta la altura que tenga el muro de contención por la parte interior del dique. Se diseñará para contener y resistir la presión lateral que pueda transmitir la altura hidrostática,

1.3.5.2 Sistema de drenajes

La Terminal contará con tres tipos de drenaje, pluvial, sanitario y aceitoso, este último confinará los drenajes contaminados con aceite provenientes de los tanques de almacenamiento y talleres y evitará que entren en contacto con drenajes pluviales. Dichos drenajes, ingresarán a un sistema de tratamiento que separará aceite y agua, enviado ambos a tanques de almacenamiento para la posterior disposición final del aceite recuperado fuera de las instalaciones de la planta.

1.3.5.3 Sistema de tierras

La Terminal contará con un sistema de puesta a tierra y sistema de protección atmosférica (pararrayos) para las instalaciones y equipos de diversas áreas, de acuerdo a la NFP A77 y la NOM-006-ASEA-2016.

1.3.5.4 Sistema contra incendio

La Terminal contará con un Sistema contra incendio diseñado con base a las recomendaciones del Análisis de Riesgo de Procesos y Análisis de Consecuencias, así como las normas NFPA 11, API 2610, NFPA 14, NFPA 15, NFPA 20, NFPA 22, NFPA 25 y NFPA 30 en cumplimiento con la NOM-006-ASEA-2016.

El sistema se encuentra diseñado para combatir de forma ininterrumpida la demanda más grande por 4 horas.

1.3.5.5 Sistema de detección de gas y fuego

Además del SCI, la Terminal contará con un SDGF, que contará con un tablero control para detección de gas y fuego, alarmas audibles y visibles, estaciones manuales de alarma, detectores de fuego, detectores de gas combustible, detectores de gas hidrógeno y detectores de humo. A partir de su implementación se buscará prevenir y minimizar el daño al personal y las instalaciones a través del monitoreo de la instrumentación del SDGF.

1.3.5.6 Sistema de supresión en edificios.

Se contará con un sistema de supresión a base de agente limpio Heptafluoropropano tipo paquete bajo el concepto inundación total. El diseño estará de acuerdo a los requerimientos del NFPA 2001, ed. 2018. También se contará con un sistema de supresión a base de CO₂ tipo paquete, el diseño de este sistema estará bajo los lineamientos del NFPA 1981 E. 2019.

1.3.5.7 Sistema de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)

A partir del CCTV se realizará el monitoreo, supervisión y vigilancia de la TAP VDM, por medio de cámaras fijas móviles OP para uso interior o exterior, estas últimas contarán con carcasas resistentes a las condiciones ambientales y clasificación eléctrica.

El sistema CCTV se conformará por los siguientes equipos como mínimo

- Cámaras de video IP fijas y móviles (tipo domo, bala y ptz.).
- Equipos de monitoreo.
- Estación de trabajo.
- Teclado y joystick.
- Grabador digital de video.
- Software de gestión, operación y configuración.
- Equipo codificador de alarmas.
- Gabinetes y cajas de accesorios de conexión.
- Infraestructura de canalización.
Sistema de detección e intrusión

El sistema de control de acceso se encontrará dividido en dos subsistemas, que se presentan en la Tabla 1.34.

Tabla 1.34. Componentes del sistema de detección e intrusión.

Subsistema de control de acceso peatonal	Subsistema de control de acceso vehicular
<p>Su función será registrar, controla y gestionar la entrada y salida del personal a las instalaciones y con ello incrementar los niveles de seguridad. La configuración incluirá un sistema de monitoreo y control propio para altas y bajas de registros de personal. Se utilizará la infraestructura de la red LAN y sistema de voz como medio de transporte de señales. Estará conformado por los siguientes equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Servidor de administración y configuración • Software de operación. • Controladores locales. • Lectores de proximidad. • Botones liberadores. • Contactos magnéticos. • Chapas electromagnéticas sencillas y dobles. • Impresora de tarjetas. • Infraestructura de canalización. 	<p>Permitirá el control automatizado de la entrada de auto-tranques a las instalaciones para realizar operaciones de descarga y carga de producto, así como permitir su salida. Los registros se compartirán con el Sistema de Control Distribuido. El sistema contará con los siguientes equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Servidor de administración y configuración • Software de operación. • Controladores locales. • Botones liberadores. • Barreras de acceso vehicular. • Antenas RFID de largo alcance de acceso vehicular. • Sensores de masa. • Sensores de haz fotoeléctrico. • Infraestructura de canalización.

1.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

En el Capítulo V de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) se aborda el tema referente a lo que llama como “Actividades Consideradas como Altamente Riesgosas”; en su artículo 146 establece que la clasificación de estas actividades se realizará de acuerdo a “las características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas (CRETIB) para el equilibrio ecológico o el ambiente, de los materiales que se generen o manejen en los establecimientos industriales, comerciales o de servicios, considerando además los volúmenes de manejo y la ubicación del establecimiento.”

A partir de 1988 cuando se publicó la Ley, se han dado a conocer en el Diario Oficial de la Federación dos listados que hacen referencia a las sustancias tóxicas (28 de marzo de 1990), explosivas e inflamables (4 de mayo de 1992) cuya presencia en las actividades, en cantidad igual o superior a las cantidades referidas en dichos listados, permiten considerarlas como altamente riesgosas.

En este contexto el riesgo ambiental se define como la probabilidad de que ocurran accidentes que involucren a los materiales peligrosos que se manejan en las actividades altamente riesgosas, y que puedan trascender los límites de sus instalaciones y afectar adversamente a la población, los bienes, al ambiente y los ecosistemas. La evaluación de dicho riesgo comprende la determinación de los alcances de los accidentes y la intensidad de los efectos adversos en diferentes radios de afectación.

Los riesgos que pueden presentarse en durante la operación de un proyecto o instalación están en función de la naturaleza de las sustancias, y materiales que utilizan y de las variables presentes en su proceso u operación, tales como: temperatura, presión, flujo, volumen, etc., con la cuales se determinan las causas de los riesgos posibles y sus consecuencias.

Dentro del proceso de la Terminal de Almacenamiento de Petrolíferos Valle de México (TAP VDM) se almacenarán grandes volúmenes de gasolinas y etanol, que excederán la cantidad de reporte establecida en el segundo listado de actividades altamente riesgosas, el cual es de 10,000 barriles para gasolinas y 20,000 kg para etanol. Por otra parte, también se almacenarán volúmenes importantes de diésel y turbosina, sin embargo, en los listados de actividades altamente riesgosas se consideran sustancias en estado líquido con temperatura de inflamación de 37.8°C y 21.1 °C de temperatura de ebullición y de acuerdo a las hojas de seguridad el diésel posee una temperatura de inflamación de 45 °C, y la turbosina una temperatura de ebullición de 205 °C y 38 ° C de inflamación, por lo cual no se encuentran normados, sin embargo son combustibles que pueden ser riesgosos para la salud y el medio ambiente, y dado que tanto la gasolina y el etanol sobrepasan las cantidades de reporte de los listados de actividades altamente riesgosas es necesario realizar el estudio de riesgo de la TAP VDM.

De acuerdo a la experiencia, quizá uno de los eventos de riesgo más frecuentes ocurre en el derrame de alguno de los tanques de almacenamiento o la ignición de los vapores acumulados en ellos, los cuales serían probablemente los escenarios más catastróficos y con mayores afectaciones a las instalaciones, el personal y el ambiente.

En los Estados Unidos de América, las agencias Federales de U.S.E.P.A., DOT y la Federal Emergency Management Agency, a través de los años y experiencia operativa de este tipo de instalaciones, ha podido reunir en estudios y estadísticas, información que permite llegar a conocer una probabilidad de fugas en terminales de almacenamiento, en la Tabla Tabla 1.35 se presentan las bases para la evaluación de incidentes por el manejo de combustibles en estado líquido en instalaciones fijas.

Tabla 1.35. Probabilidad de fugas. Fuente: Federal Emergency Management Agency.

Supuestos	Probabilidad de fugas y derrames	Incidentes
Fuga en accesorios o por tubería	0.0000015 / año	90% de veces por orificio de una pulgada de diámetro
Fuga o derrame	0.0000015 / año	10% de veces por ruptura total

La aplicación de este criterio se considera como equivalente también para las suposiciones o escenarios en los cuales se estime la falta de una brida o un empaque, en las que por falta de mantenimiento o reposición podría presentarse un derrame en ese punto. Asimismo, los riesgos derivados son una posible formación de un charco de fuego, una nube inflamable o una nube explosiva.

La probabilidad de fugas o derrames de los líquidos combustibles aumenta significativamente cuando existe una falta de mantenimiento o este se realiza de manera inadecuada, o cuando no se han considerado las medidas necesarias de protección, como las pruebas de verificación contra la corrosión o el desgaste.

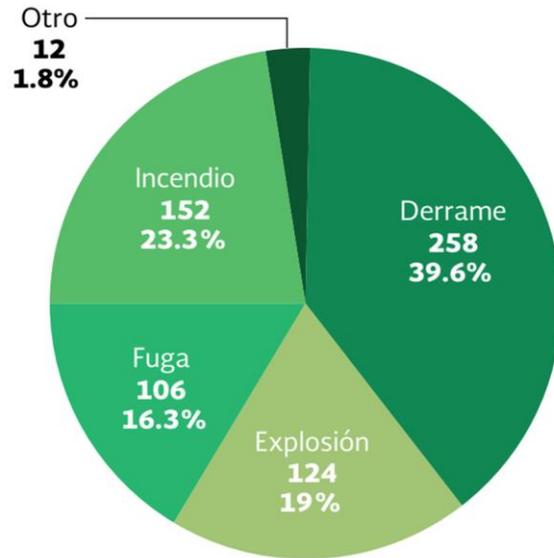
Con base en la inspección técnica y los Diagramas de Tuberías e Instrumentación (DTI) del sistema de almacenamiento y distribución, se identificarán y jerarquizarán los principales riesgos que podrían ocurrir en las instalaciones de la TAP VDM.

1.4.1 Antecedentes de Accidentes e Incidentes

La industria de hidrocarburos ha tenido cambios importantes en las últimas décadas, desde avances tecnológicos, como cambios en los procesos y técnicas de almacenamiento y distribución. Todos estos avances han provocado el crecimiento de la industria, incrementando su capacidad de producción, lo que también ha provocado el aumento del número de personas que trabajan en las plantas de proceso y viven en los alrededores, que pueden estar expuestas a las consecuencias de un accidente en una instalación industrial. Esto ha propiciado una toma de conciencia y la aparición de metodologías y técnicas para la identificación de peligros, con la finalidad de disminuir el riesgo de accidentes.

El análisis histórico de accidentes es una herramienta de identificación de riesgos que hace uso de los datos recogidos sobre accidentes en el pasado. La principal ventaja de este análisis radica en que se refiere a accidentes ya ocurridos y por lo tanto a eventos reales, algunos de ellos con circunstancias conocidas. A pesar de que esta técnica es solamente un paso inicial en el análisis de riesgos, permite dar una idea de qué dirección seguir en una empresa, que tiene instalaciones análogas a otras empresas y que procesa sustancias similares a ellas, en las que ya ha ocurrido un accidente. Esto lleva al inicio de un análisis de riesgo partiendo de la verosimilitud que poseen los escenarios que puedan plantearse en tanto si son probables o no que sucedan.

En 2017 la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) recibió 652 notificaciones sobre la ocurrencia de emergencias ambientales, de las cuales 258 fueron ocasionadas por derrames de hidrocarburos y otras sustancias químicas, 124 por explosiones, 106 se debieron a fugas, 152 a incendios en áreas forestales y 12 a otras causas (Figura 1.11).



Fuente: PROFEPA, 2017

Figura 1.11. Distribución por causante de emergencias notificadas a PROFEPA en 2017. Tomado de PROFEPA, 2017

Del total de emergencias, la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA) atendió 262 casos debido a que se trató de eventos del sector hidrocarburos (Figura 1.12).

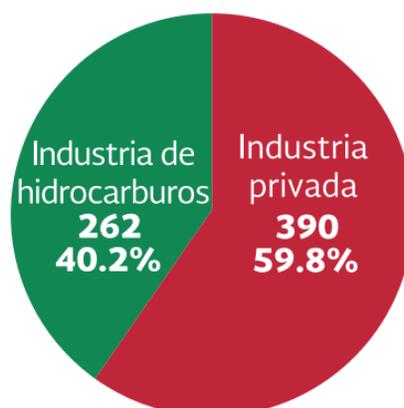


Figura 1.12. Distribución por actor de emergencias notificadas en 2017. Tomado de PROFEPA, 2017.

A continuación, se describen los eventos de emergencias o accidentes más recientes, relacionados con instalaciones como la que se analiza en este estudio:

Refinería “Ing. Antonio M. Amor”, Salamanca, Guanajuato: El 15 de marzo de 2017 ocurrió una explosión en la Terminal de Almacenamiento y Distribución de Salamanca, Guanajuato, en el área de llenaderas mientras se llevaban a cabo maniobras de carga a un autotanque. La explosión ocurrió alrededor de las 3:30 de la tarde en la puerta 4 del área mencionada. Una pipa era cargada con combustible cuando presuntamente hubo un cortocircuito que ocasionó la explosión.

Refinería de Pemex Antonio Dovali Jaime, Salina Cruz, Oaxaca: Se registró un incendio el 14 de junio de 2017 dejando un saldo de al menos nueve heridos. Un tanque de almacenamiento de 500 mil litros de petróleo crudo se incendió en el patio de almacenamiento de la refinería. El siniestro derivó de un corto circuito en unos transformadores tras la inundación provocada por las fuertes lluvias que ocasionó la tormenta tropical Calvin y que llevó al cese temporal de actividades.

A las 9:00 horas los vecinos escucharon una fuerte explosión y enseguida se levantó una columna de humo, media hora después se escuchó una segunda explosión. La contingencia provocó la evacuación de al menos 800 familias de colonias cercanas y dejó un saldo de nueve heridos.

Buncefield, Gran Bretaña: En la mañana del domingo 11 de diciembre de 2005 ocurrieron múltiples explosiones en el depósito de combustible de Buncefield. A las 6:00am se escuchó el estruendo del evento principal, reportándose un movimiento de magnitud 2.4 en la escala de Richter.

Columnas gigantescas de humo negro se esparcieron en toda la zona alcanzando unos 3 kilómetros de altura, mientras que las llamas de fuego crecían sin control elevándose unos 60 m. Veinte tanques de almacenamiento de combustible contribuyeron con el incendio; el total de combustible contenido en dichos tanques era aproximadamente 225,000 m³. Las nubes oscuras fueron reportadas por imágenes vía satélite cubriendo 80 mil metros cuadrados momentos después de la explosión. Testigos de Francia, Bélgica y los Países Bajos, a más de 160 kilómetros, afirmaron haber escuchado un sonido similar al producido por un sismo o una explosión. Múltiples explosiones secundarias de menor magnitud sucedieron minutos después.

En edificaciones cercanas al depósito se desprendieron puertas de sus marcos y se quebraron los cristales de las ventanas hasta unos 8 kilómetros del lugar. Resultaron heridas 43 personas, la mayoría de éstas con lesiones leves debidas a los vidrios y otros objetos que volaban y a dificultades respiratorias por el humo intenso. En los interiores de algunas viviendas se hallaron grietas en paredes y techos.

Brigadas de policías y bomberos arribaron a la zona para enfrentar el siniestro. Alrededor de dos mil personas fueron evacuadas, algunos de ellos traumatizados y bajo condiciones de estrés posttraumático. Los habitantes de zonas próximas fueron advertidos de mantenerse en sus casas y hacer uso de las líneas telefónicas de emergencia. El fuego comenzó a ser apagado por los bomberos un día después mediante el uso de agua y espuma. Las llamas se mantuvieron ardiendo durante varios días, desprendiendo una cantidad de contaminantes equivalentes al 6% de las emisiones anuales que ocurren en todo el Reino Unido. El incidente fue identificado como el “más grande incendio visto en época de paz en Europa” desde la Segunda Guerra Mundial en 1945. Se consumieron unos 105,000 m³ de derivados de petróleo provenientes de 23 tanques de almacenamiento, dejando más de 200 viviendas dañadas y miles de desempleados como consecuencia de los 630 negocios perjudicados.

Causas del accidente: el sábado 10 de diciembre de 2005, sobre las 18:50 horas comenzó el llenado del tanque 912 de la HOSL, con gasolina sin plomo. El tanque, que tenía una capacidad de 6 millones de litros, estaba dotado de un sistema automático de medida del nivel del depósito. A las 03:05 horas del domingo 11 de diciembre, el display asociado al sistema de control del nivel dejó de registrar la medida de nivel del tanque, aunque éste continuó llenándose. Por tanto, las alarmas de alto nivel y muy alto nivel no se activaron puesto que la lectura de nivel siempre se encontraba en valores inferiores. El depósito también estaba dotado de un sistema independiente de control de alto nivel, cuya finalidad era parar el sistema de llenado automáticamente, cerrando las válvulas de entrada de producto y poniendo en marcha una alarma. Este sistema también falló y, por tanto, no se tuvo registro del nivel alcanzado en el depósito. Sobre las 5:37 horas el tanque se llenó por completo y el combustible comenzó a derramarse.

El circuito cerrado de televisión de la terminal mostró que, al poco tiempo de comenzar el derrame de combustible, una nube de vapor comenzó a ser visible en el cubeto en el que estaba situado el depósito.

Esta nube de vapor también fue vista por algunos de los camioneros que esperaban para llenar sus vehículos, así como por personal ajeno al establecimiento, alertando a los empleados de la instalación. La alarma de incendios se pulsó a las 6:01 horas, poniéndose en marcha la bomba de incendios. Casi inmediatamente, se produjo la explosión de la nube de vapor, cuya ignición se produjo, probablemente, por una chispa debida a la puesta en marcha de la bomba.

Cuando ocurrió la explosión, se calcula que del depósito se habían derramado aproximadamente unos 250.000 litros de combustible.

Glenpool, Oklahoma, Estados Unidos: El día 27 de abril de 2003, aproximadamente a las 20:55 horas (tiempo local) un tanque de almacenamiento con capacidad de 80,000 barriles de gasolina perteneciente a la compañía Conoco Phillips explotó y se incendió cuando estaba siendo llenado con diésel. El tanque 11, previamente había contenido gasolina, la cual había sido removida previamente al inicio de las operaciones del día en cuestión.

El tanque contenía entre 7,397 y 7,600 barriles de diésel al momento de la explosión. Lo anterior dio como resultado que el incendio se extendiera durante 21 horas dañando adicionalmente 2 tanques contiguos. Los daños se valoraron en más de \$2, 300,000 dólares americanos, aunque nadie falleció ni resultó herido.

A través de las investigaciones realizadas, se determinó que la causa más probable del incidente fue la formación de una mezcla volátil en el interior del tanque. Durante los días anteriores al evento el tanque había sido parcialmente vaciado hasta alcanzar un volumen de aproximadamente 10% de su máxima capacidad. La velocidad de conducción de combustible fue considerada alta en relación a las recomendaciones dadas en los procedimientos de manejo de la planta. Debido a la disminución del volumen de combustible, el techo flotante descendió y parte de las paredes internas del tanque quedaron humedecidas. Dichas paredes, al secarse, pudieron facilitar la formación vapores de combustible dentro del recipiente. La fuente probable de ignición fue una descarga eléctrica de una línea del tendido energético cercano.

Refinería de Puertollano, España: El siniestro se inició sobre las 08.15 horas del día 14 de agosto de 2003 en un tanque de gasolina de la Unidad 100, que acabó afectando otros seis tanques más que almacenaban unos 8.600 metros cúbicos de gasolina durante más de 48 horas. La misma tarde del jueves, a las 20:30 horas, el colapso de uno de los tanques provocó una nueva nube de fuego, que reavivó el peligro.

Asimismo, el día 15 a las 07.00 horas, se descubrió una fisura en la cubeta donde se encontraban instalados los tanques de gasolina. El accidente provocó la constitución de un Comité de Crisis, que puso en marcha un importante despliegue de medidas y de medios. Activándose inmediatamente el Plan de Emergencia Interior, planteándose en algún momento la implementación del Plan de Emergencia Exterior, que contemplaba la evacuación de la población.

Durante los dos días que tardó en apagarse el incendio actuaron los efectivos del propio Complejo Petroquímico, de Emergencia Ciudad Real, especialistas provenientes de las refinerías de Bilbao, Cartagena, La Coruña y Tarragona, efectivos de la Policía Local, Nacional, Cruz Roja, Protección Civil y bomberos de Madrid y Murcia, además de especialistas de la empresa británica William Fire. A lo largo de la jornada del 14 de agosto de 2003 acudieron a Puertollano y permanecieron durante toda la noche siguiente, el entonces ministro de Trabajo, Eduardo Zaplana, el que era presidente regional, José Bono, el ex vicepresidente y hoy presidente de Castilla La Mancha, José María Barreda, y el presidente de Repsol-YPF, Alfonso Cortina.

1.4.2 Metodología de Identificación y Jerarquización

Dentro del análisis preliminar de riesgo se cuenta con diferentes etapas que confluyen no solo en la identificación y cuantificación de los riesgos sino también en la identificación de zonas críticas, la identificación de los peores escenarios, entre otros. La primera etapa corresponde a un análisis **cualitativo**, para este análisis es necesario establecer una secuencia metodológica de las etapas del proyecto, identificar los procesos, equipos y, dependiendo de la metodología, desarrollar una lista de actividades, peligros, las condiciones que le dieron origen y acciones correctivas o preventivas para minimizar los riesgos.

Existen diferentes metodologías para en análisis cualitativo de riesgo, entre las más utilizadas se encuentran las siguientes:

- ¿Qué pasa sí?
- Lista de verificación/ ¿Qué pasa sí?
- Análisis de Peligros y Operatividad (HAZOP)
- Método Muhlbauer

Para el análisis cualitativo de este proyecto se seleccionó la metodología HAZOP (Hazard and Operability por sus siglas en inglés), también conocida como Análisis funcional de operatividad; se seleccionó este método ya que permite identificar y evaluar detalladamente las desviaciones de las variables de proceso con respecto a las condiciones normales de operación de un sistema en una etapa determinada; además de que brinda las bases jerarquizadas para un análisis de riesgo posterior.

Esta metodología es una técnica cualitativa de identificación de riesgos, a través de la cual se crean distintos escenarios que representan un riesgo para la integridad humana, el ambiente, la infraestructura o la producción.

La técnica consiste en analizar sistemáticamente y mediante un enfoque multidisciplinario tanto las causas como consecuencias de las desviaciones de cada variable de proceso, las cuales se plantean a través de una palabra guía.

La información necesaria para realizar el análisis es:

- Planos de localización de la planta
- Diagramas de flujo mecánico
- Diagramas de tubería e instrumentación
- Datos sobre las propiedades físicas y químicas de las sustancias utilizadas
- Datos acerca del entorno del sitio del proyecto

- Información meteorológica y topográfica del sitio

La primera fase del estudio HAZOP consiste en la delimitación de las áreas a las cuáles se les debe aplicar la técnica. En una instalación de proceso, la cual se puede plantear como un sistema objeto de estudio, estas áreas consistirán en una serie de subsistemas que corresponden a entidades funcionales que son factibles de abstraerse del sistema.

En cada subsistema se identificarán una serie de nodos que constituyen puntos medulares dentro de ese subsistema, cada nodo será numerado de manera correlativa y en el sentido del proceso para facilitar su identificación y análisis. La técnica HAZOP entonces se aplicará a cada nodo, los cuales estarán determinados por una serie de condiciones específicas para su correcto funcionamiento, así como del subsistema. Los criterios para seleccionar los nodos serán en consideración de los puntos del proceso en los cuales puede existir una variación significativa de alguna de las variables del proceso.

Para cada nodo se planteará de forma sistemática las desviaciones de cada variable mediante la palabra guía (Tabla 1.36) las cuales se utilizan para indicar el concepto que representan en cada uno de los nodos definidos, ya sea que entren o salgan de un elemento determinado. De cada nodo, se plantean sistemáticamente todas las posibles desviaciones que implican la aplicación de la palabra guía dentro de la variable de proceso, empleando todas las posibles combinaciones entre ambas variables y de manera paralela indicar las posibles causas de estas desviaciones, sus consecuencias, acciones que se realizarán dentro del proceso para evitar las desviaciones y observaciones o recomendaciones.

Tabla 1.36. Palabras guía usadas en la metodología HAZOP.

Palabra guía	Significado
NO	Ausencia de la variable a la cual se aplica
MÁS	Aumento cuantitativo de una variable
MENOS	Disminución cuantitativa de una variable
INVERSO	Analiza la inversión en el sentido de la variable. Se obtiene el efecto contrario al que se pretende
ADEMÁS DE	Aumento cualitativo. Se obtiene algo más que las intenciones del diseño.

El proceso aplicado de la metodología se ilustra de la siguiente manera:

1. Identificación de un proceso
2. Dividir el proceso en nodos
3. Seleccionar un nodo
4. Explicar la intención de diseño del nodo
5. Aplicar la primera palabra guía
6. Proponer una desviación factible
7. Examinar las posibles causas
8. Examinar las posibles consecuencias
9. Detectar los peligros
10. Identificar los equipos de protección instalados
11. Repetir del punto 6 al 10 para todas las desviaciones
12. Repetir del punto 5 al 11 para todas las palabras guía
13. Poner señal sobre el nodo examinado
14. Repetir del punto 3 al 13 para cada nodo
15. Poner señal sobre el proceso analizado
16. Repetir del punto 1 al 15 para todos los procesos

Para realizar el análisis HAZOP de la TAP VDM, éste se dividió en tres procesos: descarga de productos, almacenamiento de productos, carga de productos y en nueve nodos, de acuerdo a la ingeniería básica extendida. Cada nodo identificado contempla los equipos e instrumentos que son similares, es decir que cada uno de los nodos es aplicable a todos los TV, o brazos de descarga, o bombas o tanques, dependiendo el proceso del que se trate. En el proceso de descarga de producto desde autotanque se identificaron 3 nodos en cada bomba, para cada isla de descarga.

El primero nodo identificado para este proceso comienza en la manguera de descarga y termina en la válvula check de 4" Ø que se encuentra a la salida del tanque a presión horizontal después del filtro tipo canasta, el nodo incluye la bomba de tipo desplazamiento positivo de vaciado del sistema de descarga, que se reconecta al sistema a través de una válvula check y una válvula de compuerta.

El segundo nodo abarca desde la válvula check de 4" Ø de entrada al patin de medición hasta el cabezal de distribución. El tercer nodo comprende de la salida del cabezal de distribución hasta la válvula de entrada MOV, antes del tanque de almacenamiento, al igual que el cuarto nodo, con la peculiaridad que el proceso de la turbosina contempla un sistema de filtración micrónico coalescente, por lo que se decidió considerarlo como un nodo independiente.

En el proceso de almacenamiento de los combustibles se identificaron dos nodos, ambos abarcan desde la válvula MOV de entrada al tanque hasta la válvula MOV de salida, sin embargo, el segundo nodo contempla el sistema separador ciclónico específico para el proceso del tanque de turbosina/diésel.

En el proceso de carga de autotanques se identificaron tres nodos, el primero desde la válvula de salida MOV del tanque hasta válvula de compuerta de entrada a isla de llenado; el segundo abarca los mismos equipos además del filtro micrónico de turbosina U-202; el tercer nodo abarca de la válvula de compuerta de entrada a filtro canasta en isla de llenado hasta el brazo de descarga.

Tabla 1.37. Identificación de nodos por proceso de la TAP VDM.

Proceso	Número de nodos	Descripción
Descarga de productos	4	Desde manguera de descarga hasta válvula check de 4" Ø antes de patin de medición. Se incluye manguera, brazo de descarga, bomba centrífuga horizontal y bomba de desplazamiento positivo.
		Desde válvula check de 4" Ø de entrada a patin de medición hasta cabezal de distribución.
		Desde salida del cabezal de distribución hasta válvula de entrada MOV.
		Desde salida de cabezal de distribución hasta válvula MOV.. Incluye filtro micrónico coalescente. Para descarga de turbosina.
Almacenamiento de productos	2	Desde válvula de entrada MOV hasta válvula de salida MOV. Incluye tanque de almacenamiento.
		Desde válvula de entrada MOV hasta válvula de salida MOV. Incluye tanque de almacenamiento de turbosina/diésel y sistema separador ciclónico.
Carga de productos	3	Desde válvula de salida MOV del tanque hasta válvula de compuerta de entrada a isla de llenado, incluye filtro canasta y bomba centrífuga a llenaderas.
		Desde válvula de salida MOV del tanque hasta válvula de compuerta de entrada a isla de llenado, incluye filtro canasta y bomba centrífuga a llenaderas, incluye filtro micrónico de turbosina U-202.
		Desde válvula de compuerta de entrada a filtro canasta en isla de llenado hasta brazo de descarga, incluye patín de medición.

La esquematización de los nodos en los diagramas de tuberías e instrumentación se pueden consultar en el ANEXO 6.

1.4.3 Jerarquización de riesgos

Con la finalidad de integrar al análisis una categorización semicuantitativa a la metodología HAZOP, a continuación se desarrolla la metodología para la jerarquización y construcción de la matriz de riesgos.

La jerarquización de riesgos consiste en clasificar los diferentes escenarios que fueron identificados a partir de un análisis cualitativo según la frecuencia de incidencia de estos, así como las consecuencias, para la definición de ambas, fue indispensable la definición de un equipo multidisciplinario que conociera a fondo el proceso.

Para la definición de las consecuencias (severidad) se establecieron seis categorías, del 1 al 6, y cada una de ellas se definió en términos de diferentes receptores: económicos (producción/instalación), sociales y ambientales; dependiendo de la gravedad, entre mayor sea la categoría, mayor es la severidad (Tabla 1.38).

Tabla 1.38. Clasificación de las consecuencias para los distintos escenarios de riesgo

Categoría	Receptores de riesgo			
	Personal	Población	Ambiente*	Producción /Instalación
6	Heridas y daños físicos o la muerte	Heridas o daños físicos con lo que pueden resultar en más de 100 muertes	Fuga o derrame externo que no se pueda controlar en una semana	Superior a 500,000 USD
5	Heridas daños físicos que generen incapacidad permanente	Heridas o daños físicos con lo que pueden resultar de 15 a 100 muertes	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en una semana	De 250,000 a 500,000 USD
4	Heridas o daños físicos que generen incapacidad por un mes	Heridas o daños físicos con lo que pueden resultar de 4 a 14 muertes	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en un día	De 50,000 a 250,000 USD
3	Heridas o daños físicos que generen incapacidad de 15 días	Heridas o daños físicos que pueden resultar hasta 3 muertes	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en algunas horas	De 25,000 a 50,000 USD
2	Heridas o daños físicos que pueden ser atendidas con primeros auxilios	Heridas o daños físicos que pueden atenderse con primeros auxilios y donde se requiera evacuación, exista liberación de ruidos, olores y se afecte la calidad visual del entorno	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en menos de una hora	De 5,000 a 25,000 USD
1	No se esperan heridas o daños físicos	No se esperan heridas o daños físicos, así como ruidos, olores e impacto visual imperceptibles	No existe fuga o derrame externo	Menor a 5,000 USD

*Los tiempos establecidos para controlar la fuga externa incluye el tiempo de detección de la misma.

Para la determinación de frecuencias (probabilidad de ocurrencia) también se definieron seis categorías, cada una con un tipo de ocurrencia en función del tiempo, que van desde 6 o muy frecuente hasta 1 o extremadamente raro, como indica la Tabla 1.39.

Tabla 1.39. Clasificación de frecuencia para los escenarios de riesgo.

Categoría de frecuencia	Tipo	Descripción
6	Muy frecuente	Ocurre una o más veces por año
5	Frecuente	Ocurre una vez en un periodo entre 1 y 3 años
4	Poco frecuente	Ocurre una vez en un periodo entre 3 y 5 años
3	Raro	Ocurre una vez en un periodo entre 5 y 10 años
2	Muy raro	Ocurre solamente una vez en la vida útil de la planta
1	Extremadamente raro	Evento que es posible que ocurra, pero no se ha tenido registro.

Una vez realizada la ponderación de frecuencia y severidad para cada receptor (personal, población, medio ambiente y producción/instalación) de cada desviación obtenida de la identificación de riesgos, se procedió a jerarquizar cada desviación, para ello, se obtuvo el producto de los valores de frecuencia y severidad, los resultados se compararon con una matriz de riesgo elaborada a partir de la contraposición de las categorías de consecuencias (severidad) y frecuencias (Tabla 1.40) de acuerdo a las definiciones de cada tipo de riesgo; a partir de esta matriz fue posible definir la zona de tolerancia en que se encuentran las desviaciones (No tolerable, indeseable, aceptable con controles o tolerable) (Tabla 1.41).

Tabla 1.40. Matriz de riesgo

Variable		Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
Frecuencia	6	C	B	A	A	A	A
	5	C	C	B	B	A	A
	4	D	C	C	B	B	A
	3	D	C	C	C	B	A
	2	D	D	C	C	C	B
	1	D	D	D	D	C	C

Tabla 1.41. Descripción de las regiones de riesgo.

Región de riesgo	Descripción
No tolerable "A"	Tipo de riesgo en el cual es necesaria la implementación de acciones inmediatas temporales y permanentes. Así como establecer controles inmediatos temporales si se debe seguir operando y finalmente realizar una administración de riesgos por medio de controles de ingeniería hasta reducirlo a riesgo tipo C.
Indeseable "B"	Tipo de riesgo en el cual es necesaria la implementación de acciones inmediatas temporales y permanentes. Así como establecer controles inmediatos temporales si se debe seguir operando y finalmente realizar una administración de riesgos por medio de controles de ingeniería hasta reducirlo a un riesgo tipo C o D.
Aceptable con controles "C"	Tipo de riesgo significativo, sin embargo es posible que sea gestionado con controles administrativos, es aceptable siempre y cuando se establezcan controles permanentes.
Tolerable "D"	Tipo de riesgo que no requiere acciones correctivas y preventivas, representa un riesgo de bajo impacto y es posible continuar con la operación actual para mantener la integridad de todos los receptores de riesgo.

Los tipos de riesgo "B" y "C" se encuentran dentro de la zona ALARP (As Low As Reasonably Practicable, por sus siglas en inglés) (Figura 1.13) es decir, tan bajo como sea razonablemente práctico. La zona ALARP se basa en la premisa de emplear elevadas cantidades de tiempo y recursos para minimizar los riesgos, en la práctica esto no es posible, por lo cual para este tipo de riesgos se deberá aplicar un análisis de costo beneficio.

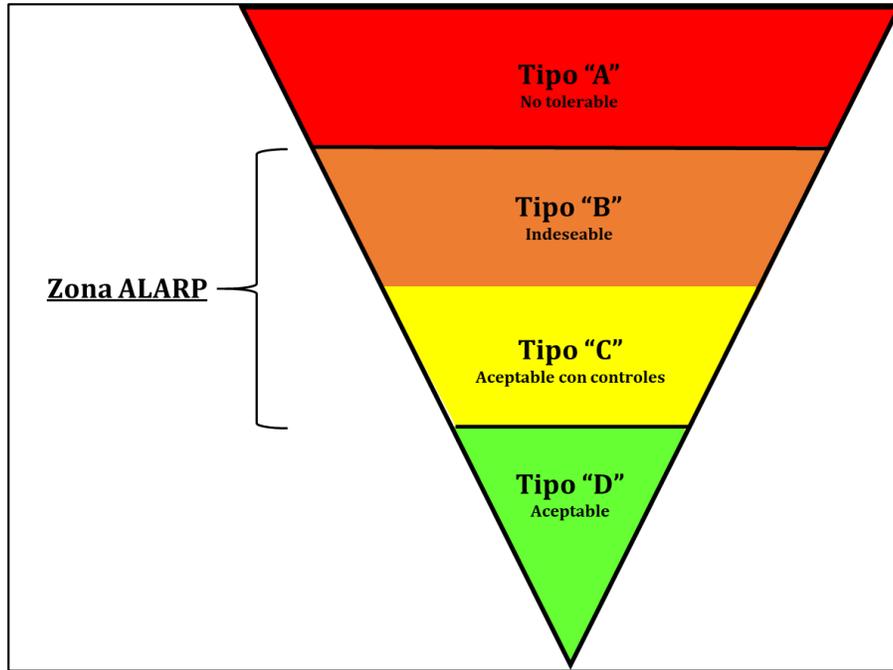


Figura 1.13. Clases de riesgo y zona ALARP.

En la jerarquización de las desviaciones identificadas en el HazOp se obtuvieron los niveles de riesgo (NR) para cada una de sus posibles consecuencias los cuales se ponderaron para cuatro receptores potenciales: personal, población, medio ambiente y producción e infraestructura. El valor de frecuencia se obtuvo considerando todas las medidas de seguridad con que cuenta la Terminal, mientras que en los valores de severidad no se consideró ninguna salvaguarda. Las hojas de jerarquización se pueden consultar en el ANEXO 7

De acuerdo con los resultados, ninguna de las consecuencias se situó en la zona "Indeseable" o "No tolerable", y en ninguno de los nodos se presentaron riesgos a la población. En el nodo 1, nodo 5, nodo 6 y nodo 9 se presentaron niveles de riesgo en la categoría "Tolerable" y ALARP, éste último, para el personal, medio ambiente y para la producción e instalación, los nodos restantes presentaron riesgos "Tolerables" y tipo ALARP sólo para el personal.

A partir de las desviaciones que obtuvieron niveles de riesgo dentro de la zona ALARP, se definieron 6 posibles escenarios de riesgo. En la Tabla 1.42 se enlistan los escenarios, las desviaciones y nodos asociados a cada uno.

Todos los escenarios se modelarán para Gasolina Regular con excepción de los tanques de almacenamiento, los cuales se modelarán para todas las sustancias manejadas en las instalaciones.

Tabla 1.42. Escenarios identificados a partir de la identificación y jerarquización de riesgos.

No.	Escenario	Desviación asociada	Nodo asociado
1.	Derrame de gasolina regular en área de descargaderas por falla en conexión de manguera de 4" Ø, por la cual se forma un charco de 333 m ² , por error humano.	1.1.1. No existe flujo de producto proveniente de los auto tanques hacia bomba principal y eliminador de aire. 1.1.6. Alta electricidad estática durante la descarga de productos.	Nodo 1
2.	Derrame de gasolina regular en área de descargaderas por orificio en	1.1.2. Bajo flujo de producto proveniente de los autotanques hacia bomba principal y eliminador de aire.	Nodo 1

No.	Escenario	Desviación asociada	Nodo asociado
	válvula o tubería por mala soldadura o corrosión durante 60 minutos por el cual se forma un charco de 1,332 m ² , por error humano.	1.1.4. Baja presión de producto proveniente de los autotanques hacia bomba principal y eliminador de aire.	
		1.2.3. Alta presión de producto en patín de medición 1.2.2. Bajo flujo de producto en patín de medición. 1.2.4. Baja presión de producto en patín de medición.	Nodo 2
		1.3.2. Bajo flujo de producto hacia válvula MOV. 1.3.4. Baja presión de producto hacia válvula MOV.	Nodo 3
		1.4.2. Bajo flujo de producto hacia filtro micrónico U-201. 1.4.4. Baja presión de producto hacia filtro micrónico U-201	Nodo 4
3.	Derrame de combustible en tanque de almacenamiento por falla en indicador de nivel, que forma un charco dentro del dique de contención.	2.5.5. Baja presión en el interior del tanque de almacenamiento.	Nodo 5
		2.6.5. Baja presión en el interior del tanque de almacenamiento.	Nodo 6
4.	Derrame de combustible en tanque de almacenamiento a través de orificio de 0.5" en la parte inferior del tanque por agente externo o corrosión.	2.5.3. Alto nivel de producto en tanque de almacenamiento.	Nodo 5
		2.6.3. Alto nivel de producto en tanque de almacenamiento.	Nodo 6
5.	Derrame de gasolina regular en área de llenaderas por orificio en válvula o tubería por mala soldadura o corrosión por el cual se forma un charco de 1,332 m ² , por error humano.	3.7.2. Bajo flujo de producto proveniente de los tanques hacia filtro canasta. 3.7.2. Bajo flujo de producto proveniente del filtro hacia la isla de llenado (incluye bomba) 3.7.4. Baja presión de producto proveniente de los autotanques hacia bomba principal y eliminador de aire. 3.7.4. Baja presión del producto en bomba hacia llenaderas y hasta salida a cabezal.	Nodo 7
		3.8.2. Bajo flujo de producto hacia filtro micrónico U-201. 3.8.4. Baja presión de producto hacia filtro micrónico U-202	Nodo 8
		3.9.2. Bajo flujo de producto hacia filtro canasta. 3.9.2. Bajo flujo de producto hacia patín de medición 3.9.2. Bajo flujo de vapores hacia URV 1101 3.9.4. Baja presión de producto en filtro canasta. 3.9.4. Baja presión de producto hacia patín de medición 3.9.4. Baja presión de vapores hacia URV 1101	Nodo 9
		3.9.1. No existe flujo de producto hacia autotanque 3.9.6. Alta electricidad estática durante la descarga de productos.	Nodo 9
6.	Derrame de gasolina regular en área de llenaderas por falla en conexión de manguera de 4"Ø, por la cual se forma un charco de 555 m ² , por error humano.	3.9.1. No existe flujo de producto hacia autotanque 3.9.6. Alta electricidad estática durante la descarga de productos.	Nodo 9

A fin de dar cumplimiento a lo establecido en la normativa, se decidió modelar 4 escenarios catastróficos de acuerdo al mayor grado de riesgo, en los cuales se consideró que se libera el total de producto almacenado o contenido en el equipo (tanque, autotanque); los escenarios se presentan en la Tabla 1.43. Es importante mencionar que la probabilidad de ocurrencia de estos escenarios catastróficos es muy poco probable debido a las

medidas de seguridad, preventivas y de respuesta a emergencia con que cuenta la TAP VDM, sin embargo su representación complementa el análisis de riesgo.

Tabla 1.43. Escenarios catastróficos

No.	Escenario	Desviación asociada	Nodo asociado
7.	Derrame total de gasolina regular de autotanque en área de descargaderas por falla en conexión de manguera de 4" Ø.	1.1.1. No existe flujo de producto proveniente de los autotankes hacia bomba principal y eliminador de aire. 1.1.6. Alta electricidad estática durante la descarga de productos.	Nodo 1
8.	Derrame total de turbosina de autotanque en área de descargaderas por falla en conexión de manguera de 4" Ø.	1.1.1. No existe flujo de producto proveniente de los autotankes hacia bomba principal y eliminador de aire. 1.1.6. Alta electricidad estática durante la descarga de productos.	Nodo 1
9.	Derrame total de gasolina regular en tanque de almacenamiento por falla en indicador de nivel.	2.5.5. Baja presión en el interior del tanque de almacenamiento.	Nodo 5
		2.6.5. Baja presión en el interior del tanque de almacenamiento.	Nodo 6
10.	Derrame total de turbosina en tanque de almacenamiento por falla en indicador de nivel.	2.5.5. Baja presión en el interior del tanque de almacenamiento.	Nodo 5
		2.6.5. Baja presión en el interior del tanque de almacenamiento.	Nodo 6

2. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.

2.1. RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.

2.1.1 Introducción.

La modelación de los radios potenciales de afectación a través de modelos matemáticos de eventos de riesgo permite la predicción de los posibles efectos que pueden causar los accidentes que involucren fugas o derrames de sustancias tóxicas ya sea inflamables o explosivas.

El objeto de la simulación es estimar la magnitud y extensión de las posibles afectaciones de dichos eventos; considerando a su vez los sistemas de seguridad de la planta con el afán de corroborar las barreras, dispositivos y controles para la mitigación o prevención de los posibles daños y afectaciones al personal, a la población civil, a la operación y al ambiente.

Los accidentes considerados “graves” en instalaciones que manejen sustancias peligrosas pueden producir fenómenos peligrosos como:

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

De la identificación y jerarquización de riesgos se seleccionaron los escenarios con mayores consecuencias siendo estos los localizados en la zona ALARP, por lo que se generaron 6 escenarios para eventos de sobrepresión y radiación térmica.

- Radiación térmica

La radiación térmica, se refiere a la emisión continua de energía proveniente de ondas electromagnéticas producidas por las vibraciones de las partículas cargadas que forman parte de los átomos y moléculas de la materia. La energía emitida dependerá de la temperatura de la fuente que la emite, a temperaturas bajas (~300°C) predomina la radiación infrarroja (800 y 4000 nm); a temperaturas altas (>800°C) las longitudes de onda son más cortas y corresponde a la parte visible y ultravioleta del espectro. Los tipos de radiación térmica modelados son:

- Explosión de líquido en ebullición y vapores en expansión (BLEVE): Este tipo de explosión resulta de la ruptura de un recipiente que en su interior contiene un líquido a una temperatura mayor a la temperatura de ebullición a presión atmosférica. En este tipo de explosión, el líquido no necesariamente debe ser inflamable para producir la explosión.
Generalmente, las explosiones BLEVE se asocian a liberaciones de líquidos a causa del calentamiento del cometedor por un incendio externo, si el líquido es inflamable podría producirse una onda de choque por el inmediato cambio de fase de líquido a vapor que conlleva a una expansión repentina y fragmentación del contenedor, además de producirse la ignición de la nube de vapor formada por generarse una bola de fuego que tiende a elevarse. En este caso, debido a que el líquido es inflamable, para que ocurra la ignición debe existir la mezcla correcta de combustible-aire.
- Bola de fuego (*Fireball*): Resulta de la ignición de una nube de vapor, generalmente producida por una explosión tipo BLEVE, que involucra una sustancia inflamable o una mezcla de estas. En este tipo de explosión, la energía emitida es en forma de calor radiante. Este tipo de incendios tiende a elevarse debido a las fuerzas de flotabilidad de los gases calientes, y mientras se expande toma forma esférica, Las consecuencias de la radiación estarán en función de la distancia de la bola de fuego y el receptor; la intensidad de la radiación de una bola de fuego es mayor que los provocados por la onda de choque.
- Dardo de fuego (*Jet fire*): Este tipo de incendio se produce al existir la ignición de vapores o gases inflamables liberados de un contenedor sometido a presión, la alta velocidad de salida producto de la

presión en el interior produce una flama de forma alargada. La principal consecuencia provocada por un dardo de fuego es la radiación térmica la cual puede provocar daños en estructuras.

- **Charco de fuego (Pool fire):** Este tipo de incendio ocurre como consecuencia de un derrame de líquido inflamable capaz de formar un charco, cuya extensión y geometría dependerán de la superficie. Y en caso de que la temperatura del líquido se encuentre por encima de la temperatura de ignición de la mezcla, se puede producir un incendio del charco, en el cual las alturas de las llamas dependerán del diámetro y calor de combustión.
- Sobrepresión

La sobrepresión, es uno de los efectos más característicos que tiene una explosión, se trata del incremento en la sobrepresión sobre el ambiente, la cual se transporta a través de ondas electromagnéticas, la reacción tiene fin cuando la cantidad total de combustible se termina. Los tipos de sobrepresión modelados son:

- **Detonación:** Se refiere a una descarga de energía que produce un cambio en la densidad, presión y velocidad del aire, de manera transitoria alrededor del punto de descarga de energía, existen explosiones físicas o confinadas, producto de reacciones químicas que ocurren en el interior de recipientes o edificios. Este tipo de combustión presenta velocidades de propagación superiores a 300 m/s. También se puede entender como una reacción química en la que el frente de reacción se propaga debido a una fuerte onda de choque que aumenta la presión de la mezcla por encima de la temperatura de autoignición.
- **Flama (deflagración):** Es una explosión en la que la descomposición de los reactivos se provoca por la difusión molecular del calor provocado por las descomposiciones aledañas. Si ocurre a cielo abierto, se producen llamas y hay una disipación de calor y gases de combustión; si ocurre en un lugar cerrado, la presión debida a los gases de combustión se incrementa a gran velocidad alcanzando valores de hasta diez o más veces la presión inicial absoluta del recinto, dependiendo del tipo de producto. Una flama de deflagración tiene velocidades de propagación entre 1 y 330 m/s sin embargo puede acelerarse hacia una flama de detonación (>330 m/s).
La propagación de la reacción se limita por el transporte de las sustancias y por la turbulencia dentro de ellas.

2.1.2 Descripción del software utilizado.

2.1.3 Radiación térmica.

Para la modelación de los escenarios de riesgo por radiación térmica se utilizó el software Areal Location of Hazardous Atmospheres (ALOHA) versión 5.4.7 desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés). Este software es un modelo de dispersión aérea capaz de predecir las concentraciones de contaminantes desde la fuente de un derrame en función de las características físicas del material derramado; así como las tasas de liberación a través de tuberías, tanques o charcos, después de un accidente, también permite modelar los radios de alcance por la dispersión de una nube tóxica, radiación térmica o por explosión, los cuales pueden ser exportadas a un sistema de información geográfica.

Los cálculos realizados por dicho software se hacen con base en la sustancia manejada, las condiciones atmosféricas y el tipo de fuente causante del evento (directa, tanque, derrame, tubería de gas); para la predicción del comportamiento de los gases liberados, se utiliza el modelo Gaussiano, según este modelo, el viento y la turbulencia atmosférica son las fuerzas que mueven por el aire a las moléculas de la sustancia descargada, de modo que a medida que esta se mueve empujada por el viento, la "mezcla turbulenta" la obliga a esparcirse en las direcciones del viento cruzado y hacia arriba.

Es importante señalar que las reacciones de las sustancias químicas inflamables dan lugar a escenarios de explosión o incendio por generación de nubes inflamables (fase gaseosa) producto de la liberación de gases o líquidos inflamables en derrames que se vaporizan en un tanque, equipo o tubería, por tal motivo, la modelación de la dispersión de las sustancias se realiza a partir de modelos de dispersión aéreos (gases).

El software cuenta con una amplia base de datos de sustancias químicas, además permite ingresar los datos específicos de las condiciones meteorológicas del lugar, características del punto de descarga o fuente (cilindro, tanque, posición, dimensiones, concentración, etc.).

2.1.4 Sobrepresión.

Para simular eventos de sobrepresión el modelo Aloha utiliza el tamaño y la naturaleza del confinamiento y la obstrucción dentro de la nube para definir una onda de choque. No obstante es muy poco probable que se presente una detonación de una nube de mezcla aire-combustible, debido a que la poca homogeneidad de la mezcla producto de la turbulencia ambiental, propicia una disminución de la probabilidad de la propagación de una detonación. Esto provoca que en ocasiones el modelo arroje resultados nulos. Especialistas recomiendan por lo tanto que el tipo de explosión generada por una nube de vapor será siempre una deflagración.

Con la finalidad de realizar una simulación de todos los efectos físicos de los escenarios considerados, se utilizó el modelo del trinitrotolueno (TNT) el cual debido al amplio conocimiento de la sustancia, permite crear patrones de daño mediante una equivalencia entre la cantidad de sustancia explosiva liberada y la masa de TNT que provocaría los mismos efectos. La relación entre la masa de la sustancia inflamable y la masa equivalente de TNT, está dada por la expresión:

$$W_{TNT} = \alpha W_c \Delta H_c / (\Delta H_{TNT})$$

Donde:

W_c = Masa del explosivo de interés liberada a la atmósfera (Kg)

ΔH_c = Energía de combustión del combustible por unidad de masa ($J\ kg^{-1}$)

ΔH_{TNT} = Energía de onda de choque del TNT por unidad de masa ($J\ kg^{-1}$)

W_{TNT} = Masa de trinitrotolueno que equivale a la cantidad de explosivo de interés que provoca los efectos de la explosión (Kg)

α = facto adimensional de rendimiento de la explosión (1)

Una vez conocida la masa de TNT equivalente, es posible determinar el valor del pico de sobrepresión generado en un punto a partir del cálculo de la distancia normalizada, misma que se calcula dividiendo el valor de la distancia entre el receptor y el centro de la nube entre la raíz cúbica de la cantidad de TNT calculado:

$$dn = \frac{d}{\sqrt[3]{W_{TNT}}}$$

Donde:

dn = distancia normalizada

d = distancia entre el receptor y el centro de la nube

W_{TNT} = masa de TNT equivalente

Por último el valor de la duración de la fase positiva se calcula en función de la distancia normalizada.

2.1.5 Consideraciones para la simulación de los escenarios.

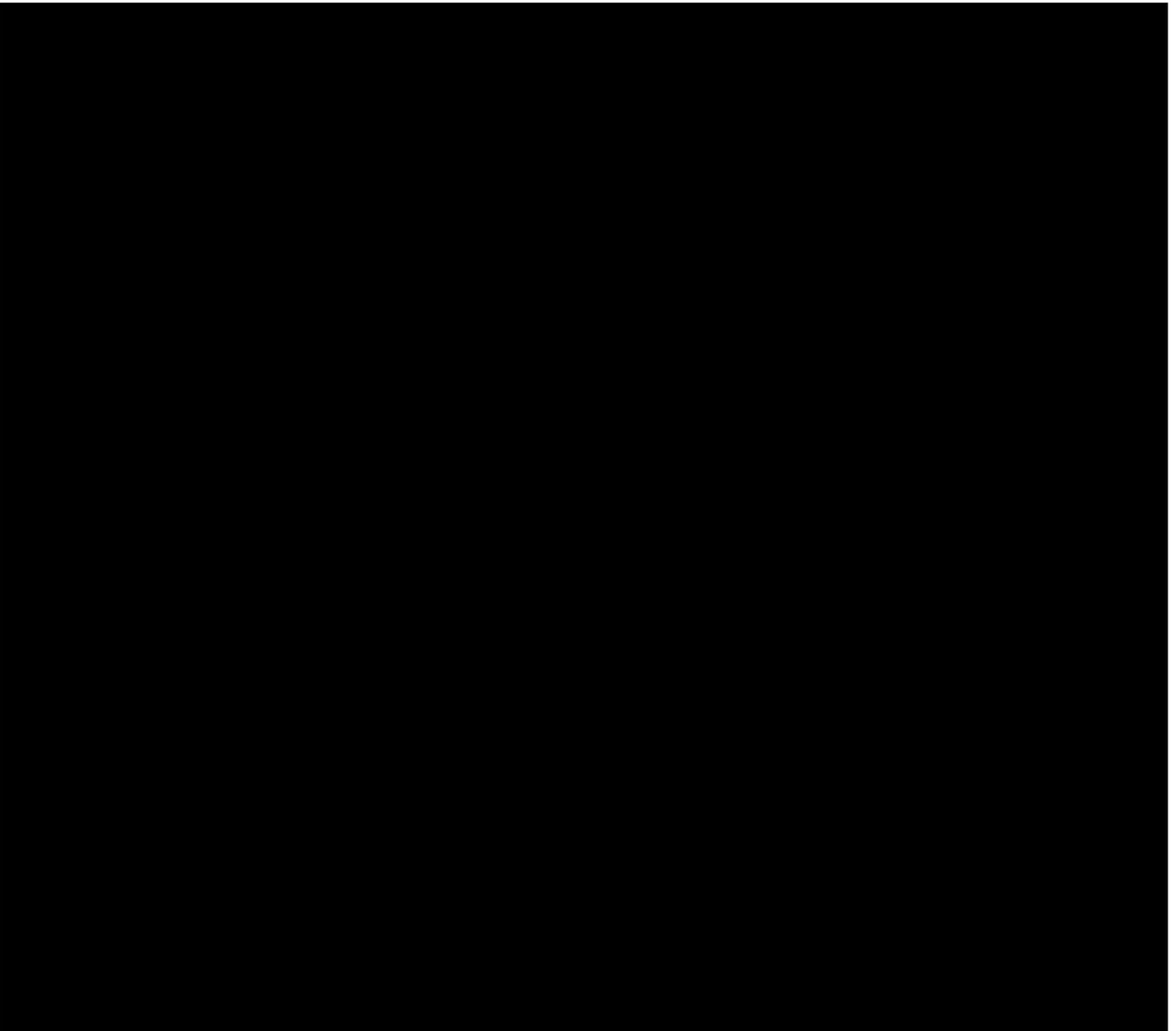
Para la modelación de los escenarios se realizó una revisión de las condiciones del medio donde se ubica la TAP VDM, así como las características de las sustancias involucradas y los diámetros de fuga de mayor probabilidad en este tipo de instalaciones. Además, se definieron las distancias que se considerarán como zonas de alto riesgo y amortiguamiento, así como los posibles efectos de radiación térmica y sobrepresión, con los cuales se realizará el análisis del impacto en el entorno.

2.1.5.1 Condiciones del entorno utilizadas para las simulaciones.

Tipos de clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García (1998), el clima en el área del proyecto es de tipo semiárido templado [BS1kw] (Figura 2.1).

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



Temperatura

La estación climatológica 15055 Irolo es la más cercana al sitio del proyecto, a 4.4 km en dirección sureste, contiene registros a partir del año 2005 hasta la fecha. De acuerdo con los datos climáticos históricos de esta estación, la temperatura más baja registrada es de -7.5°C y se presentó el día 26 de diciembre de 2008, mientras que la temperatura más alta alcanzó los 37°C el día 1 de noviembre de 2008. La estación presenta una temperatura mínima promedio de 5.1°C y temperatura máxima promedio de 22.8°C.

Otra estación cercana es la 13006 Ciudad Sahagún de Conagua, ubicada a 5 km al este del sitio del proyecto; durante el periodo de 1961-2006 en la zona se registró una temperatura mínima de -13°C, los días 25 y 26 de febrero de 1976, y una temperatura máxima de 36°C, registrada el día 21 de mayo de 1995. Se presenta una temperatura media de 14.2°C, una temperatura mínima promedio de 5.3°C y temperatura máxima promedio de 23.1°C. El mes más caluroso es mayo, con una temperatura media mensual de 16.5°C. Entre los meses de noviembre a febrero, se presentan las temperaturas medias más bajas.

Conforme a las cartas desarrolladas por E. García, el sitio se localiza entre las isotermas de los 12 y 14°C, presenta una temperatura máxima media de 26 a 28°C y una temperatura mínima media de 2 a 4°C.

Precipitación

De acuerdo con los datos de precipitación de la estación 13006 Ciudad Sahagún, se encontró que se presentan lluvias durante todo el año; durante los meses de invierno y primavera, la lluvia presenta valores menores a 1 mm. El periodo de lluvia más intenso se presenta principalmente de los meses de mayo a septiembre, específicamente en los meses de junio y julio se observan los valores de mayor precipitación. El día 8 de septiembre de 1973 se registró la máxima precipitación en esta estación que fue de 103.00 mm. La precipitación media mensual es de 1.2 mm (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Registro de precipitación de la estación 13006 Ciudad Sahagún.

Mes	Precipitación (mm)			
	Mínima	Promedio	Máxima	Desviación Estándar
Enero	0.0	0.3	30.0	1.7
Febrero	0.0	0.3	39.0	1.7
Marzo	0.0	0.5	26.0	2.3
Abril	0.0	0.9	39.5	3.1
Mayo	0.0	1.5	47.9	4.2
Junio	0.0	2.5	48.0	5.4
Julio	0.0	2.7	103.0	6.2
Agosto	0.0	2.2	41.5	4.6
Septiembre	0.0	1.7	50.0	4.3
Octubre	0.0	0.8	38.4	3.2
Noviembre	0.0	0.3	38.0	1.8
Diciembre	0.0	0.2	19.0	1.2
Total General	0.0	1.2	103.0	3.8

En la estación climatológica 15055 Irolo se registra una precipitación media mensual de 14.2 mm; se observa que la temporada de lluvias va de junio a septiembre, las mayores precipitaciones se dan en los meses de junio y julio, abril es el único mes en el que no hay registros de precipitación. El día 4 de septiembre de 2010 se registró la máxima precipitación en esa estación, que fue de 33.3 mm.

En el mapa de precipitación anual en México (Cuervo-Robayo, *et al.*, 2015) se observa que el sitio del proyecto presenta una precipitación media de 500 a 600 mm.

Con la finalidad de simular el peor escenario, se utilizaron los valores meteorológicos extremos como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.2. Condiciones del medio utilizadas para las simulaciones.

Parámetro	Especificación
Temperatura máxima	37 °C
Velocidad del viento	2.36 m/s
Inversión térmica	No
Altura de medición	10 m
Humedad	77%
Cobertura de nubes	5 décimos
Aspereza del suelo	Urbano o bosque
Dirección del viento	E

Para las condiciones de estabilidad atmosférica, se utilizaron los valores de Pasquill (1961), la clase utilizada en el presente estudio fue "E", seleccionada en función de las condiciones del entorno (Tabla 2.3).

Tabla 2.3. Estabilidad atmosférica.

Velocidad del viento U^{10} (m/s)	Radiación solar			Horas de noche	
	Fuerte	Moderado	Débil	$\geq 1/2$	$\leq 1/2$
<2	A	A – B	B	E	F
2 – 3	A – B	B	C	E	F
3 – 5	B	B – C	C	D	E
5 – 6	C	C – D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

2.1.5.2 Diámetros de fuga.

De acuerdo al "Risk Management Program Guidance for Offsite Consequence Analysis" de la EPA, la determinación de los orificios equivalentes de fuga dependerá del tipo de equipo involucrado y especifica que para fugas por orificios, estadísticamente un orificio de 0.5" \varnothing tiene una probabilidad de ocurrencia del 90%, mientras que diámetros mayores de 1" y 2" les corresponde una probabilidad del 9% y 1% respectivamente. Por tal motivo, las simulaciones se realizaron para el diámetro de fuga de mayor probabilidad (0.5").

Los orificios formados por fallas en soldaduras o corrosión en las válvulas y tuberías son de forma regular y de diámetro determinado, y las características de las sustancias se consideran constantes con respecto al tiempo.

2.1.5.3 Especificaciones de las sustancias involucradas.

Para la modelación de los escenarios de riesgo se recabó la información fisicoquímica de las cinco sustancias involucradas en el proceso de la TAP VDM: gasolina, diésel, turbosina, MTBE y etanol (Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Propiedades de las sustancias modeladas.

Propiedad	Gasolina	Diésel	Turbosina	MTBE	Etanol
Peso molecular	72	157	98	88.15	46.07

Propiedad	Gasolina	Diésel	Turbosina	MTBE	Etanol
(g/mol)					
Punto de ebullición (K)	343.15	555.37	478.15	328.35	351.52
Presión crítica (Pa)	4,050,000	2,250,000	3,480,000	3,370,000	6.383X10 ⁶
Temperatura crítica (K)	556	685	539	496.55	514
ERPG-1 (mg/m ³)	200	300	NE	50	1,800
ERPG-2 (mg/m ³)	1,000	1000	NE	1,000	3,300
ERPG-3 (mg/m ³)	4,000	NE	NE	5,000	NE
Punto de inflamación (K)	235.37	318.15	311.15	245.15	285.15
Punto de congelación (K)	216.48	233.15	226.15	164.15	159.05
PAC- 1 (mg/m ³)	200	300	NE	50	1,800
PAC- 2 (mg/m ³)	1,000	3,300	NE	570	3,300
PAC- 3 (mg/m ³)	4,000	20,000	NE	5,300	15,000
UEL (ppm)	71,000	65,000	50,000	8,400	15,000
Capacidad calorífica (J/kg K)	2,018	1867	2,098	ND	2,428
Calor de combustión (J/kg)	43,230,000	43,230,000	44,060,000	ND	29,677,690
Presión de vapor (mmHg)	172.51	2.17	11,200	201.01	44.3

Para las modelaciones de los tanques se consideraron las cinco sustancias manejadas, mientras que las modelaciones restantes sólo se simularon para gasolina.

2.1.5.4 Consideraciones para la simulación de los escenarios de riesgo.

Se realizó la simulación de 6 escenarios como resultado de la jerarquización de consecuencias, así como 4 simulaciones de escenarios catastróficos (los peores escenarios), los cuales no resultaron del análisis HazOp, pero se consideran útiles para el análisis de los eventos más extremos y la consideración de las medidas de seguridad y prevención de la Terminal, aunque no se considera que sucedan en el tiempo de vida de la Terminal ya que su probabilidad de ocurrencia es muy baja. A continuación se presentan los resultados obtenidos de cada simulación.

Escenario 1

Derrame de gasolina regular en área de descargaderas por falla en conexión de manguera de 4" Ø, por la cual se forma un charco de 333 m², por error humano.

Para el cálculo del volumen derramado, se utilizó el flujo del brazo de descarga aplicando la siguiente ecuación:

$$Q = V/t$$

Donde:

Q= flujo del brazo de descarga, 66.6 m³/h (300 GPM)

V= volumen derramado (m³)

t= tiempo de respuesta (h), se consideró un tiempo de 3 min (0.05 h), tiempo que tardaría el operador en darse cuenta de la fuga.

Despejando la fórmula para "V", se obtiene lo siguiente:

$$V = Q * t$$

Sustituyendo los datos:

$$V = 66.6 \text{ m}^3/\text{h} * 0.05 \text{ h} = 3.33 \text{ m}^3$$

La superficie del charco se obtuvo a partir del volumen derramado y considerando un charco con forma rectangular con una altura de 1 cm (0.01 m), con lo cual se obtuvo una superficie de 333 m².

Escenario 2

Derrame de gasolina regular en área de descargaderas por orificio en válvula o tubería por mala soldadura o corrosión por el cual se forma un charco de 1,332 m², por error humano.

Para el cálculo del volumen derramado, se utilizó el flujo de la tubería en la descargadera que lleva los tanques, aplicando la siguiente ecuación:

$$Q = V/t$$

Donde:

Q= flujo del brazo de descarga, 266.4 m³/h (1,200 GPM).

V= volumen derramado (m³)

t= tiempo de respuesta (h), se consideró un tiempo de 3 min (0.05 h), tiempo que tardaría el operador en darse cuenta de la fuga.

Despejando la fórmula para "V", se obtiene lo siguiente:

$$V = Q * t$$

Sustituyendo los datos:

$$V = 266.4 \text{ m}^3/\text{h} * 0.05 \text{ h} = 13.32 \text{ m}^3$$

La superficie del charco se obtuvo a partir del volumen derramado y considerando un charco con forma rectangular con una altura de 1 cm (0.01 m), con lo cual se obtuvo una superficie de 1,332 m².

Escenario 3

Derrame de combustible en tanque de almacenamiento por falla en indicador de sobrenivel, que forma un charco dentro del dique de contención.

La superficie del charco se determinó considerando la existencia de un dique de contención apegado a la NOM-006-ASEA-2017, el área se calculó a partir del diámetro de cada tanque de almacenamiento más la distancia establecida en la normativa y se consideró una altura promedio de 1.8 m. Finalmente, a la superficie total del dique obtenida se le resta el área del tanque de almacenamiento, con lo cual se obtuvo el área real del charco.

Escenario 4

Derrame de combustible en tanque de almacenamiento a través de orificio de 0.5" en la parte inferior del tanque por agente externo o corrosión.

Para este escenario se consideró un tiempo de fuga de una hora tomando en cuenta el tiempo máximo esperado de respuesta a emergencia (detección de la fuga y contención).

Escenario 5

Derrame de gasolina regular en área de llenaderas por orificio en válvula o tubería por mala soldadura o corrosión por el cual se forma un charco de 1,332 m², por error humano.

Para el cálculo del volumen derramado, se utilizó el flujo de la tubería de los tanques hacia llenaderas, aplicando la siguiente ecuación:

$$Q = V/t$$

Donde:

Q= flujo del brazo de descarga, 266.4 m³/h (1,200 GPM).

V= volumen derramado (m³)

t= tiempo de respuesta (h), se consideró un tiempo de 3 min (0.05 h), tiempo que tardaría el operador en darse cuenta de la fuga.

Despejando la fórmula para "V", se obtiene lo siguiente:

$$V = Q * t$$

Sustituyendo los datos:

$$V = 266.4 \text{ m}^3/\text{h} * 0.05 \text{ h} = \mathbf{13.32 \text{ m}^3}$$

La superficie del charco se obtuvo a partir del volumen derramado y considerando un charco con forma rectangular con una altura de 1 cm (0.01 m), con lo cual se obtuvo una superficie de 1,332 m².

Escenario 6

Derrame de gasolina regular en área de llenaderas por falla en conexión de manguera de 4" Ø, por la cual se forma un charco de 555 m², por error humano.

Para el cálculo del volumen derramado, se utilizó el flujo de la tubería en la descargadera que lleva los tanques, aplicando la siguiente ecuación:

$$Q = V/t$$

Donde:

Q= flujo del brazo de descarga, 111 m³/h (500 GPM).

V= volumen derramado (m³)

t= tiempo de respuesta (h), se consideró un tiempo de 3 min (0.05 h), tiempo que tardaría el operador en darse cuenta de la fuga.

Despejando la fórmula para "V", se obtiene lo siguiente:

$$V = Q * t$$

Sustituyendo los datos:

$$V = 111 \text{ m}^3/\text{h} * 0.05 \text{ h} = 5.55 \text{ m}^3$$

La superficie del charco se obtuvo a partir del volumen derramado y considerando un charco con forma rectangular con una altura de 1 cm (0.01 m), con lo cual se obtuvo una superficie de 555 m².

Escenarios catastróficos (Escenario 7 y 8)

"Derrame total de gasolina regular de autotanque en área de descargaderas por falla en conexión de manguera de 4" Ø" y "Derrame total de gasolina turbosina de autotanque en área de descargaderas por falla en conexión de manguera de 4" Ø".

Para la simulación de los escenarios catastróficos se consideró que a partir de una falla en la conexión de la manguera de descarga se produce un derrame del contenido total (gasolina regular o turbosina) de uno de los remolques del autotanque (V=15,000 L) a partir del cual se formó un charco de dicho volumen.

Escenarios catastróficos (Escenario 9 y 10)

"Derrame total de gasolina regular en tanque de almacenamiento por falla en indicador de nivel" y "Derrame total de Turbosina en tanque de almacenamiento por falla en indicador de nivel".

Para la simulación de estos escenarios se consideró que por una falla en el indicador de nivel de los tanques se produce un derrame del contenido del tanque de almacenamiento de gasolina regular y Turbosina, a partir del cual se forma un charco con volumen de 10,000 m³, esta cantidad fue la máxima permitida por el software utilizado.

Es importante mencionar que la probabilidad de ocurrencia de estos escenarios catastróficos es muy poco probable debido a las medidas de seguridad, preventivas y de respuesta a emergencia con que cuenta la TAP VDM, sin embargo su representación complementa el análisis de riesgo.

2.1.6 Definición de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento.

Para definir las zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento se utilizaron los parámetros señalados en la Guía para la Elaboración de análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (Tabla 2.5).

Tabla 2.5. Límites de las zonas de afectación.

Parámetro	Límites	
	Zona de alto riesgo	Zona de amortiguamiento
Inflamabilidad (Radiación térmica)	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
Explosividad (Sobrepresión)	1.0 lb/in ²	0.5 lb/in ²

En la Tabla 2.6 se describen los efectos de los valores de intensidad de radiación térmica.

Tabla 2.6. Efectos por radiación térmica.

Valor umbral					Descripción
kW/m ²	MW/m ²	W/m ²	BTU/ft ² h	BTU/ft ² s	
1.40	0.0014	1400	443.798	0.123	Puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal). Se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial.
5.00	0.0050	5000	1584.99	0.440	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 de aproximadamente 13 segundos, y con 40 segundos pueden producirse quemaduras de segundo grado. Cuando la temperatura de la piel llega a 55 °C aparecen ampollas.

En la Tabla 2.7 se describen los efectos potenciales a los diferentes niveles de presión sobre instalaciones o personal.

Tabla 2.7. Efectos por sobrepresión.

Valor umbral				Descripción
mbar	bar	kPa	psi	
34.5	0.0345	3.45	0.5	Destrucción de ventanas, con daño a los marcos y bastidores. Daños menores a techos de casas o construcciones y daños estructurales menores.
69	0.069	6.9	1.0	Demolición parcial de casas o construcciones, que quedan inhabitables, la máxima velocidad del viento es de 79.7 km/h
137.9	0.137	13.7	2.0	Dislocación/colapso de paneles, paredes y techos, colapso parcial de paredes y techos de casas o construcciones, límite inferior de daño serio estructural.

2.2. INTERACCIONES DE RIESGO.

En el presente apartado se describen los resultados obtenidos de las simulaciones con el programa ALOHA, así como las interacciones de los radios de afectación por alto riesgo a las instalaciones. Los planos de de las simulaciones se pueden consultar en el Anexo 8, y en el Anexo 9 se encuentran las memorias de cálculo con los parámetros usados para cada una.

2.2.1 Escenario 1

Descripción: Derrame de gasolina regular en área de descargaderas por falla en conexión de manguera de 4" Ø, por la cual se forma un charco de 333 m², por error humano.

Consideraciones: Para la modelación del escenario no se consideraron sistemas de seguridad, se consideró que la fuga es masiva y fallan los sistemas de control, y que una vez ocurrida la fuga el combustible encuentra una fuente de ignición presentándose el incendio. No se consideró la presencia de coladeras o drenajes aceitosos existentes.

Consecuencias:

- Radiación térmica: Con base en los resultados obtenidos por el programa ALOHA, en caso de que se produzca un incendio tipo "pool fire" por derrame de gasolina regular debido a una falla en conexión de la manguera de descarga, el radio de afectación de la zona por radiación térmica es de 66 m para la zona de alto riesgo (5.0 kW/m²) y 128 m para la zona de amortiguamiento (1.4 kW/m²). En la zona de alto riesgo, el flujo de radiación térmica emitida por el incendio tendrá un tiempo máximo de exposición de 3 minutos, el cual sería el tiempo máximo soportable para personas protegidas con equipo especial; el tiempo necesario para sentir dolor en la piel desnuda será de 13 segundos y aproximadamente a los 40 segundos se producirán quemaduras de segundo grado; por otra parte, en la zona de amortiguamiento la radiación puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal) y se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial (Figura 2.2).

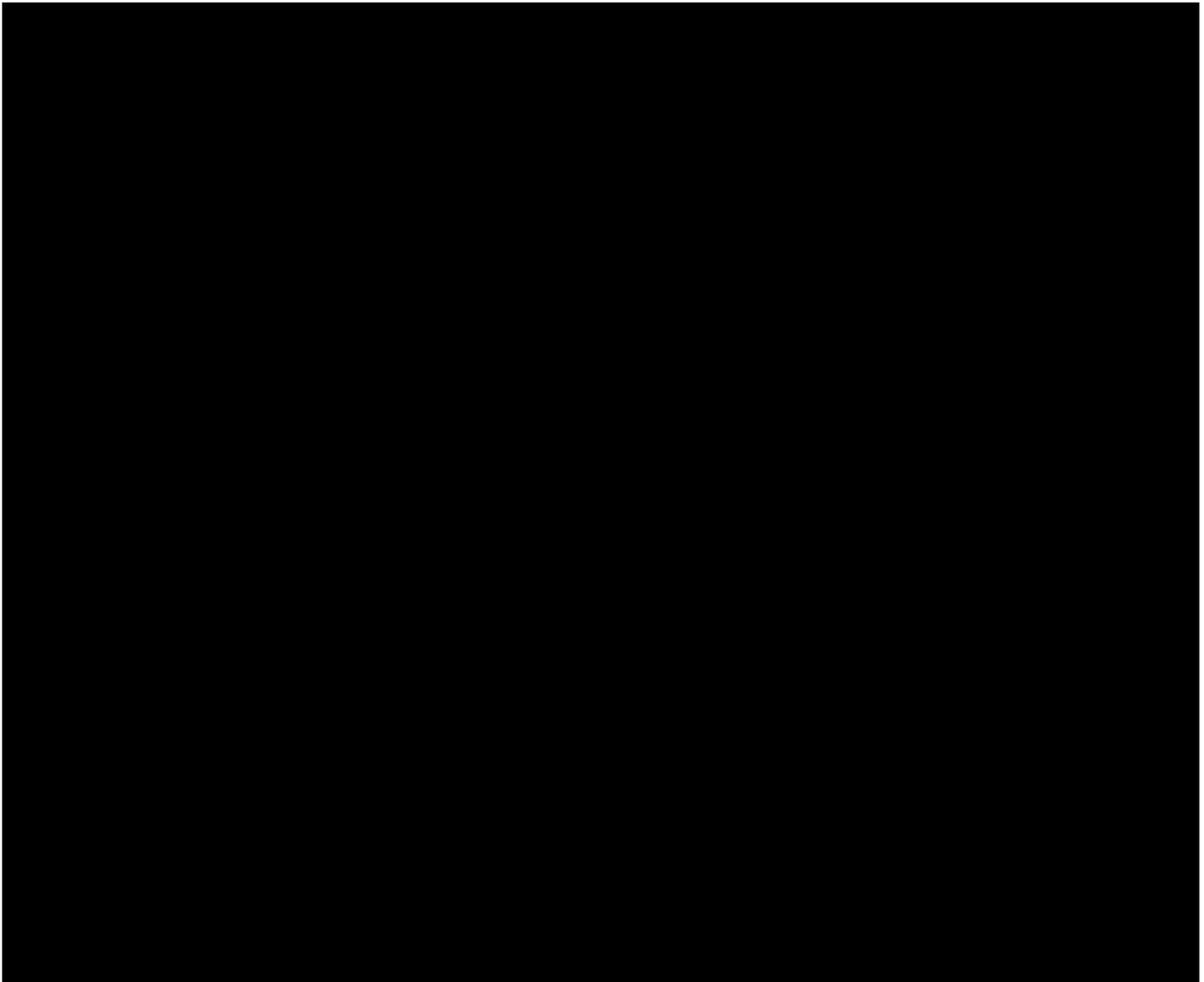


Figura 2.2. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con gasolina regular para el escenario 1.

- **Sobrepresión:** Por otra parte, en caso de una detonación el radio de la zona de alto riesgo (1 psi) es de 145.36 m y de 254.37 m para la zona de amortiguamiento (0.5 psi). En este evento, se produciría una reacción que propaga una onda de choque, que a la vez aumenta la presión de la mezcla, con lo cual se produciría un frente de flama que viaja como onda de choque seguida por una onda de combustión que libera energía para mantenerse y detonando de forma inmediata. Los efectos que tendría la detonación dentro de la zona de alto riesgo sería la demolición parcial de construcciones dejándolas inhabitables, se alcanzarían velocidades del viento de hasta 79 km/h, en esta zona el peligro para la vida humana se considera significativo; por otra parte, en la zona de amortiguamiento se esperaría la destrucción de ventanas y daños menos a instalaciones, en esta zona, el peligro para la vida humana no se considera significativo y solo se esperarían daños indirectos por rotura de cristales (Figura 2.3).

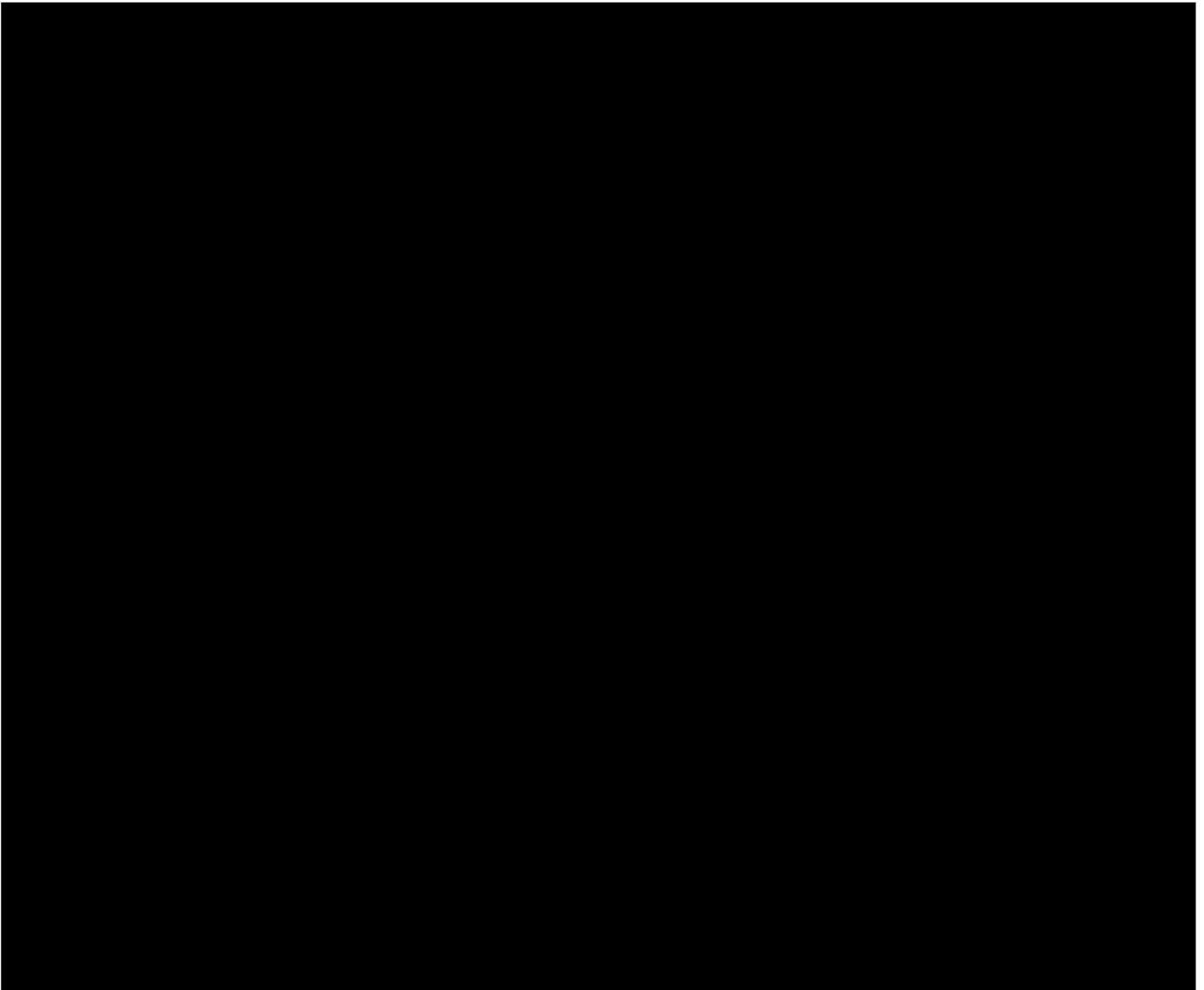


Figura 2.3. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con gasolina regular para el escenario 1.

Interacciones: Tomando en cuenta el radio de afectación para zona de alto riesgo en este escenario (Figura 2.3) se puede observar que la magnitud del evento tendría afectaciones sobre todas las islas de descarga en donde se esté llevando a cabo el proceso de recepción de combustibles de autotanques, lo cual podría ocasionar un efecto dominó por radiación térmica y sobrepresión afectando no solo a las islas de descarga sino también a los autotanques. Además, también es capaz de afectar los tanques TV-101, TV-102, TV-103, TV-204, TV-202 y TV-201, así como el área de Fast Flush. A pesar de que el radio de la zona de alto riesgo por sobrepresión abarca la zona de tanques de almacenamiento, los principales y mayores daños se esperarían en la zona de descargaderas y no es posible afirmar que se presenten daños de mayores proporciones sobre los tanques. En la Figura 2.3 también es posible observar que el radio de alto riesgo sobrepasa el área del predio, pudiendo afectar la carretera federal Otumba-Sahagún, sin embargo, durante las simulaciones no se consideró la presencia del muro perimetral de la Terminal, el cual también servirá como barrera protectora y será diseñada de acuerdo a la normativa

aplicable. Es importante señalar que el radio de la zona de amortiguamiento no se tomó en cuenta para el análisis de interacciones puesto que la magnitud del evento a esta distancia no se considera significativa para afectar a otros equipos.

Los radios de afectación no sobrepasan los límites de las instalaciones de la Terminal por lo cual, no se tiene interacción con otro tipo de instalaciones fuera de esta, dentro de la Terminal los radios se mantienen dentro de la zona de tanques sin llegar a afectar las áreas administrativas.

2.2.2 Escenario 2

Descripción: Derrame de gasolina regular en área de descargaderas por orificio en válvula o tubería por mala soldadura o corrosión por el cual se forma un charco de 1,332 m², por error humano.

Consideraciones: Para la modelación del escenario no se consideraron sistemas de seguridad, se consideró que la fuga es masiva y fallan los sistemas de control, y que una vez ocurrida la fuga el combustible encuentra una fuente de ignición presentándose el incendio. No se consideró la presencia de coladeras o drenajes aceitosos existentes.

Consecuencias:

- Radiación térmica: El radio de afectación por radiación térmica ocasionado por un incendio tipo “pool fire” producto de un derrame por mala soldadura o corrosión en el área de descargaderas es de 131 m para la zona de alto riesgo y 247 m para la zona de amortiguamiento. En la zona de alto riesgo, el flujo de radiación térmica emitida por el incendio tendrá un tiempo máximo de exposición de 3 minutos, el cual sería el tiempo máximo soportable para personas protegidas con equipo especial; el tiempo necesario para sentir dolor en la piel desnuda será de 13 segundos y aproximadamente a los 40 segundos se producirán quemaduras de segundo grado; por otra parte, en la zona de amortiguamiento la radiación puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal) y se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial (Figura 2.4).



Figura 2.4. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con gasolina regular para el escenario 2.

- **Sobrepresión:** En un evento de explosión de gasolina regular el radio de afectación por explosión, el radio de afectación de la zona de alto riesgo es de 230.83 m y 403.96 m de radio para la zona de amortiguamiento. En este evento, se produciría una reacción que propaga una onda de choque, que a la vez aumenta la presión de la mezcla, con lo cual se produciría un frente de flama que viaja como onda de choque seguida por una onda de combustión que libera energía para mantenerse y detonando de forma inmediata. Los efectos que tendría la detonación dentro de la zona de alto riesgo sería la demolición parcial de construcciones dejándolas inhabitables, se alcanzarían velocidades del viento de hasta 79 km/h, en esta zona el peligro para la vida humana se considera significativo; por otra parte, en la zona de amortiguamiento se esperarían la destrucción de ventanas y daños menores a instalaciones, en esta zona, el peligro para la vida humana no se considera significativo y solo se esperarían daños indirectos por rotura de cristales (Figura 2.5).

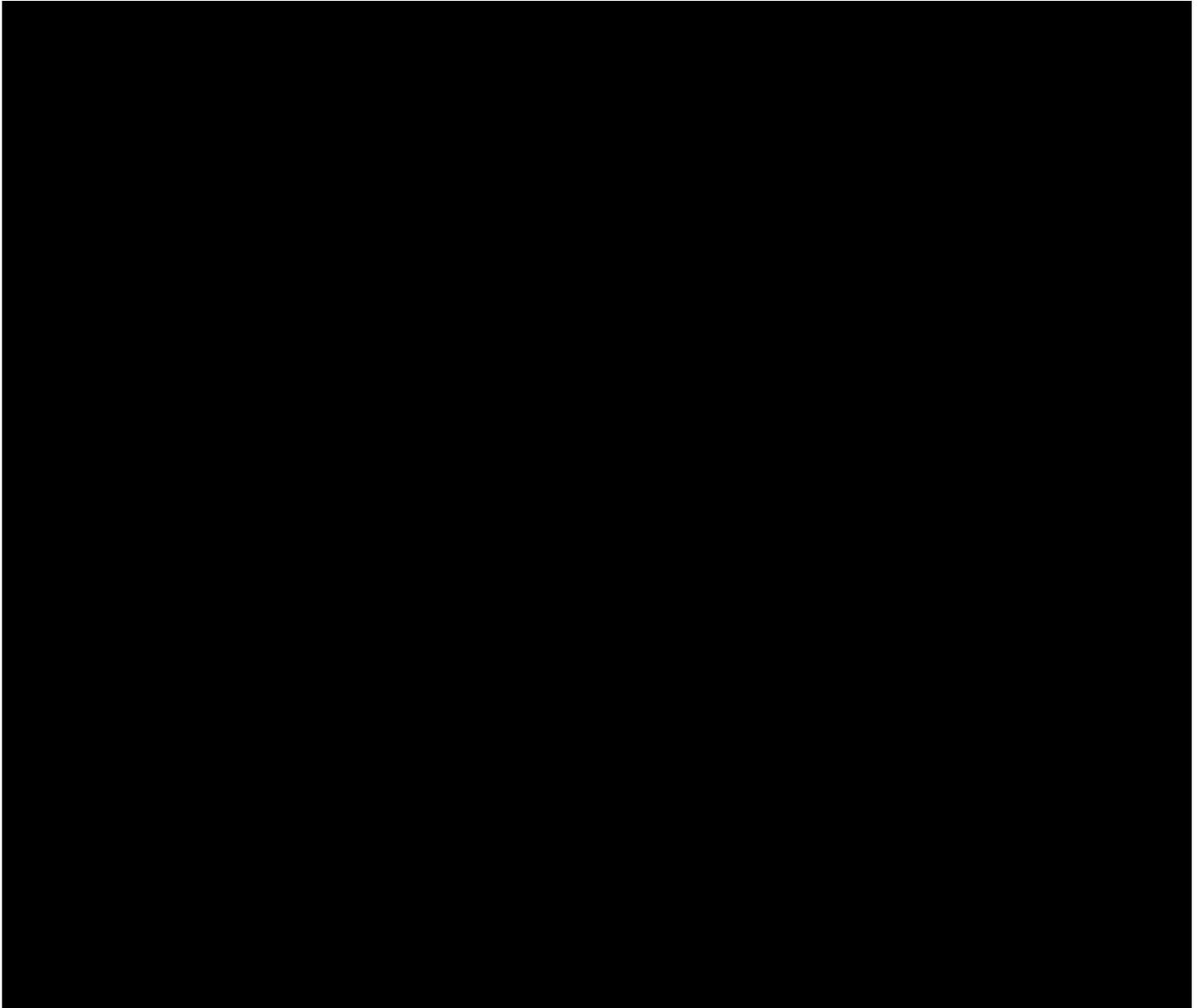


Figura 2.5. Radios de afectación por sobrepresión con gasolina regular para el escenario 2.

Interacciones: La zona de alto riesgo por sobrepresión para este escenario (Figura 2.5) es capaz de afectar en su totalidad el área de islas de descarga y de tanques de almacenamiento. A pesar de que el radio de la zona de alto riesgo por sobrepresión abarca la zona de tanques de almacenamiento, los principales y mayores daños se esperarían en la zona de descargaderas y no es posible afirmar que se presenten daños de mayores proporciones sobre los tanques. En la Figura 2.5 también es posible observar que el radio de alto riesgo sobrepasa el área del predio, pudiendo afectar la carretera federal Otumba-Sahagún, sin embargo, durante las simulaciones no se consideró la presencia del muro perimetral de la Terminal, el cual también servirá como barrera protectora y será diseñada de acuerdo a la normativa aplicable. Es importante señalar que el radio de la zona de amortiguamiento no se tomó en cuenta para el análisis de interacciones puesto que la magnitud del evento a esta distancia no se considera significativa para afectar a otros equipos.

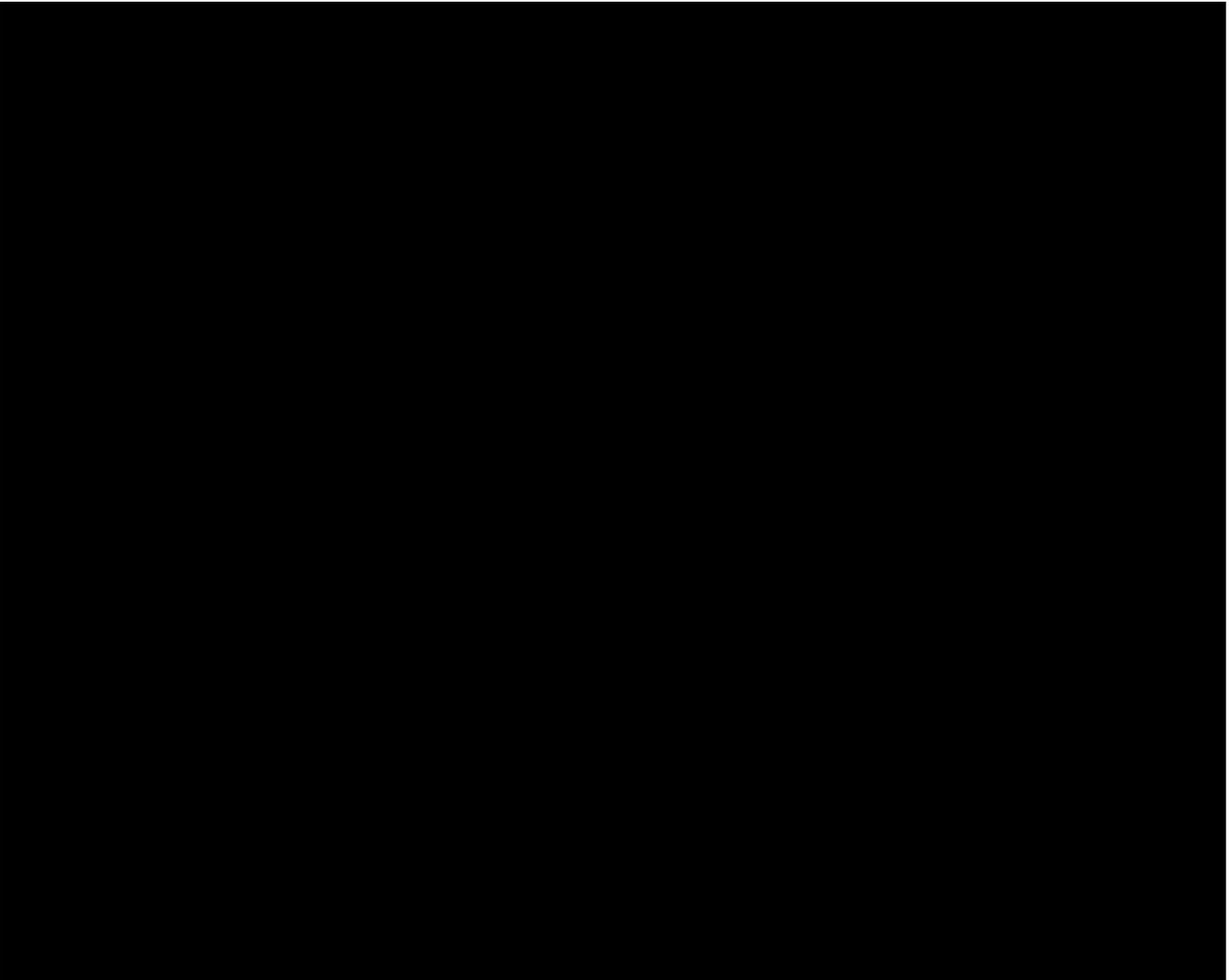
2.2.3 Escenario 3

Descripción: Derrame de combustible en tanque de almacenamiento por falla en indicador de nivel, que forma un charco dentro del dique de contención.

Consideraciones: Para la modelación del escenario no se consideraron sistemas de seguridad, se consideró que la fuga continua y fallan los sistemas de control, y que una vez ocurrida la fuga el combustible encuentra una fuente de ignición presentándose el incendio, para la extensión del charco se consideró el dique de contención. No se consideró la presencia de coladeras o drenajes aceitosos existentes.

Consecuencias:

Radiación térmica: La zona de afectación por radiación térmica en caso de un incendio tipo "pool fire" por derrame de gasolina regular del tanque de almacenamiento debido a una falla en los indicadores de nivel sería de **98 m** para la zona de riesgo y **186 m** para la zona de amortiguamiento. En la zona de alto riesgo, el flujo de radiación térmica emitida por el incendio tendrá un tiempo máximo de exposición de 3 minutos, el cual sería el tiempo máximo soportable para personas protegidas con equipo especial; el tiempo necesario para sentir dolor en la piel desnuda será de 13 segundos y aproximadamente a los 40 segundos se producirán quemaduras de segundo grado; por otra parte, en la zona de amortiguamiento la radiación puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal) y se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial (Figura 2.6).

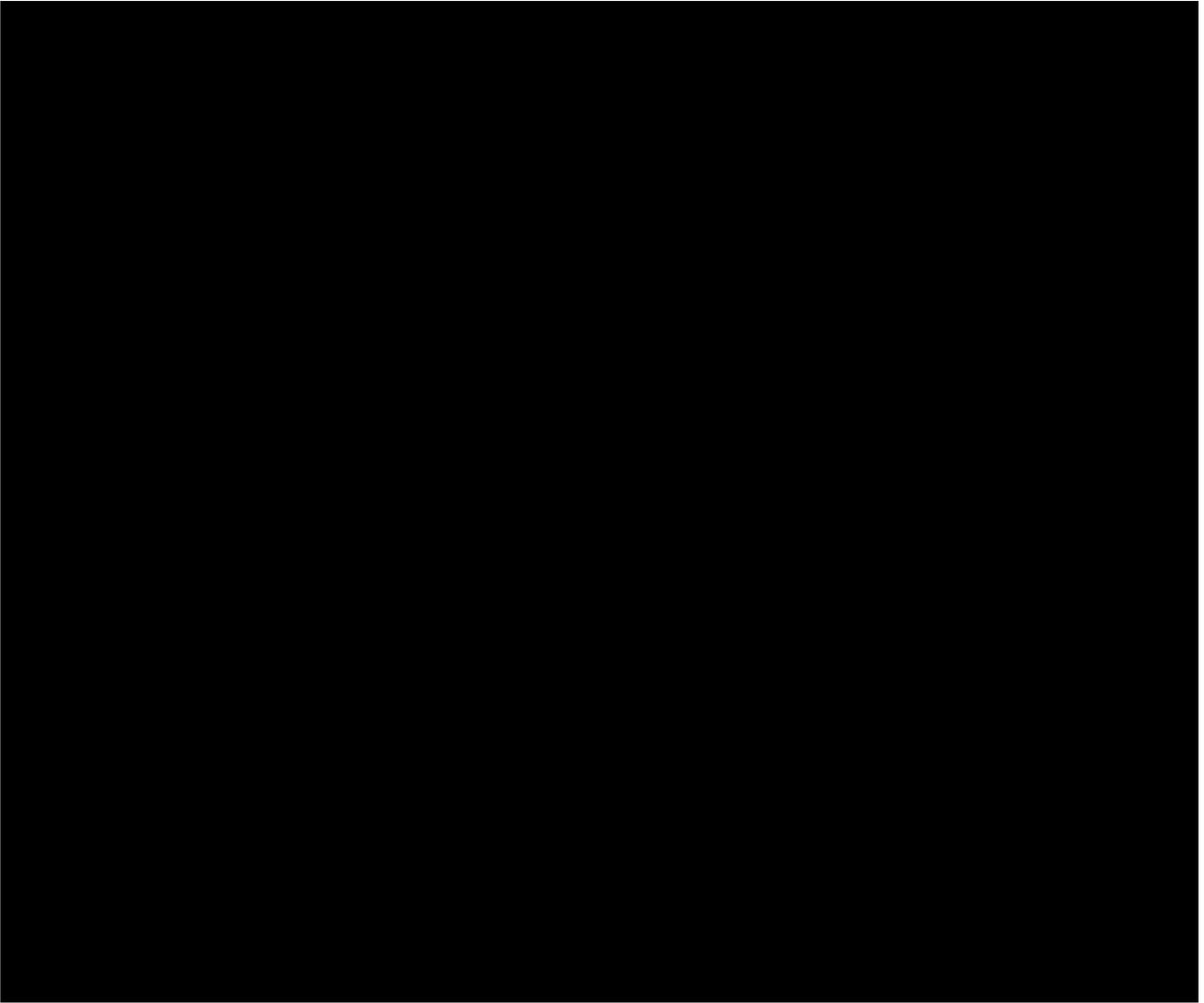


UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Figura 2.6. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con gasolina regular para el escenario 3.

- Sobrepresión: En un evento de explosión de gasolina regular el radio de afectación por explosión, el radio de afectación de la zona de alto riesgo es de **189.01 m** y **330.77 m** de zona de amortiguamiento. En este evento, se produciría una reacción que propaga una onda de choque, que a la vez aumenta la presión de la mezcla, con lo cual se produciría un frente de flama que viaja como onda de choque seguida por una onda de combustión que libera energía para mantenerse y detonando de forma inmediata. Los efectos que tendría la detonación dentro de la zona de alto riesgo sería la demolición parcial de construcciones dejándolas inhabitables, se alcanzarían velocidades del viento de hasta 79 km/h, en esta zona el peligro para la vida humana se considera significativo; por otra parte, en la zona de amortiguamiento se esperaría la destrucción de ventanas y daños menos a instalaciones, en esta zona, el peligro para la vida humana no

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



se considera significativo y solo se esperarían daños indirectos por rotura de cristales (Figura 2.7).

Figura 2.7. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con gasolina regular para el escenario 3.

Interacciones: El radio de alto riesgo por sobrepresión para el escenario 3 (Figura 2.7) es capaz afectar el área de tanques de almacenamiento, islas de descarga y llenado, así como la casa de bombas de llenado y fas flush. A pesar de que el radio de la zona de alto riesgo por sobrepresión abarca la zona de islas de llenado y descarga, los principales y mayores daños se esperan el tanque modelado y en los tanques aledaños y no es posible afirmar que se presenten daños de mayores proporciones en las islas de llenado, descarga y sobre los tanques más alejados del sitio del evento. En la Figura 2.7 también es posible observar que el radio de alto riesgo sobrepasa el área del predio, pudiendo afectar la carretera federal Otumba-Sahagún, sin embargo, durante las simulaciones no se consideró la presencia del muro perimetral de la Terminal, el cual también servirá como barrera protectora y será diseñada de acuerdo a la normativa aplicable. El radio de la zona de amortiguamiento no se tomó en cuenta para el análisis de interacciones puesto que la magnitud del evento a esta distancia no se considera significativa para afectar a otros equipos.

2.2.4 Escenario 4

Descripción: Derrame de combustible en tanque de almacenamiento a través de orificio de 0.5" en la parte inferior del tanque por agente externo o corrosión.

Consideraciones: Para la modelación del escenario no se consideraron sistemas de seguridad, se consideró que la fuga continúa y fallan los sistemas de control, y que una vez ocurrida la fuga el combustible encuentra una fuente de ignición presentándose el incendio. No se consideró la presencia de coladeras o drenajes aceitosos existentes.

Consecuencias:

- Radiación térmica: En la Tabla 2.8 se presentan los radios de afectación obtenidos a partir de las modelaciones de los tanques para todas las sustancias involucradas en el proceso de la TAP VDM. En la zona de alto riesgo, el flujo de radiación térmica emitida por el incendio tendrá un tiempo máximo de exposición de 3 minutos, el cual sería el tiempo máximo soportable para personas protegidas con equipo especial; el tiempo necesario para sentir dolor en la piel desnuda será de 13 segundos y aproximadamente a los 40 segundos se producirán quemaduras de segundo grado; por otra parte, en la zona de amortiguamiento la radiación puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal) y se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial (Figura 2.8 a Figura 2.13).

Tabla 2.8 Radios de afectación por radiación térmica para escenario 4.

Zonas	Gasolina Regular	Gasolina Premium	Diésel	Turbosina	MTBE	Etanol
Zona de riesgo (5.0 kW/²)	<10 m	<10 m	19 m	29 m	<10 m	<10 m
Zona de amortiguamiento (1.4 kW/²)	14 m	14 m	36 m	51 m	19 m	13 m



Figura 2.8. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con gasolina regular para el escenario 4.

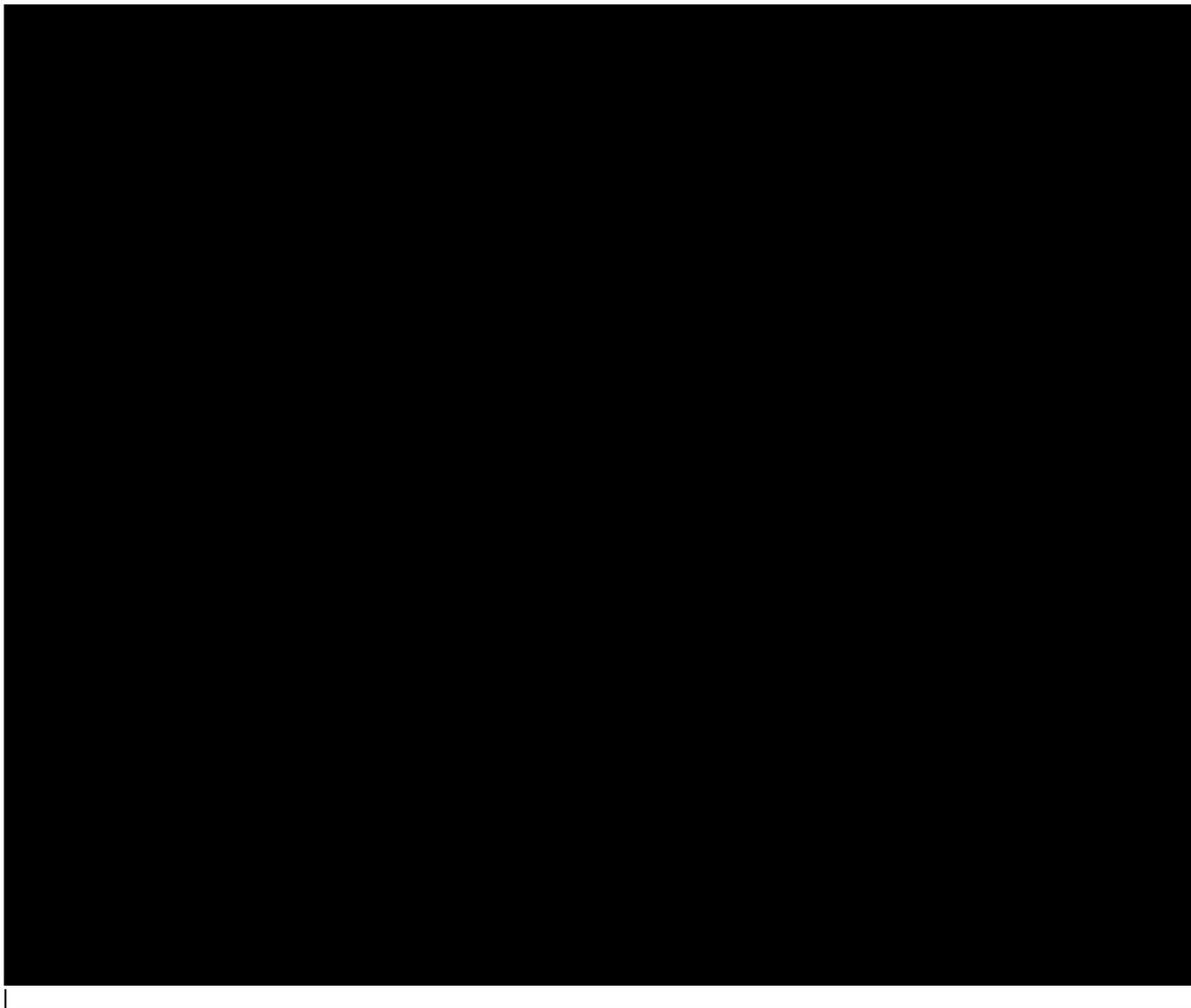


Figura 2.9. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con gasolina premium para el escenario 4.

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

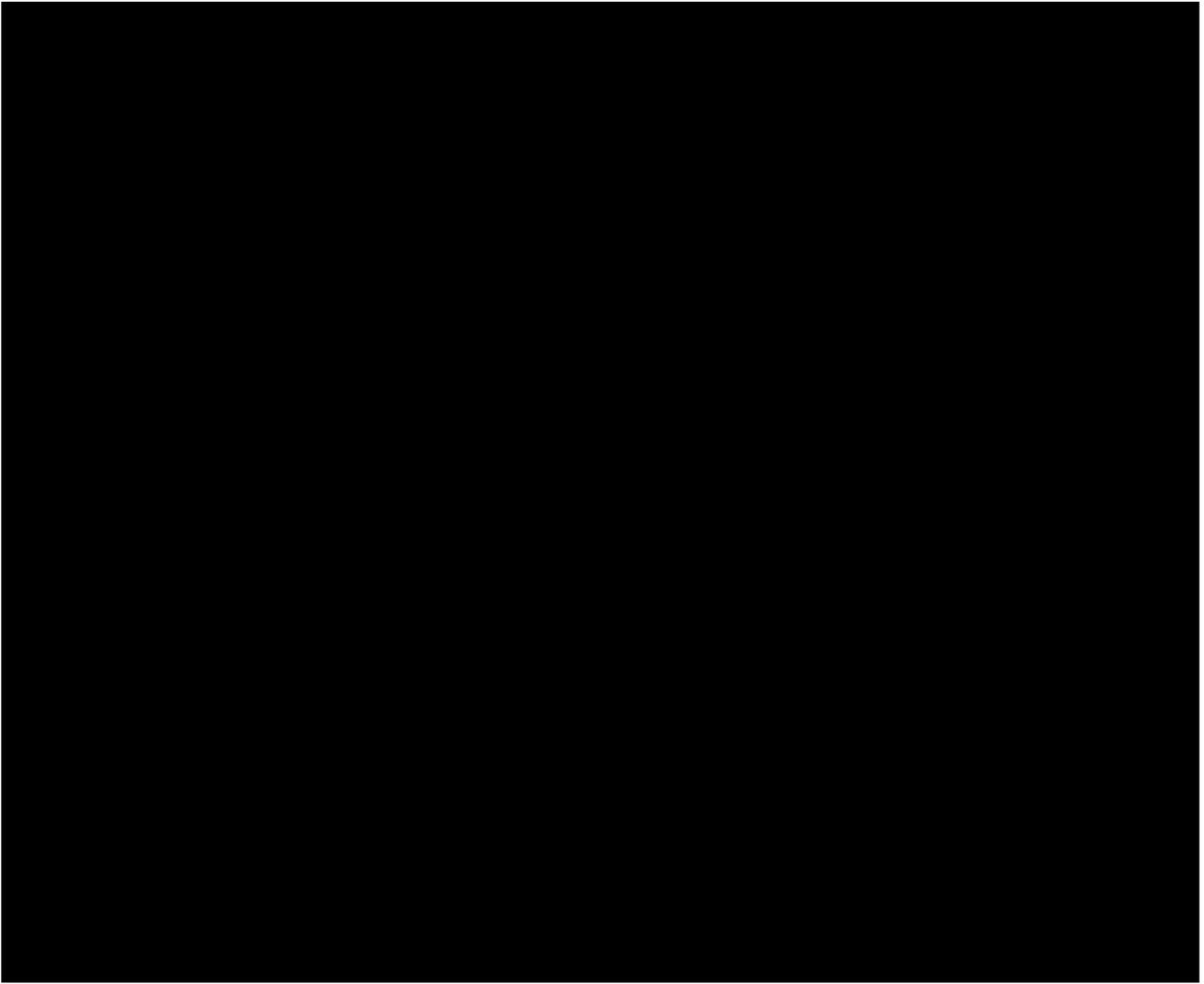


Figura 2.10. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con diésel para el escenario 4.



Figura 2.11. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con turbosina para el escenario 4.

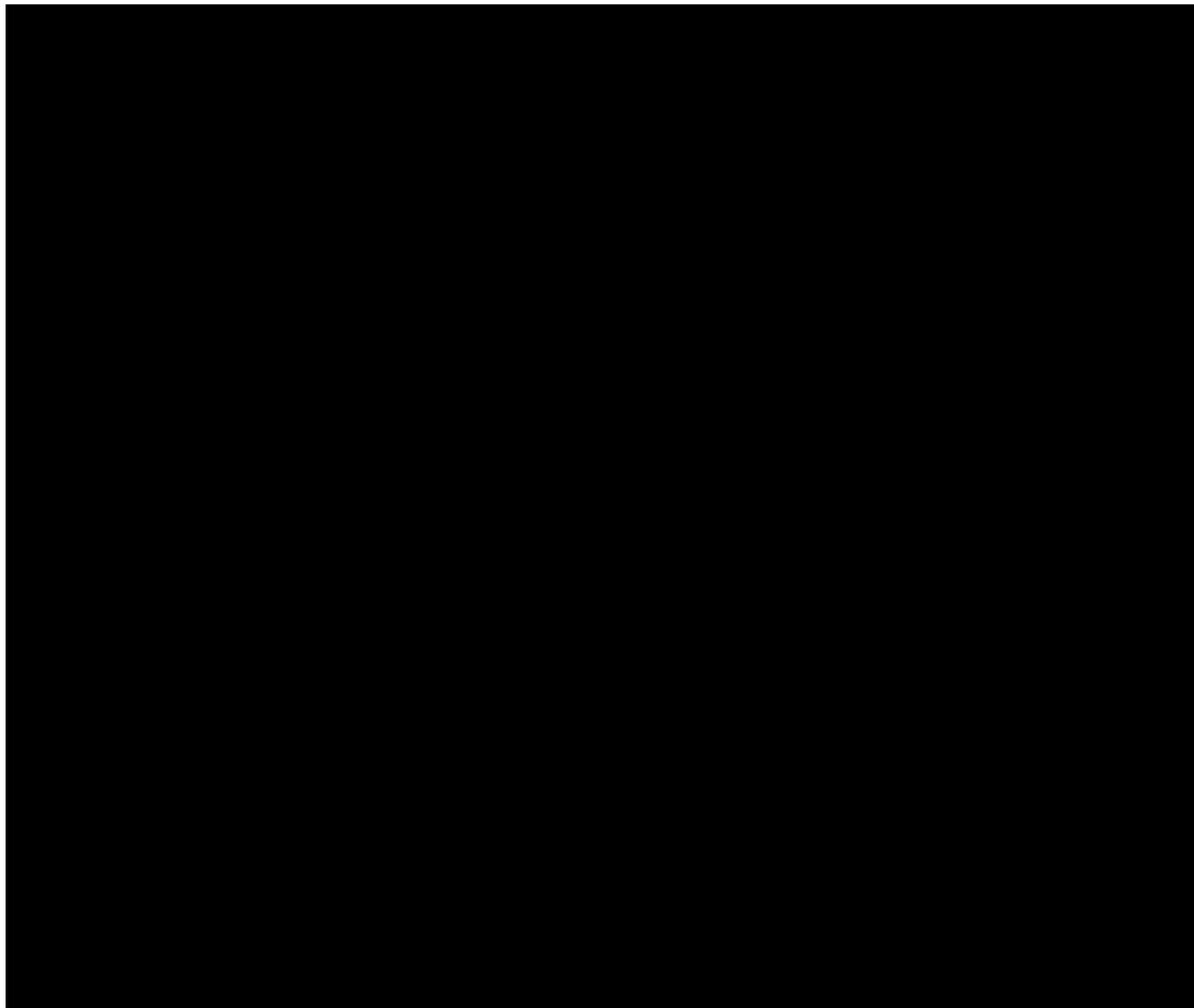


Figura 2.12. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con MTBE para el escenario 4.

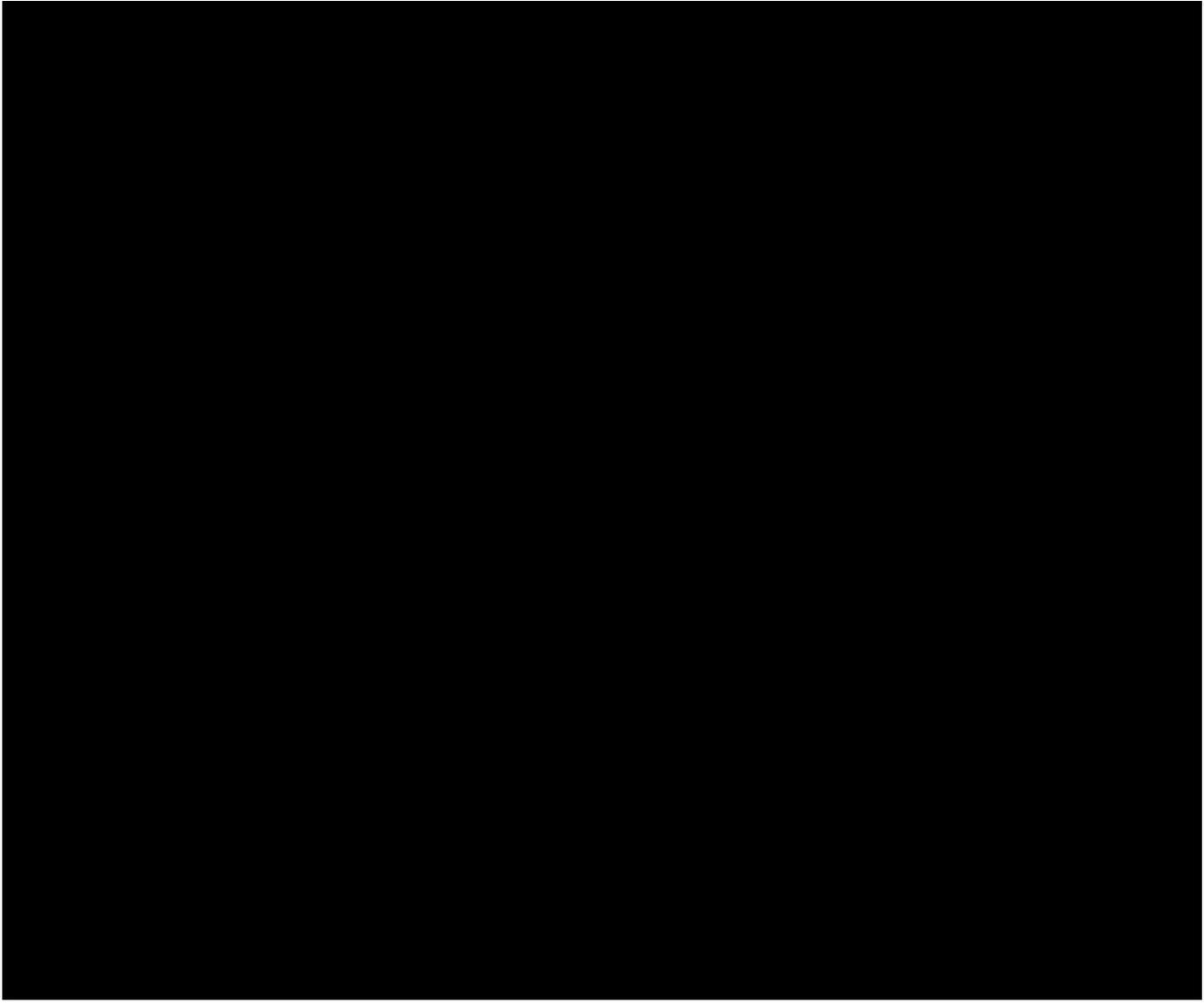


Figura 2.13. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con etanol para el escenario 4.

- **Sobrepresión:** En la Tabla 2.9 se presentan los radios de afectación obtenidos a partir de las modelaciones de los tanques para todas las sustancias involucradas en el proceso de la TAP VDM. En este evento, se produciría una reacción que propaga una onda de choque, que a la vez aumenta la presión de la mezcla, con lo cual se produciría un frente de flama que viaja como onda de choque seguida por una onda de combustión que libera energía para mantenerse y detonando de forma inmediata. Los efectos que tendría la detonación dentro de la zona de alto riesgo sería la demolición parcial de construcciones dejándolas inhabitables, se alcanzarían velocidades del viento de hasta 79 km/h, en esta zona el peligro para la vida humana se considera significativo; por otra parte, en la zona de amortiguamiento se esperarían la destrucción de ventanas y daños menos a instalaciones, en esta zona, el peligro para la vida humana no se considera significativo y solo se esperarían daños indirectos por rotura de cristales (Figura 2.14 a Figura 2.19).

Tabla 2.9. Radios de afectación por sobrepresión para escenario 4.

Zonas	Gasolina Regular	Gasolina Premium	Diésel	Turbosina	MTBE	Etanol
Zona de riesgo (1 psi)	32.83 m	32.88 m	60.79 m	78.68 m	79 m	30.54 m
Zona de amortiguamiento (0.5 psi)	57.45 m	57.53 m	106.38 m	137.69	131 m	53.45 m



Figura 2.14. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con gasolina regular para el escenario 4.

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

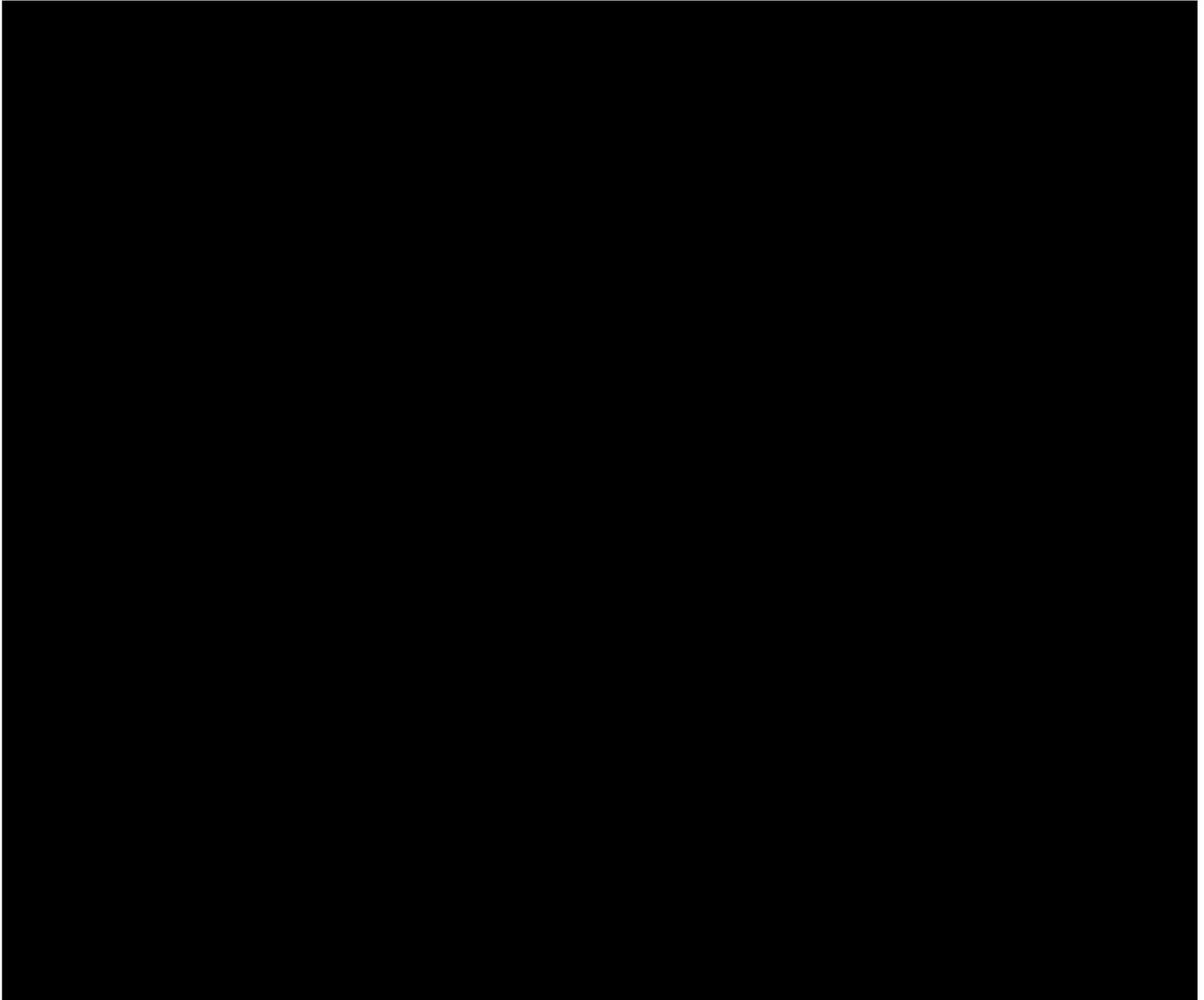


Figura 2.15. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con gasolina premium para el escenario 4.

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

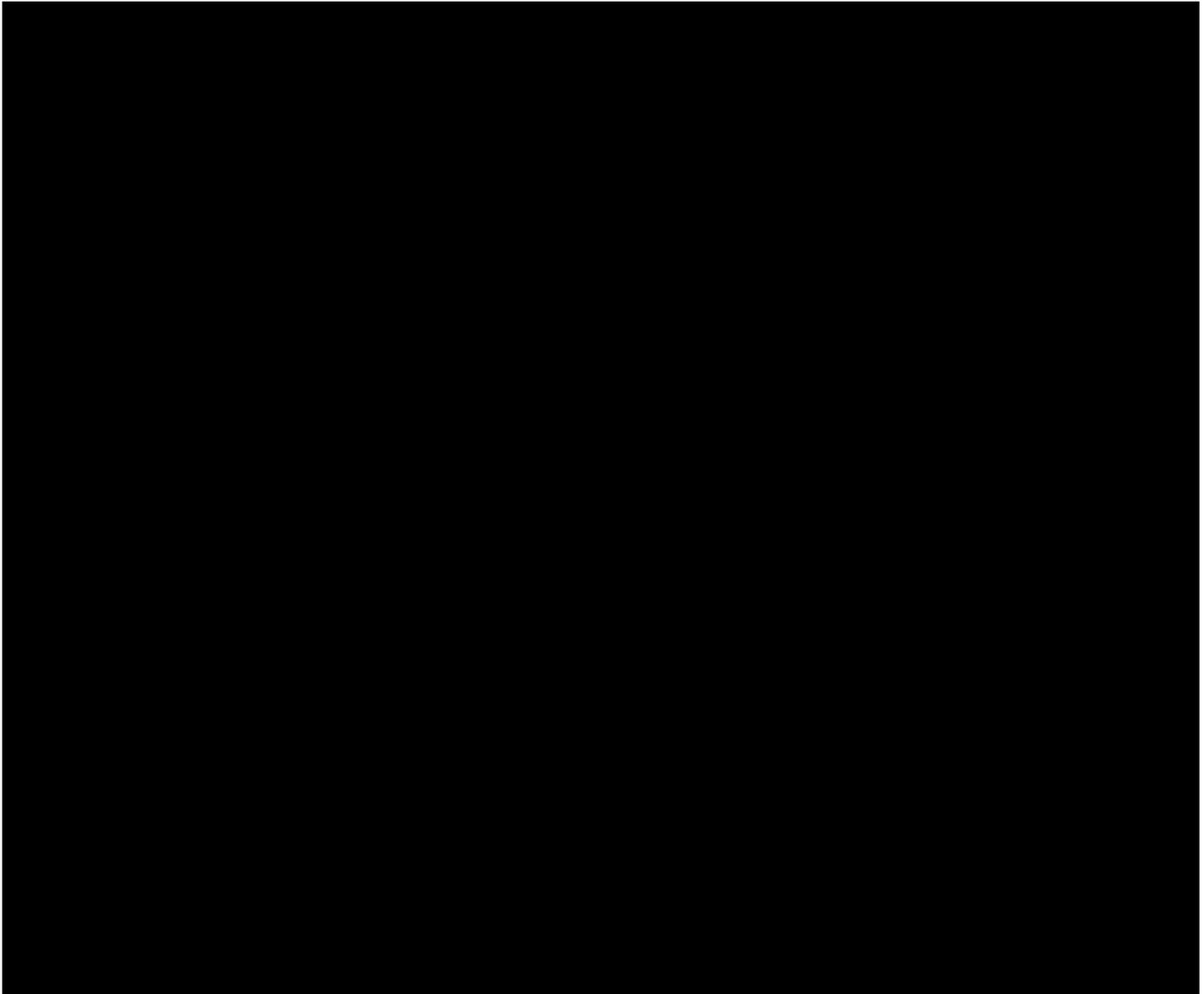


Figura 2.16. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con diésel para el escenario 4.

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

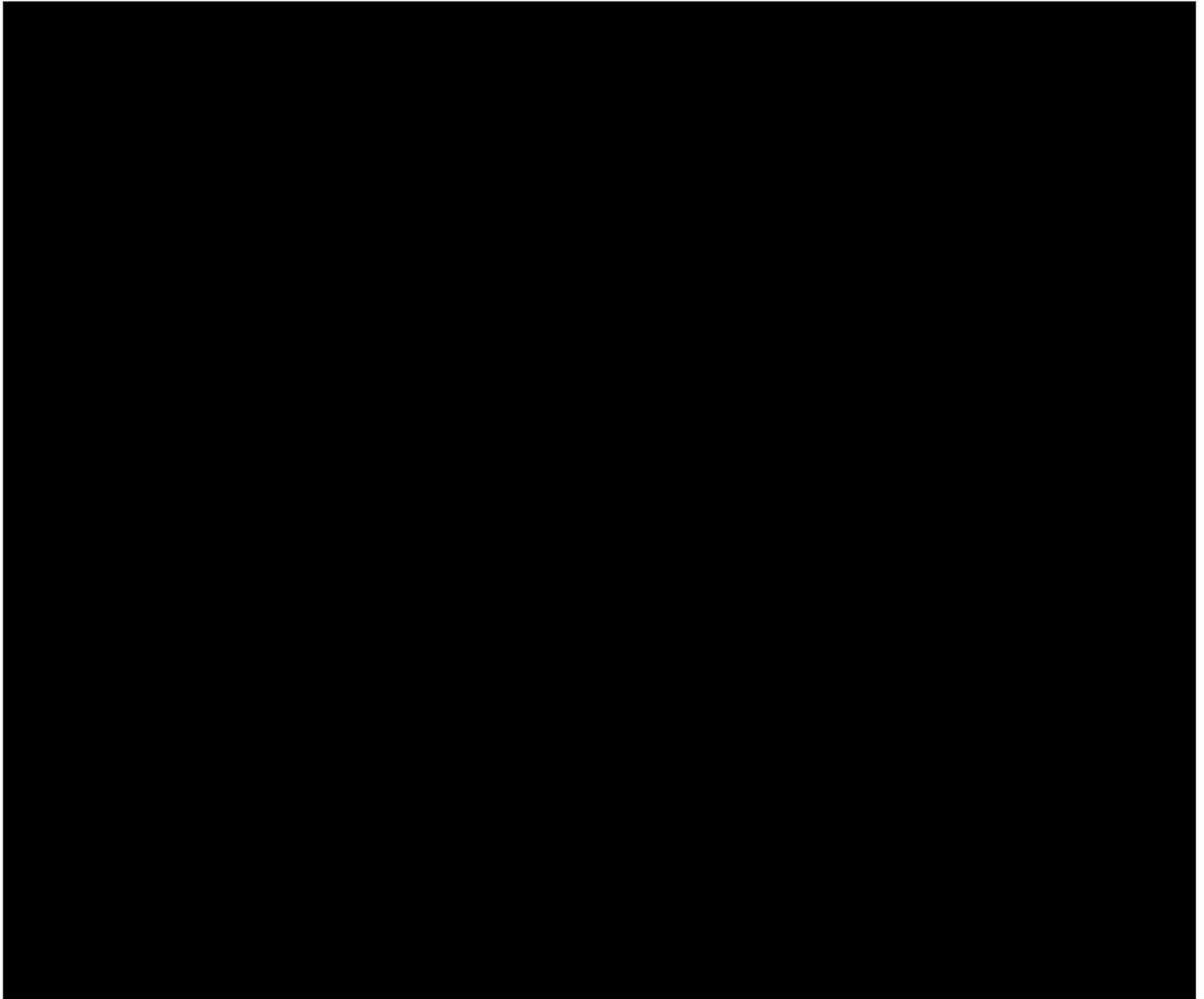


Figura 2.17. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con turbosina para el escenario 4.

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

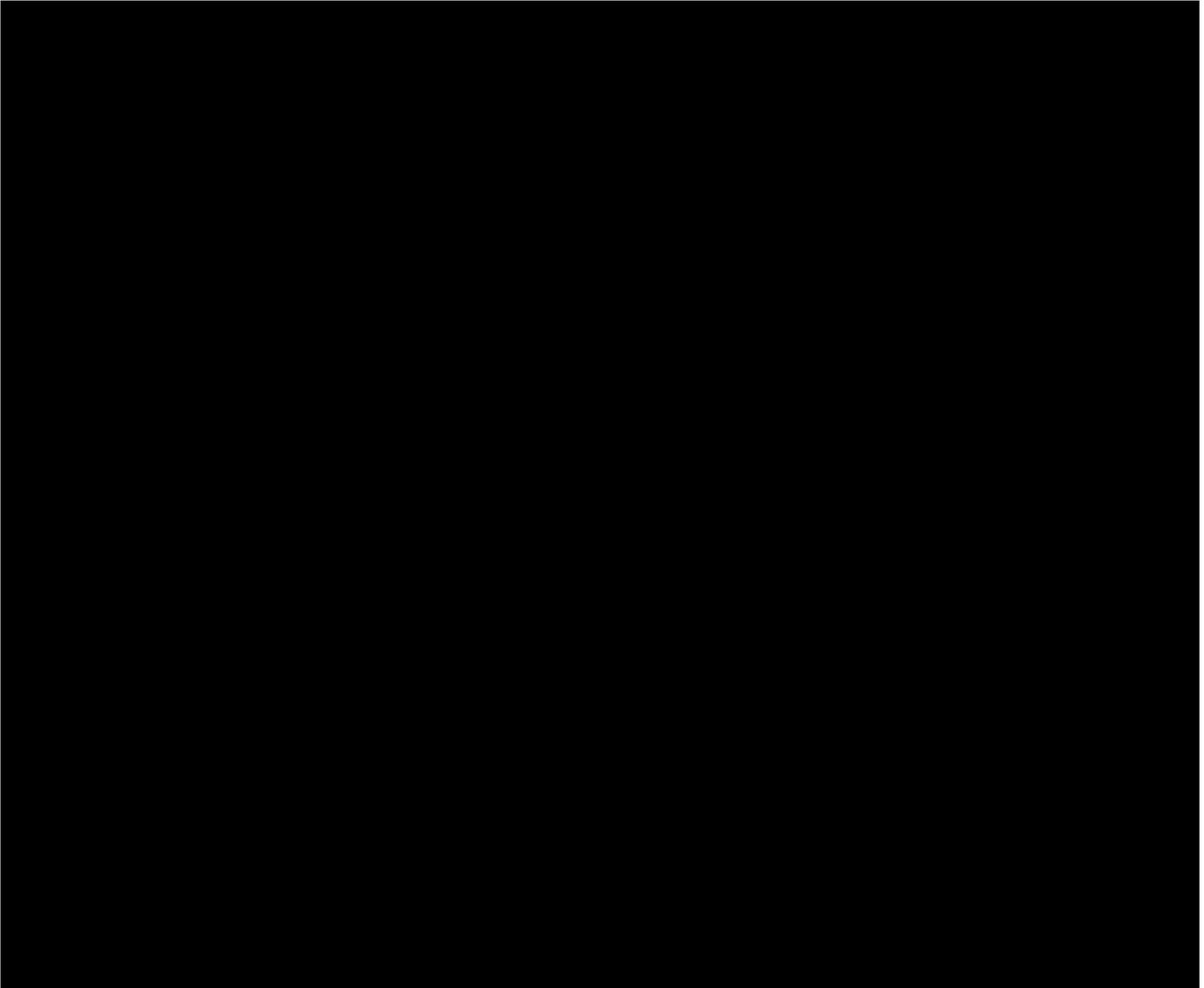


Figura 2.18. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con MTBE para el escenario 4.

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

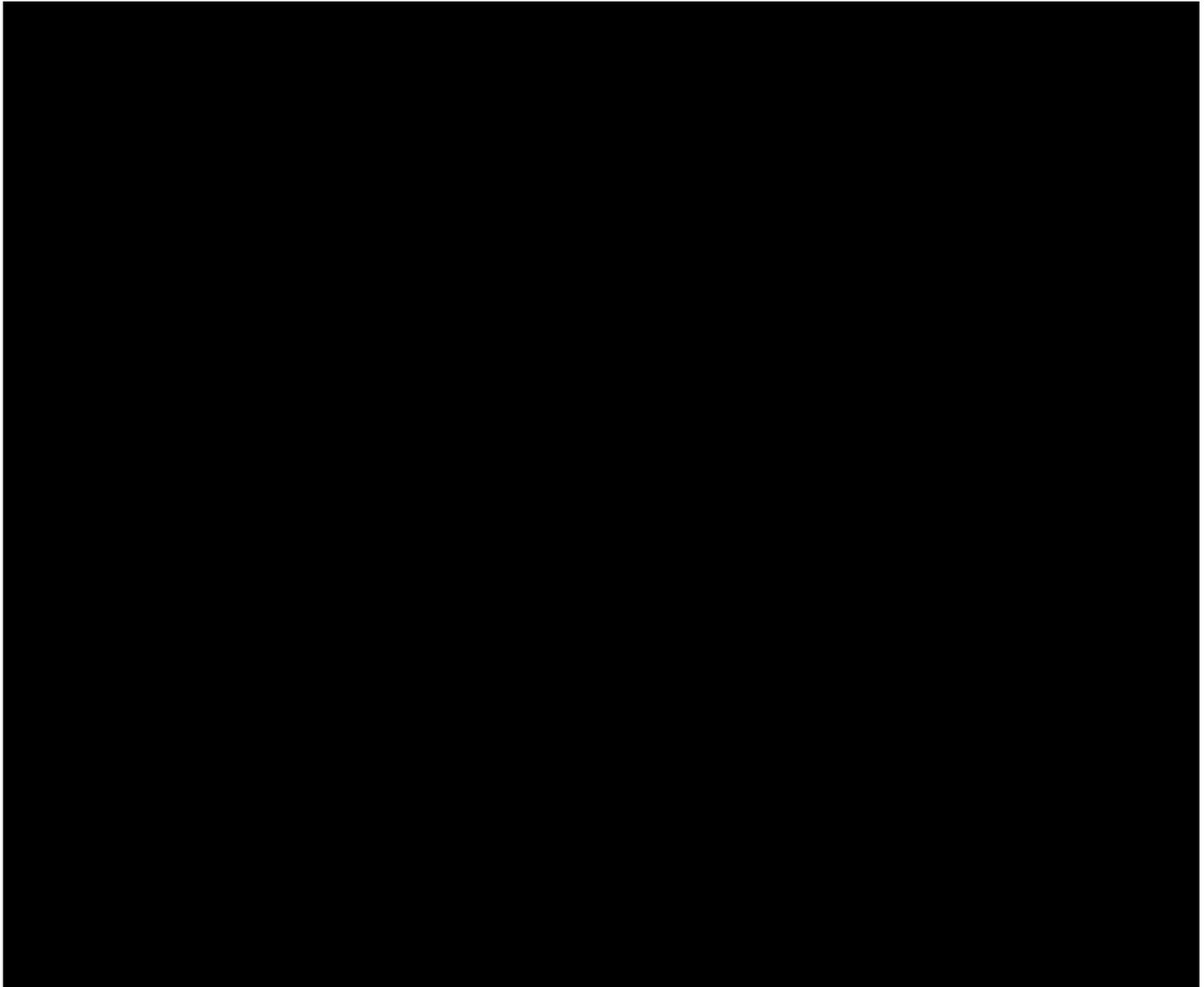


Figura 2.19. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con etanol para el escenario 4.

Interacciones: Los radios de afectación por sobrepresión (Figura 2.14 a Figura 2.19) para evento en los tanques de gasolina regular se limitan a afectar a la casa de bombas a llenaderas y parte del tanque de TV-203. En el caso del evento en el tanque de gasolina premium el radio de alto riesgo es capaz de afectar al tanque TV -103 y TV-203. El evento producido en el tanque de diésel tiene mayor afectación al alcanzar no solo los tanques TV-103 y TV-101 sino también a una porción de las islas de descarga y el filtro micrónico U-201. Por otra parte, el tanque de Turbosina presenta una extensión similar al tanque de diésel, afectando a los tanques aledaños (TV -102 y TV-204) así como una porción de las islas de descarga y el área del filtro micrónico U-201. En lo que respecta al MTBE, el evento podría afectar al tanque de etanol, gasolina premium y gasolina regular que se encuentran cercanos a el, además podría afectar una vialidad de la Terminal que se encuentra a un costado del tanque; finalmente, el tanque de etanol solo tendría afectaciones al tanque de MTBE y gasolina premium.

La interacción de los tanques de almacenamiento con otros tanques o las islas de descarga y llenado podría ocasionar un efecto dominó por sobrepresión o radiación térmica afectando no solo a las islas sino también a los autotanques.

A pesar de que en la mayoría de los escenarios los radios de la zona de alto riesgo por sobrepresión sale del área de los tanques de almacenamiento abarcando las islas de llenado, descarga y filtro micrónico, los principales y mayores daños se esperan el tanque modelado y en los tanques aledaños y no es posible afirmar que se presenten daños de mayores proporciones en las islas de llenado, descarga y sobre los tanques más alejados del sitio del evento. En la mayoría de los eventos es posible observar que el radio de alto riesgo sobrepasa el área del predio, sin embargo, durante las simulaciones no se consideró la presencia del muro perimetral de la Terminal o el dique de contención de los tanques, los cuales también servirán como barrera protectora y será diseñada de acuerdo a la normativa aplicable. El radio de la zona de amortiguamiento no se tomó en cuenta para el análisis de interacciones puesto que la magnitud de del evento a esta distancia no se considera significativa para afectar a otros equipos.

2.2.5 Escenario 5

Descripción: Derrame de gasolina regular en área de llenaderas por orificio en válvula o tubería por mala soldadura o corrosión por el cual se forma un charco de 1,332 m², por error humano.

Consideraciones: Para la modelación del escenario no se consideraron sistemas de seguridad, se consideró que la fuga es masiva y fallan los sistemas de control, y que una vez ocurrida la fuga el combustible encuentra una fuente de ignición presentándose el incendio. No se consideró la presencia de coladeras o drenajes aceitosos existentes.

Consecuencias:

- Radiación térmica: El radio de afectación por radiación térmica producto de un incendio tipo “pool fire” producido por un derrame a través de un orificio en una válvula o tubería en el área de llenaderas es de 131 m para la zona de alto riesgo y 247 m para la zona de amortiguamiento. En la zona de alto riesgo, el flujo de radiación térmica emitida por el incendio tendrá un tiempo máximo de exposición de 3 minutos, el cual sería el tiempo máximo soportable para personas protegidas con equipo especial; el tiempo necesario para sentir dolor en la piel desnuda será de 13 segundos y aproximadamente a los 40 segundos se producirán quemaduras de segundo grado; por otra parte, en la zona de amortiguamiento la radiación puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal) y se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial (Figura 2.20).



Figura 2.20. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con gasolina regular para el escenario 5

- **Sobrepresión:** En un evento de explosión de gasolina regular el radio de afectación por explosión, el radio de afectación de la zona de alto riesgo es de **230.83 m** y **403.96 m** de zona de amortiguamiento. En este evento, se produciría una reacción que propaga una onda de choque, que a la vez aumenta la presión de la mezcla, con lo cual se produciría un frente de flama que viaja como onda de choque seguida por una onda de combustión que libera energía para mantenerse y detonando de forma inmediata. Los efectos que tendría la detonación dentro de la zona de alto riesgo sería la demolición parcial de construcciones dejándolas inhabitables, se alcanzarían velocidades del viento de hasta 79 km/h, en esta zona el peligro para la vida humana se considera significativo; por otra parte, en la zona de amortiguamiento se esperaría la destrucción de ventanas y daños menos a instalaciones, en esta zona, el peligro para la vida humana no se considera significativo y solo se esperarían daños indirectos por rotura de cristales (Figura 2.21).

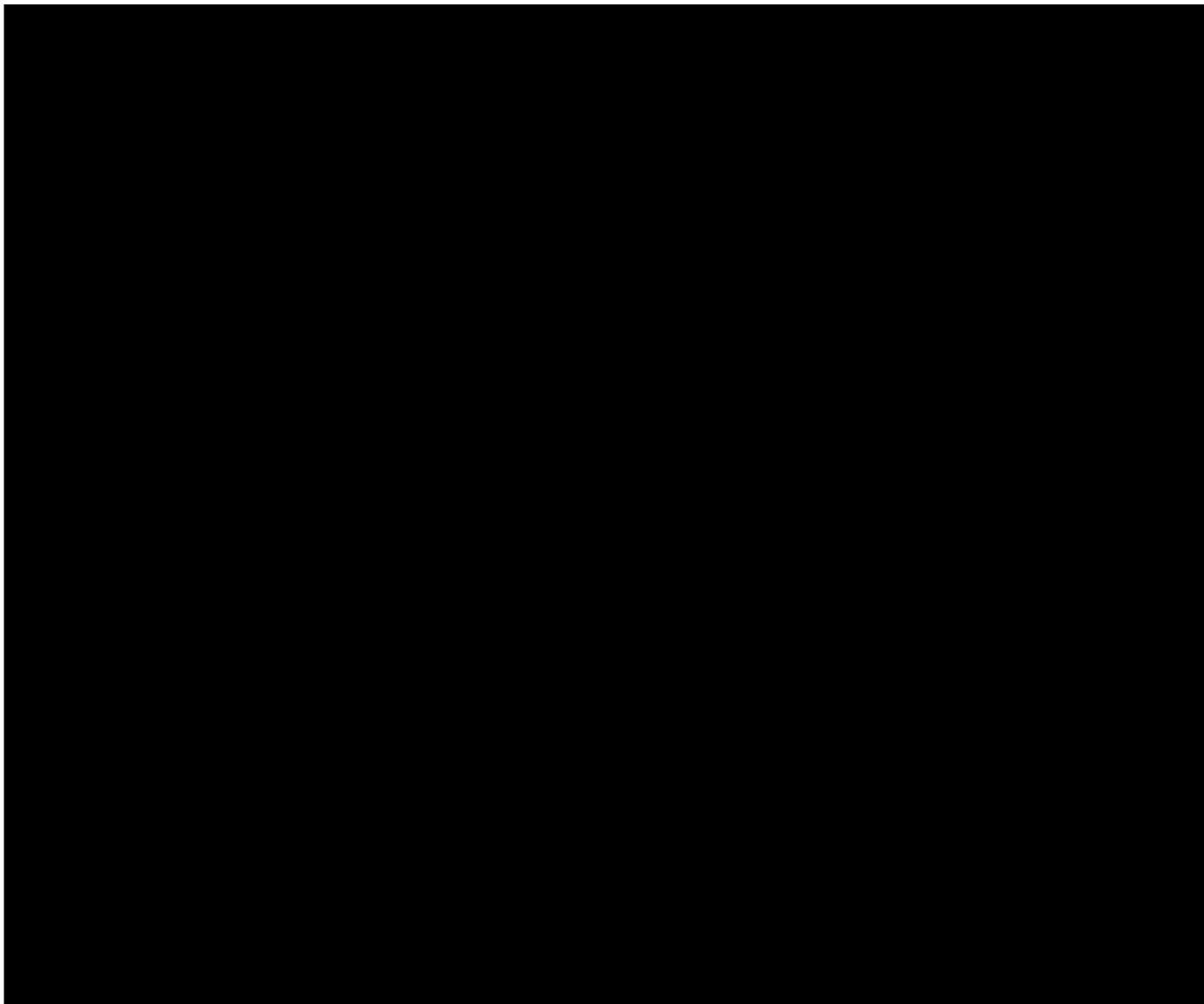


Figura 2.21. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con gasolina regular para el escenario 5.

Interacciones: El radios de alto riesgo por sobrepresión (Figura 2.21) es capaz de afectar no solo el área de llenaderas sino el área de tanques de almacenamiento, el área de descargaderas, la casa de bombas a llenaderas, el área de filtro micrónico U-202 y el área de tintes y aditivos. A pesar de que el radio de la zona de alto riesgo por sobrepresión abarca la zona de tanques de almacenamiento y descargaderas, los principales y mayores daños se esperarían en la zona de llenaderas y no es posible afirmar que se presenten daños de mayores proporciones sobre otras instalaciones más alejadas. En la Figura 2.21 también es posible observar que el radio de alto riesgo sobrepasa el área del predio, pudiendo afectar la carretera federal Otumba-Sahagún, sin embargo, durante las simulaciones no se consideró la presencia del muro perimetral de la Terminal, el cual también servirá como barrera protectora y será diseñada de acuerdo a la normativa aplicable. La zona de amortiguamiento no se tomó en cuenta para el análisis de interacciones puesto que la magnitud del evento a esta distancia no se considera significativa para afectar a otros equipos.

2.2.6 Escenario 6

Descripción: Derrame de gasolina regular en área de llenaderas por falla en conexión de manguera de 4" Ø, por la cual se forma un charco de 555 m², por error humano.

Consideraciones: Para la modelación del escenario no se consideraron sistemas de seguridad, se consideró que la fuga es masiva y fallan los sistemas de control, y que una vez ocurrida la fuga el combustible encuentra una fuente de ignición presentándose el incendio. No se consideró la presencia de coladeras o drenajes aceitosos existentes.

Consecuencias:

- Radiación térmica: Para evento de tipo "pool fire" producido por una falla en conexión de manguera de en el área de llenaderas el radio de afectación por radiación térmica para la zona de alto riesgo es de 85 m y 163 m para la zona de amortiguamiento. En la zona de alto riesgo, el flujo de radiación térmica emitida por el incendio tendrá un tiempo máximo de exposición de 3 minutos, el cual sería el tiempo máximo soportable para personas protegidas con equipo especial; el tiempo necesario para sentir dolor en la piel desnuda será de 13 segundos y aproximadamente a los 40 segundos se producirán quemaduras de segundo grado; por otra parte, en la zona de amortiguamiento la radiación puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal) y se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial (Figura 2.22).



Figura 2.22. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con gasolina regular para el escenario 6.

- **Sobrepresión:** En un evento de explosión de gasolina regular el radio de afectación por explosión, el radio de afectación de la zona de alto riesgo es de 172.45 m y 301.79 m de zona de amortiguamiento. En este evento, se produciría una reacción que propaga una onda de choque, que a la vez aumenta la presión de la mezcla, con lo cual se produciría un frente de flama que viaja como onda de choque seguida por una onda de combustión que libera energía para mantenerse y detonando de forma inmediata. Los efectos que tendría la detonación dentro de la zona de alto riesgo sería la demolición parcial de construcciones dejándolas inhabitables, se alcanzarían velocidades del viento de hasta 79 km/h, en esta zona el peligro para la vida humana se considera significativo; por otra parte, en la zona de amortiguamiento se esperaría la destrucción de ventanas y daños menos a instalaciones, en esta zona, el peligro para la vida humana no se considera significativo y solo se esperarían daños indirectos por rotura de cristales (Figura 2.23).

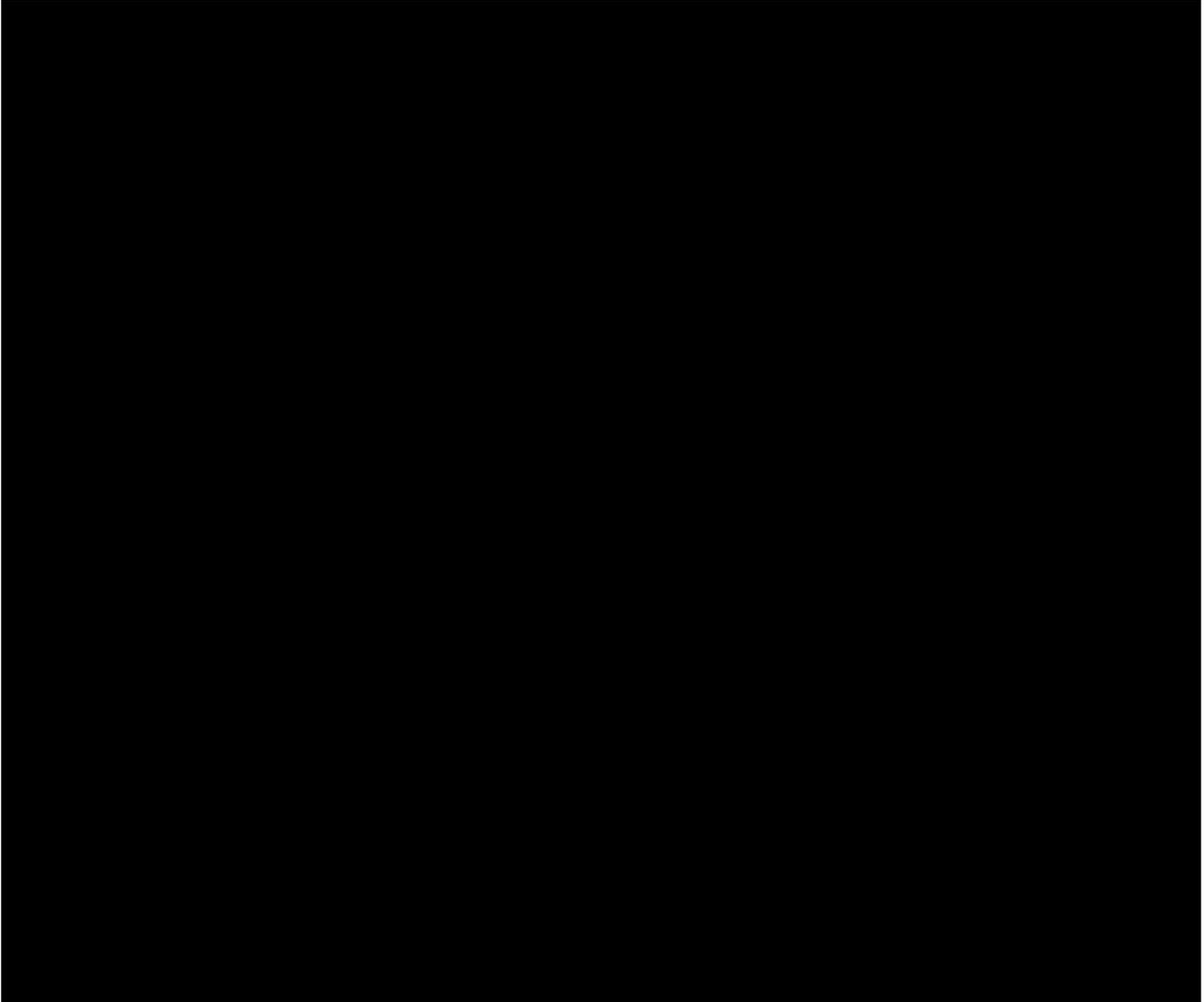


Figura 2.23. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con gasolina regular para el escenario 6

Interacciones: Tomando en cuenta el radio de afectación para zona de alto riesgo por sobrepresión (Figura 2.23) este evento es capaz de afectar todas las islas de llenado y parte de los tanques de almacenamiento, este evento podría ocasionar un efecto dominó por radiación térmica y sobrepresión afectando no solo a las islas de descarga sino también a los autotanques. A pesar de que el radio de la zona de alto riesgo por sobrepresión abarca la zona de tanques de almacenamiento, los principales y mayores daños se esperarían en la zona de llenaderas y no es posible afirmar que se presenten daños de mayores proporciones sobre los tanques. En la Figura 2.23 también es posible observar que el radio de alto riesgo sobrepasa el área del predio, pudiendo afectar la carretera federal Otumba-Sahagún, sin embargo, durante las simulaciones no se consideró la presencia del muro perimetral de la Terminal, el cual también servirá como barrera protectora y será diseñada de acuerdo a la normativa aplicable. Es importante señalar que el radio de la zona de amortiguamiento no se tomó en cuenta para el análisis de interacciones puesto que la magnitud del evento a esta distancia no se considera significativa para afectar a otros equipos.

Es importante señalar que el radio de la zona de amortiguamiento no se tomó en cuenta para el análisis de interacciones puesto que la magnitud de del evento a esta distancia no se considera significativa para afectar a otros equipos.

Finalmente, debe mencionarse que la frecuencia estimada cualitativamente para estos escenarios es muy baja y no se espera que ocurran este tipo de eventos en la vida útil de la instalación, debido a los controles y medidas de seguridad que adoptará la Terminal, por lo cual el riesgo es bajo. A pesar de las dimensiones de los radios de alto riesgo para los escenarios de sobrepresión y radiación térmica, todas las medidas de seguridad y medidas preventivas de la Terminal están encaminadas a disminuir no solo la frecuencia sino también la magnitud de los eventos modelados en este estudio.

2.2.7 Escenario 7

Descripción: Derrame total de gasolina regular de autotank en área de descargaderas por falla en conexión de manguera de 4" Ø.

Consideraciones: Para la modelación del escenario no se consideraron sistemas de seguridad, se consideró que la fuga es masiva y fallan los sistemas de control, y que una vez ocurrida la fuga el combustible encuentra una fuente de ignición presentándose el incendio. No se consideró la presencia de coladeras o drenajes aceitosos existentes.

Consecuencias:

- Radiación térmica: El radio de afectación por radiación térmica para un evento de derrame total de gasolina de un autotank en el área de descargaderas para la zona de alto riesgo es de 152 m y 283 m para la zona de amortiguamiento. En la zona de alto riesgo, el flujo de radiación térmica emitida por el incendio tendrá un tiempo máximo de exposición de 3 minutos, el cual sería el tiempo máximo soportable para personas protegidas con equipo especial; el tiempo necesario para sentir dolor en la piel desnuda será de 13 segundos y aproximadamente a los 40 segundos se producirán quemaduras de segundo grado; por otra parte, en la zona de amortiguamiento la radiación puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal) y se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial (Figura 2.24).



Figura 2.24. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con gasolina regular para el escenario 7.

- **Sobrepresión:** En un evento de explosión de gasolina regular el radio de afectación por explosión, el radio de afectación de la zona de alto riesgo es de 240.11 m y 420.19 m de zona de amortiguamiento. En este evento, se produciría una reacción que propaga una onda de choque, que a la vez aumenta la presión de la mezcla, con lo cual se produciría un frente de flama que viaja como onda de choque seguida por una onda de combustión que libera energía para mantenerse y detonando de forma inmediata. Los efectos que tendría la detonación dentro de la zona de alto riesgo sería la demolición parcial de construcciones dejándolas inhabitables, se alcanzarían velocidades del viento de hasta 79 km/h, en esta zona el peligro para la vida humana se considera significativo; por otra parte, en la zona de amortiguamiento se esperarían la destrucción de ventanas y daños menores a instalaciones, en esta zona, el peligro para la vida humana no se considera significativo y solo se esperarían daños indirectos por rotura de cristales (Figura 2.25).



Figura 2.25. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con gasolina regular para el escenario 7.

Interacciones: El radio de afectación para zona de alto riesgo por sobrepresión de este evento (Figura 2.25) presentaría afectaciones a toda la parte oeste de la Terminal, que incluye toda el área de descargaderas, tanques de almacenamiento y una porción de las islas de llenado. Este evento podría ocasionar un efecto dominó por radiación térmica y sobrepresión afectando no solo a las islas de descarga sino también a los autotanques. Sin embargo, a pesar de que el radio de la zona de alto riesgo por sobrepresión abarca la zona de tanques de almacenamiento, los principales y mayores daños se esperarían en la zona de descargaderas y no es posible afirmar que se presenten daños de mayores proporciones sobre los tanques. En la Figura 2.25 también es posible observar que el radio de alto riesgo sobrepasa el área del predio, pudiendo afectar la carretera federal Otumba-Sahagún, sin embargo, durante las simulaciones no se consideró la presencia del muro perimetral de la Terminal, el cual también servirá como barrera protectora y será diseñada de acuerdo a la normativa aplicable. El radio de la zona de amortiguamiento no se tomó en cuenta para el análisis de interacciones puesto que la magnitud del evento a esta distancia no se considera significativa para afectar a otros equipos.

2.2.8 Escenario 8

Descripción: Derrame total de turbosina de autotanque en área de descargaderas por falla en conexión de manguera de 4" Ø.

Consideraciones: Para la modelación del escenario no se consideraron sistemas de seguridad, se consideró que la fuga es masiva y fallan los sistemas de control, y que una vez ocurrida la fuga el combustible encuentra una fuente de ignición presentándose el incendio. No se consideró la presencia de coladeras o drenajes aceitosos existentes.

Consecuencias:

- Radiación térmica: El radio de afectación por radiación térmica por un derrame total de turbosina de autotanque en llenaderas para la zona de alto riesgo sería de **61 m** y de **107 m** para la zona de amortiguamiento. En la zona de alto riesgo, el flujo de radiación térmica emitida por el incendio tendrá un tiempo máximo de exposición de 3 minutos, el cual sería el tiempo máximo soportable para personas protegidas con equipo especial; el tiempo necesario para sentir dolor en la piel desnuda será de 13 segundos y aproximadamente a los 40 segundos se producirán quemaduras de segundo grado; por otra parte, en la zona de amortiguamiento la radiación puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal) y se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial (Figura 2.26).

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



Figura 2.26. Radios potenciales de afectación pos radiación térmica con turbosina para el escenario 8.

- Sobrepresión: En un evento de explosión de gasolina regular el radio de afectación por explosión, el radio de afectación de la zona de alto riesgo es de **128.28 m** y **224.48 m** de zona de amortiguamiento. En este evento, se produciría una reacción que propaga una onda de choque, que a la vez aumenta la presión de la mezcla, con lo cual se produciría un frente de flama que viaja como onda de choque seguida por una onda de combustión que libera energía para mantenerse y detonando de forma inmediata. Los efectos que tendría la detonación dentro de la zona de alto riesgo sería la demolición parcial de construcciones dejándolas inhabitables, se alcanzarían velocidades del viento de hasta 79 km/h, en esta zona el peligro para la vida humana se considera significativo; por otra parte, en la zona de amortiguamiento se esperaría la destrucción de ventanas y daños menos a instalaciones, en esta zona, el peligro para la vida humana no

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

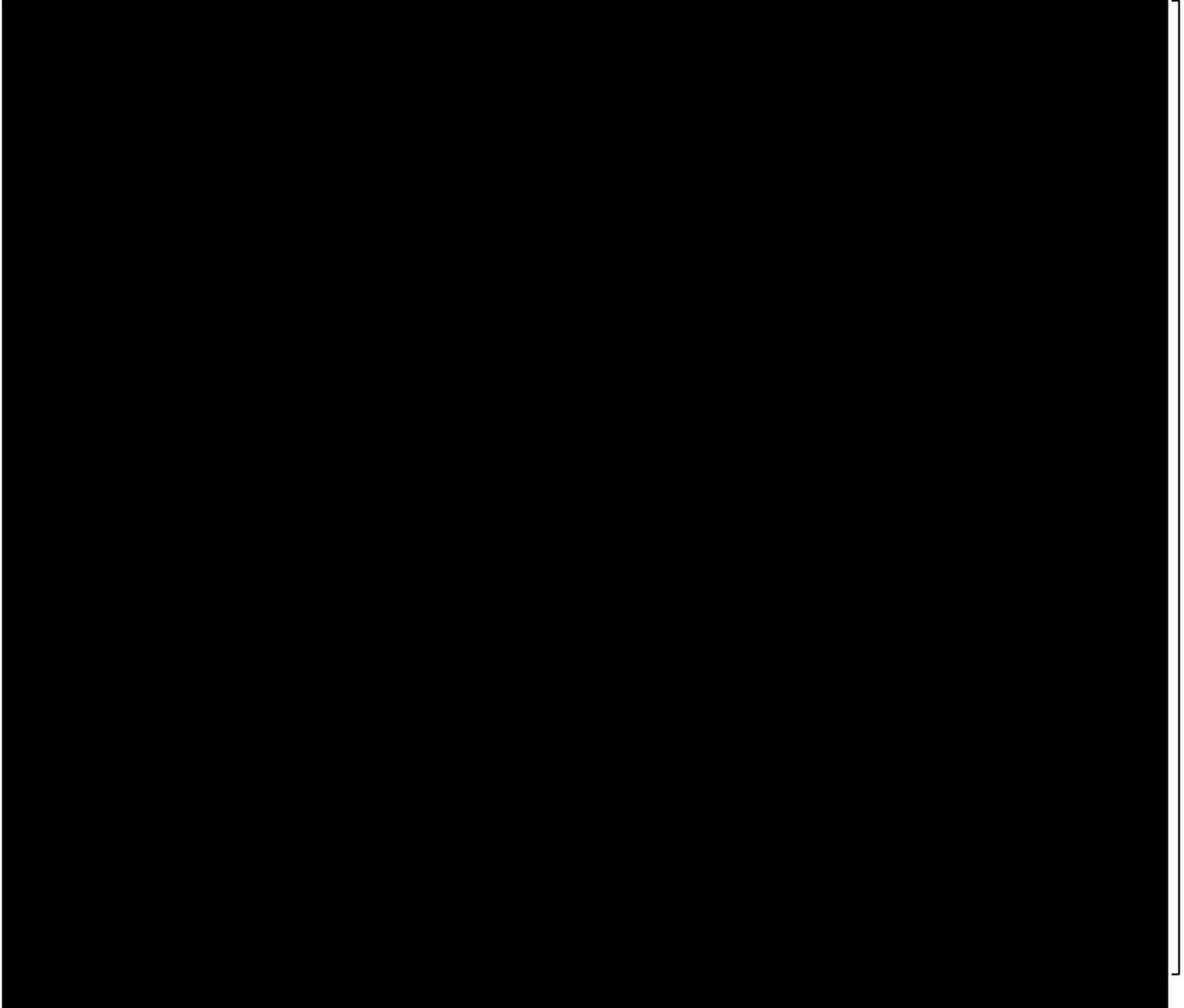


Figura 2.27. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con turbosina para el escenario 8.

Interacciones: Tomando en cuenta el radio de afectación para zona de alto riesgo por sobrepresión (Figura 2.27) se tendría interacción con el área de tanques de almacenamiento, específicamente los tanques TV-101, TV-102,

TV-103, TV-201 y TV-204, así como el área del filtro micrónico U-201, área de Fast Flush y área de inspección de pipas. A pesar de que el radio de la zona de alto riesgo por sobrepresión abarca la zona de tanques de almacenamiento, los principales y mayores daños se esperarían en la zona de descargaderas y no es posible afirmar que se presenten daños de mayores proporciones sobre los tanques. En la Figura 2.27 también es posible observar que el radio de alto riesgo sobrepasa el área del predio, pudiendo afectar la carretera federal Otumba-Sahagún, sin embargo, durante las simulaciones no se consideró la presencia del muro perimetral de la Terminal, el cual también servirá como barrera protectora y será diseñada de acuerdo a la normativa aplicable. Es importante señalar que el radio de la zona de amortiguamiento no se tomó en cuenta para el análisis de interacciones puesto que la magnitud del evento a esta distancia no se considera significativa para afectar a otros equipos.

2.2.9 Escenario 9

Descripción: Derrame total de gasolina regular en tanque de almacenamiento por falla en indicador de nivel.

Consideraciones: Para la modelación del escenario no se consideraron sistemas de seguridad, se consideró que la fuga es masiva total y fallan los sistemas de control, y que una vez ocurrida la fuga el combustible encuentra una fuente de ignición presentándose el incendio. No se consideró la presencia de coladeras o drenajes aceitosos existentes.

Consecuencias:

- Radiación térmica: El radio de afectación por radiación térmica para la zona de alto riesgo es de **650 m** y **1.2 km** para la zona de amortiguamiento. En la zona de alto riesgo, el flujo de radiación térmica emitida por el incendio tendrá un tiempo máximo de exposición de 3 minutos, el cual sería el tiempo máximo soportable para personas protegidas con equipo especial; el tiempo necesario para sentir dolor en la piel desnuda será de 13 segundos y aproximadamente a los 40 segundos se producirán quemaduras de segundo grado; por otra parte, en la zona de amortiguamiento la radiación puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal) y se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial (Figura 2.28).

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

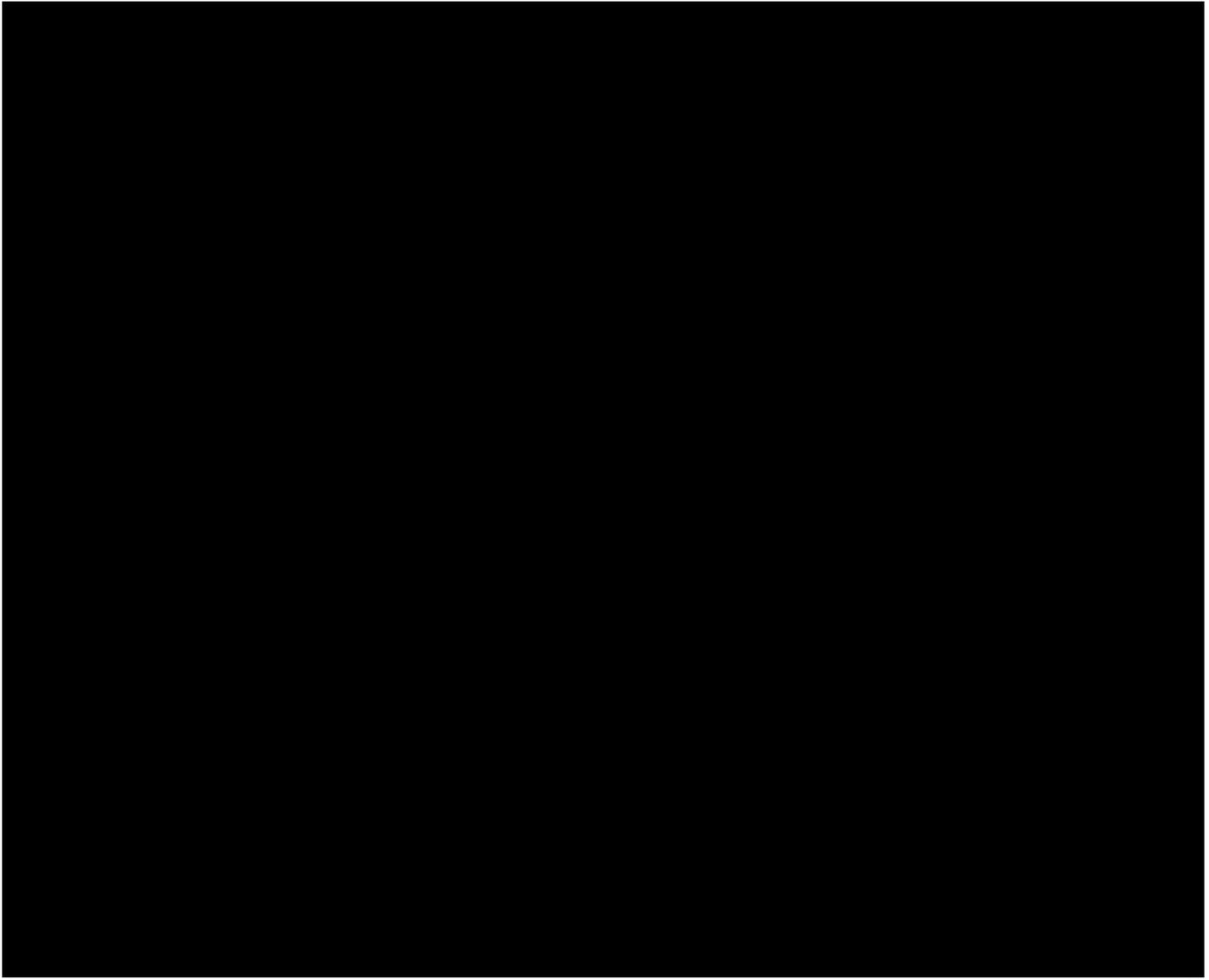


Figura 2.28. Radios potenciales de afectación pos radiación térmica con gasolina regular para el escenario 9.

- **Sobrepresión:** En un evento de explosión de gasolina regular el radio de afectación por explosión, el radio de afectación de la zona de alto riesgo es de **661.46 m** y **1.1 km** de zona de amortiguamiento. En este evento, se produciría una reacción que propaga una onda de choque, que a la vez aumenta la presión de la mezcla, con lo cual se produciría un frente de flama que viaja como onda de choque seguida por una onda de combustión que libera energía para mantenerse y detonando de forma inmediata. Los efectos que tendría la detonación dentro de la zona de alto riesgo sería la demolición parcial de construcciones dejándolas inhabitables, se alcanzarían velocidades del viento de hasta 79 km/h, en esta zona el peligro para la vida humana se considera significativo; por otra parte, en la zona de amortiguamiento se esperaría la destrucción de ventanas y daños menos a instalaciones, en esta zona, el peligro para la vida humana no se considera significativo y solo se esperarían daños indirectos por rotura de cristales.



Figura 2.29. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con gasolina regular para el escenario 9.

Interacciones: Ante este evento, el radio de alto riesgo por sobrepresión es capaz de afectar toda la superficie de la Terminal. Es importante señalar que este evento se modeló como escenario catastrófico considerando un derrame de una gran cantidad de combustible sin medidas de seguridad ni respuesta a emergencias para contención del derrame.

2.2.10 Escenario 10

Descripción: Derrame total de turbosina en tanque de almacenamiento por falla en indicador de nivel.

Consideraciones: Para la modelación del escenario no se consideraron sistemas de seguridad, se consideró que la fuga es masiva y fallan los sistemas de control, y que una vez ocurrida la fuga el combustible encuentra una fuente de ignición presentándose el incendio. No se consideró la presencia de coladeras o drenajes aceitosos existentes.

Consecuencias:

- Radiación térmica: El radio de afectación por radiación térmica para la zona de alto riesgo es de **252 m y 425 m** de zona de amortiguamiento. En la zona de alto riesgo, el flujo de radiación térmica emitida por el incendio tendrá un tiempo máximo de exposición de 3 minutos, el cual sería el tiempo máximo soportable para personas protegidas con equipo especial; el tiempo necesario para sentir dolor en la piel desnuda será de 13 segundos y aproximadamente a los 40 segundos se producirán quemaduras de segundo grado; por otra parte, en la zona de amortiguamiento la radiación puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal) y se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial (Figura 2.30). **UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP**

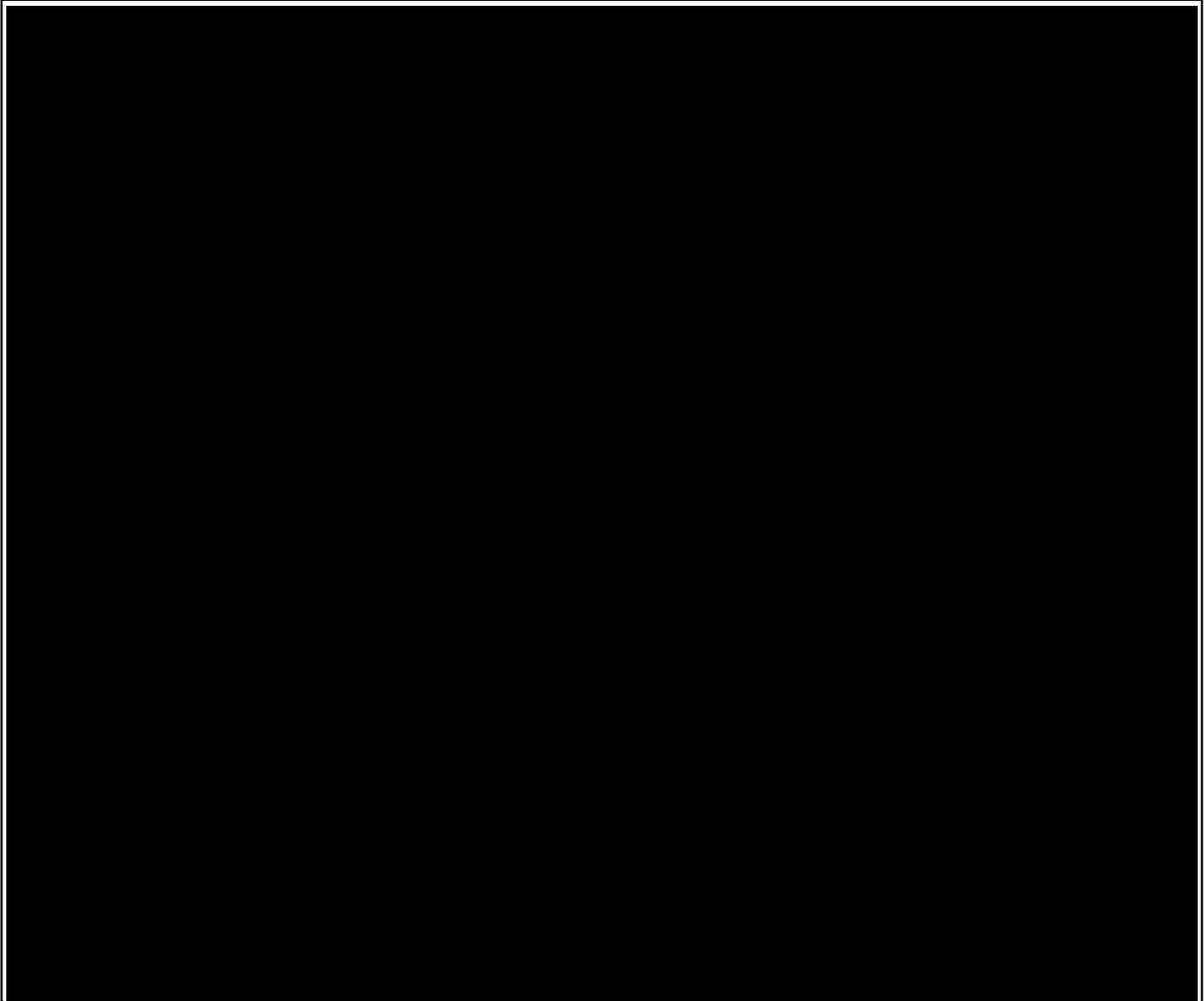


Figura 2.30. Radios potenciales de afectación por radiación térmica con turbosina para el escenario 10.

- Sobrepresión: En un evento de explosión de gasolina regular el radio de afectación por explosión, el radio de afectación de la zona de alto riesgo es de **352.60 m y 617.05 m** de zona de amortiguamiento. En este evento, se produciría una reacción que propaga una onda de choque, que a la vez aumenta la presión de la mezcla, con lo cual se produciría un frente de flama que viaja como onda de choque seguida por una onda de combustión que libera energía para mantenerse y detonando de forma inmediata. Los efectos que tendría la detonación dentro de la zona de alto riesgo sería la demolición parcial de construcciones

dejándolas inhabitables, se alcanzarían velocidades del viento de hasta 79 km/h, en esta zona el peligro para la vida humana se considera significativo; por otra parte, en la zona de amortiguamiento se esperaría la destrucción de ventanas y daños menos a instalaciones, en esta zona, el peligro para la vida humana no se considera significativo y solo se esperarían daños indirectos por rotura de cristales (Figura 2.31).

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



Figura 2.31. Radios potenciales de afectación por sobrepresión con turbosina para el escenario 10.

Interacciones: Ante este evento, el radio de alto riesgo por sobrepresión es capaz de afectar toda la superficie de la Terminal. Es importante señalar que este evento se modeló como escenario catastrófico considerando un derrame de una gran cantidad de combustible sin medidas de seguridad ni respuesta a emergencias para contención del derrame.

Finalmente, debe mencionarse que la frecuencia estimada cualitativamente para estos escenarios es aún más baja que los escenarios 1 a 6 y no se espera que ocurran este tipo de eventos en la vida útil de la instalación, debido a los controles y medidas de seguridad que adoptará la Terminal, por lo cual el riesgo es bajo. Es importante recalcar que los escenarios catastrófico fueron modelados sin tomar en cuenta medidas de seguridad y atención a emergencias. A pesar de las grandes dimensiones de los radios de alto riesgo para los escenarios de sobrepresión y radiación térmica, todas las medidas de seguridad y medidas preventivas de la Terminal están

encaminadas a disminuir no solo la frecuencia sino también la magnitud de los eventos modelados en este estudio.

2.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

Después de realizar el análisis de todos los escenarios y las interacciones de cada evento de riesgo y el equipo y las instalaciones de la planta o cercanas, a continuación se describen los efectos que se tendrían en el medio ambiente.

Para las simulaciones por sobrepresión en el área de descargaderas y llenaderas, se obtuvo que éstas son capaces de sobrepasar los límites de la TAP VDM; por otra parte, en las simulaciones por radiación térmica también se obtuvieron radios superiores al límite del predio, a excepción de los eventos de radiación térmica por orificio en tanque de almacenamiento. En ambos casos, estos escenarios afectarían directamente a los predios de cultivo y pastizales que se encuentran al sur y norte del sitio del proyecto.

En todos los casos en los que se simula con charco, se tendrían los siguientes efectos ambientales:

Contaminación del aire por los gases de combustión de los hidrocarburos, principalmente por, Dióxido de Carbono, Azufre, Monóxido de Carbono, Óxidos de Nitrógeno e hidrocarburos sin quemar y partículas (Hollín), dichos gases se consideran altamente contaminantes, además de que algunos de ellos como los óxidos de azufre son promotores de lluvia ácida y por tanto un factor de riesgo para la vida acuática, las plantas y los seres humanos.

En caso de incendio, se afectarían las áreas de pastizal y cultivos aledaños al predio del proyecto, los cuales pueden arder con facilidad sobre todo en temporada de secas. La fauna podría también verse afectada, sobre todo pequeños mamíferos y aves, la afectación sería baja ya que la abundancia de especies es baja, y los individuos huirían del sitio, por lo que también existiría un desplazamiento de individuos; en caso de una nube muy densa de humo, los individuos podrían quedar atrapados, causándoles problemas respiratorios y hasta asfixia.

En caso de que el incendio se propagara afectaría la capa edáfica alterando su composición mineral y la fertilidad del sustrato, también provocaría la disminución de la macro y microfauna edáfica, y ello eventualmente tendría un impacto sobre las actividades agrícolas.

La generación de humos podría tener efectos sobre la salud de las personas, los contaminantes del aire, como el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno, pueden causar enfermedades respiratorias, como el asma o la bronquitis crónica.

En caso de que el derrame se extienda fuera de las instalaciones del proyecto producto de un evento catastrófico, podría existir contaminación del subsuelo por infiltración de hidrocarburos, los cuales podrían llegar al agua subterránea, sin embargo la probabilidad de ocurrencia de un evento de tal magnitud es muy baja o nula.

En general se considera que los impactos ambientales antes mencionados serían de carácter temporal y reversible en el corto plazo.

Actualmente no existen otras industrias o actividades que generen más impactos o incompatibilidades que agraven la situación. Es necesario mencionar que estos efectos sucederían siempre que no se tuvieran medidas de seguridad o que estas resultarían insuficientes, sin embargo la Terminal cuenta con sistemas de seguridad, para la prevención y atención de los escenarios planteados, los cuales se desarrollan en el Capítulo I de este documento y se enlistarán en el Capítulo siguiente.

3. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL.

3.1. RECOMENDACIONES TÉCNICO OPERATIVAS.

En el presente apartado se enlistan las recomendaciones propuestas para el sistema de seguridad, es decir, las recomendaciones sobre los componentes y equipos de la terminal de almacenamiento, así como las recomendaciones sobre las medidas de seguridad, las cuales se entienden como las acciones y estrategias para evitar accidentes y para una óptima operación de la terminal de almacenamiento.

3.1.1 Derrame de productos en descargaderas y llenaderas.

- Realizar el cambio de sellos mecánicos anualmente y los empaques cada seis meses, no importando que en la revisión visual no muestren señales de desgaste o daño. Esto reducirá el riesgo de fuga a través de estos componentes.
- Supervisar en todo momento el procedimiento de carga y descarga de autotanques.
- Verificar el adecuado funcionamiento de los equipos del sistema contra incendio e incluirlo en el programa de mantenimiento anual.
- Realizar inspecciones visuales periódicas a las tuberías, válvulas o conexiones expuestas a corrosión atmosférica.

3.1.2 Derrame de productos en tanques de almacenamiento.

- Se recomienda efectuar mediciones ultrasónicas de espesor previo al inicio de las operaciones, con lo que se podrá determinar posibles fallas en los tanques o puntos vulnerables.
- Brindar mantenimiento preventivo a los detectores de mezclas y al sistema contra incendio del área de tanques de almacenamiento, así como mantenimiento a las alarmas sonoras y visuales.
- Realizar verificaciones visuales periódicas de los tanques de almacenamiento.
- Contar con un programa para control de corrosión exterior y llevar un reporte de dicho programa.
- Se recomienda efectuar pruebas constantes de hermeticidad a los tanques de almacenamiento así como a las tuberías de trasiego, en las que se incluyan pruebas ultrasónicas para medir el espesor de los tanques con el objetivo de verificar que las condiciones de operación son las adecuadas.

3.1.3 Generales.

- Se recomienda la construcción de una barda perimetral de 4 m de alto para la Terminal, construida a base de concreto y materiales resistentes al fuego. En caso de presentarse un incendio esta barda servirá para contener el fuego y evitar una propagación.
- Se recomienda conectar una válvula de seguridad en el emisor de aguas aceitosas previo a la conexión con el drenaje general. Con esto se evitará que los aceites se incorporen en el drenaje municipal y se incrementen los niveles de contaminantes en las aguas municipales.
- Se recomienda instalar conexiones eléctricas a prueba de explosiones.
- Se recomienda que todos los vehículos que presenten fallas mecánicas o derrame de algún líquido o aceite, se retiren de la instalación y se les negará el acceso para evitar entorpecer las actividades de operación, generar accidentes o se conviertan en posibles fuentes de ignición.
- Se recomienda establecer un protocolo en el cual se instituya un nivel de riesgo, bajo el cual se determinen las acciones a realizar para cada uno de los niveles. En dicho protocolo se

deberán establecer los criterios bajo los cuales será necesaria la intervención de protección civil.

- Se recomienda que los sitios donde se almacenen jergas, trapos o cualquier tipo de material utilizado para la limpieza de equipo, que se encuentren impregnados de aceites o combustibles, tendrán que realizarse en estantería de metal y en lugares ventilados.
- Se recomienda establecer un sistema de auditoría que permita identificar posibles errores o debilidades en la administración y operación de la planta así como en la gestión de riesgos y mecanismos de respuesta ante una falla o accidente.
- Se recomienda contar con una póliza de seguros por responsabilidad civil para garantizar la reparación de daños en caso de un siniestro.
- En caso de que la cantidad del derrame, o las condiciones generen un escenario en el que se rebase la capacidad de respuesta de las brigadas de seguridad, se deberá dar aviso rápido a las autoridades para lo cual se recomienda mantener una comunicación constante a fin de que identifiquen las condiciones del sitio.
- Se recomienda establecer un convenio de ayuda mutua con la empresa ENERMEX, S.A. de C.V para evitar interacciones por accidentes en el futuro. Sobre este respecto se propone considerar realizar brechas cortafuego entre las dos Terminales, con la finalidad de que, en caso de ocurrir un accidente, se evite la propagación de un incendio.
- Se recomienda instalar señalética vial de seguridad en el tramo colindante de la carretera Otumba-Sahagún con el sitio del proyecto.

3.2. MEDIDAS DE SEGURIDAD.

Las medidas de seguridad con que contará la TAP VDM son las siguientes.

3.2.1 Red general contra incendio y detección de gas y fuego.

- Se contará con un sistema contra incendio constituido por un sistema de agua, un sistema de espuma contra incendio, sistema para gas y fuego, un sistema de detección y alarma en edificios y un sistema de supresión de incendio en edificios; así mismo se contará con equipo de extintores, regaderas lava ojos, cono de viento así como rutas de evacuación y letreros de seguridad. El sistema se conformará por: un tanque de agua contra incendio y equipo de bombeo, una red de agua, hidrantes, monitores, una toma siamesa, sistemas de enfriamiento de tanques y un sistema de rociadores. Este sistema tendrá una capacidad para combatir el incendio por 4 horas.
- La Red de Agua contra Incendio, se conformará por un circuito cerrado de tuberías enterradas alrededor de las instalaciones con el propósito de llevar el agua a distintos puntos o sitios a fin de proteger las instalaciones. La red tendrá válvulas posicionadas en puntos estratégicos, los cuales permitirán sectorizar o aislar el sistema de anillos y tramos de tubería con el propósito de que no se exceda de 6 suministros de agua entre las válvulas de seccionamiento.
- Se contará con el Sistema de espuma contra incendio y un sistema de presión balanceada, el cual contará con válvulas para equilibrar las presiones de espuma y agua en un dosificador tipo Venturi modificado. Este sistema contará con un tanque para el almacenamiento del concentrado de espuma.

3.2.2 Descargaderas.

- Durante descarga de productos, los combustibles atravesarán un patín de medición que medirá la presión, el flujo a través de un medidor Coriolis y la temperatura.

- Se contará con unidad de control local, monitor de prevención de sobrellenado y detector de conexión a tierra.
- Se contará con válvula de bloqueo automática tipo bola de paso completo así como interruptores por bajo flujo para el paro de bombas.
- Durante el transporte de los productos a través de tuberías se contarán con medidores de flujo, presión, densidad y temperatura en puntos críticos.
- Se contará con válvulas de accionamiento eléctrico (MOV), así como con interruptores de paro para las bombas auxiliares y principales.
- Se contará con válvulas reguladoras de presión (autorreguladas y operadas por piloto).
- Se contará con válvulas de seguridad y relevo adecuadas para el fluido a transportar.
- La unidad de recuperación de vapores contará con arrestador de flama y válvula check.
- Todas las válvulas, tuberías, conexiones y accesorios se apegarán a la normativa aplicable vigente.
- Se instalará un sistema de extintores portátiles a base de polvo químico seco tipo ABC y bióxido de carbono tipo BC, regaderas de emergencia y estaciones de lavajos para limpiar y quitar el líquido del cuerpo de los operadores en caso de que alguno(s) haya(n) resultado salpicado(s) en las actividades de muestreo o purgado de líneas. Estos equipos se instalarán en áreas donde el personal tiene que manejar sustancias que son perjudiciales para la piel o los ojos, a su vez se localizarán donde el tiempo máximo de recorrido sea de 10 segundos.
- Se contará con rutas de evacuación y letreros de seguridad de acuerdo a la normativa.

3.2.3 Tanques de almacenamiento.

- Los tanques contarán con indicadores de nivel, alarmas por nivel alto alto y bajo bajo que mandarán paro (SPE) o accionamiento de bombas. También contarán con indicadores de temperatura y presión, arrestadores de flama y dispersantes.
- Se contará con válvulas de presión-vacío y arrestadores de flama para contrarrestar la formación de vacío por efectos térmicos en los tanques.
- Se contará con un tanque tipo vejiga para protección con espuma de los tanques de MTBE y etanol.
- Se contará con un sistema de inyección superficial de espuma para los tanques.
- Se contará con un sistema auxiliar, un sistema de aspersion, el cual a su vez incluye a los sistemas de enfriamiento de tanques. El sistema de aspersion contará con una válvula de control con activación automática a través de un sistema de detección y/o activación desde el cuarto de control.
- Se instalará un sistema de extintores portátiles a base de polvo químico seco tipo ABC y bióxido de carbono tipo BC, regaderas de emergencia y estaciones de lavajos para limpiar y quitar el líquido del cuerpo de los operadores en caso de que alguno(s) haya(n) resultado salpicado(s) en las actividades de muestreo o purgado de líneas. Estos equipos se instalarán en áreas donde el personal tiene que manejar sustancias que son perjudiciales para la piel o los ojos, a su vez se localizarán donde el tiempo máximo de recorrido sea de 10 segundos.
- Se contará con detectores de gas combustible (Mezclas explosivas), los cuales se instalarán en los puntos de posible fuga; así mismo la ubicación de los detectores de mezclas explosivas será determinada de manera geográfica por la dirección de los vientos dominantes y posibles obstrucciones con otros equipos. Otro tipo de detector, será el de

hidrógeno, el cual será de tipo puntual y estarán localizados en los cuartos de baterías. El detector se conectará al tablero de seguridad del sistema de supresión de incendio y transmitirá señales por: baja concentración de gas combustible (200 ppm), alta concentración de gas combustible (400 ppm) y señales de diagnóstico: Detector de gas hidrógeno en estado normal, detector de gas hidrógeno en alarma (baja y alta) y detector de gas hidrógeno en falla, estas alarmas, estas serán de tipo audibles y alarmas visibles y se conforman por bocinas amplificadoras (altoparlantes) y generador de tonos. Todas las alarmas presentaran un tipo de tono o en su caso color conforme al tipo de emergencia o intensidad.

- Se contará con un sistema de detección de gas y fuego, el cual se conformará por un tablero de control para detección de gas y fuego (TCGF), alarmas audibles y/o visibles en la zona de proceso y cuarto de control, estaciones manuales de alarma, detectores de fuego, detectores de gas combustible, detectores de gas hidrógeno, detectores de humo.
- Se contará con detectores de gas combustible (Mezclas explosivas), los cuales se instalarán en los puntos de posible fuga; así mismo la ubicación de los detectores de mezclas explosivas será determinada de manera geográfica por la dirección de los vientos dominantes y posibles obstrucciones con otros equipos. Otro tipo de detector, será el de hidrógeno, el cual será de tipo puntual y estarán localizados en los cuartos de baterías. El detector se conectará al tablero de seguridad del sistema de supresión de incendio y transmitirá señales por: baja concentración de gas combustible (200 ppm), alta concentración de gas combustible (400 ppm) y señales de diagnóstico: Detector de gas hidrógeno en estado normal, detector de gas hidrógeno en alarma (baja y alta) y detector de gas hidrógeno en falla, estas alarmas, estas serán de tipo audibles y alarmas visibles y se conforman por bocinas amplificadoras (altoparlantes) y generador de tonos. Todas las alarmas presentaran un tipo de tono o en su caso color conforme al tipo de emergencia o intensidad.
- Se contará con rutas de evacuación y letreros de seguridad de acuerdo a la normativa.

3.2.4 Llenaderas.

- Durante descarga de productos, los combustibles atravesarán un patín de medición que medirá la presión, el flujo a través de un medidor Coriolis y la temperatura.
- Se contará con unidad de control local, monitor de prevención de sobrellenado y detector de conexión a tierra.
- Se contará con válvula de bloqueo automática tipo bola de paso completo así como interruptores por bajo flujo para el paro de bombas.
- Durante el transporte de los productos a través de tuberías se contarán con medidores de flujo, presión, densidad y temperatura en puntos críticos.
- Se contará con válvulas de accionamiento eléctrico (MOV), así como con interruptores de paro para las bombas auxiliares y principales.
- Se contará con válvulas reguladoras de presión (autorreguladas y operadas por piloto).
- Se contará con válvulas de seguridad y relevo adecuadas para el fluido a transportar.
- La unidad de recuperación de vapores contará con arrestador de flama y válvula check.
- Todas las válvulas, tuberías, conexiones y accesorios se apegarán a la normativa aplicable vigente.
- Se instalará un sistema de extintores portátiles a base de polvo químico seco tipo ABC y bióxido de carbono tipo BC, regaderas de emergencia y estaciones de lavajos para limpiar y quitar el líquido del cuerpo de los operadores en caso de que alguno(s) haya(n) resultado

salpicado(s) en las actividades de muestreo o purgado de líneas. Estos equipos se instalarán en áreas donde el personal tiene que manejar sustancias que son perjudiciales para la piel o los ojos, a su vez se localizarán donde el tiempo máximo de recorrido sea de 10 segundos.

- Se contará con detectores de gas combustible (Mezclas explosivas), los cuales se instalarán en los puntos de posible fuga; así mismo la ubicación de los detectores de mezclas explosivas será determinada de manera geográfica por la dirección de los vientos dominantes y posibles obstrucciones con otros equipos. Otro tipo de detector, será el de hidrógeno, el cual será de tipo puntual y estarán localizados en los cuartos de baterías. El detector se conectará al tablero de seguridad del sistema de supresión de incendio y transmitirá señales por: baja concentración de gas combustible (200 ppm), alta concentración de gas combustible (400 ppm) y señales de diagnóstico: Detector de gas hidrógeno en estado normal, detector de gas hidrógeno en alarma (baja y alta) y detector de gas hidrógeno en falla, estas alarmas, estas serán de tipo audibles y alarmas visibles y se conforman por bocinas amplificadoras (altoparlantes) y generador de tonos. Todas las alarmas presentaran un tipo de tono o en su caso color conforme al tipo de emergencia o intensidad.
- Se contará con un sistema de detección de gas y fuego, el cual se conformará por un tablero de control para detección de gas y fuego (TCGF), alarmas audibles y/o visibles en la zona de proceso y cuarto de control, estaciones manuales de alarma, detectores de fuego, detectores de gas combustible, detectores de gas hidrógeno, detectores de humo.
- Se contará con detectores de gas combustible (Mezclas explosivas), los cuales se instalarán en los puntos de posible fuga; así mismo la ubicación de los detectores de mezclas explosivas será determinada de manera geográfica por la dirección de los vientos dominantes y posibles obstrucciones con otros equipos. Otro tipo de detector, será el de hidrógeno, el cual será de tipo puntual y estarán localizados en los cuartos de baterías. El detector se conectará al tablero de seguridad del sistema de supresión de incendio y transmitirá señales por: baja concentración de gas combustible (200 ppm), alta concentración de gas combustible (400 ppm) y señales de diagnóstico: Detector de gas hidrógeno en estado normal, detector de gas hidrógeno en alarma (baja y alta) y detector de gas hidrógeno en falla, estas alarmas, estas serán de tipo audibles y alarmas visibles y se conforman por bocinas amplificadoras (altoparlantes) y generador de tonos. Todas las alarmas presentaran un tipo de tono o en su caso color conforme al tipo de emergencia o intensidad.
- Se contará con rutas de evacuación y letreros de seguridad de acuerdo a la normativa.

3.2.5 Oficinas administrativas.

- Para los edificios, se instalará un sistema de detección el cual consistirá en detectores de humo, detectores de temperatura, estaciones manuales de alarma, y dispositivos de notificación audible y visible, y para la supresión de incendios se instalará un sistema a base de dos agentes, el denominado agente limpio y el gas CO₂.
- Se instalará un sistema de extintores portátiles a base de polvo químico seco tipo ABC y bióxido de carbono tipo BC.
- Se contará con rutas de evacuación y letreros de seguridad de acuerdo a la normativa.

3.2.6 Cuarto de control.

- Se contará con un sistema de detección de gas y fuego, el cual se conformará por un tablero de control para detección de gas y fuego (TCGF), alarmas audibles y/o visibles en la

zona de proceso y cuarto de control, estaciones manuales de alarma, detectores de fuego, detectores de gas combustible, detectores de gas hidrógeno, detectores de humo.

- Se contará con un sistema de administración de la Terminal así como con un Sistema de Control Distribuido, el cual podrá controlar el proceso y operación de la terminal y a la vez realizará el monitoreo de los sistemas de este.
- Se contará con detectores de gas combustible (Mezclas explosivas), los cuales se instalarán en los puntos de posible fuga; así mismo la ubicación de los detectores de mezclas explosivas será determinada de manera geográfica por la dirección de los vientos dominantes y posibles obstrucciones con otros equipos. Otro tipo de detector, será el de hidrógeno, el cual será de tipo puntual y estarán localizados en los cuartos de baterías. El detector se conectará al tablero de seguridad del sistema de supresión de incendio y transmitirá señales por: baja concentración de gas combustible (200 ppm), alta concentración de gas combustible (400 ppm) y señales de diagnóstico: Detector de gas hidrógeno en estado normal, detector de gas hidrógeno en alarma (baja y alta) y detector de gas hidrógeno en falla, estas alarmas, estas serán de tipo audibles y alarmas visibles y se conforman por bocinas amplificadoras (altoparlantes) y generador de tonos. Todas las alarmas presentaran un tipo de tono o en su caso color conforme al tipo de emergencia o intensidad.
- Se contará con rutas de evacuación y letreros de seguridad de acuerdo a la normativa.

3.3. MEDIDAS PREVENTIVAS.

Las medidas preventivas con que contará la TAP VDM son las siguientes:

- Se contará con una Unidad de Recuperación de Vapores en el área de llenaderas para evitar la emanación de vapores de hidrocarburos a la atmósfera. El sistema contará con columnas de absorción a partir de carbón activado.
- Se contará con diques de contención en el área de tanques de almacenamiento, diseñados conforme a la NOM-006-ASEA-2017.
- Se contará con un sistema de drenaje aislado, tanto para las descargas pluviales como aceitosas, éstas últimas serán enviadas a la fosa API para su tratamiento, el agua recuperada será direccionada al drenaje municipal.
- Se contará con un muro perimetral, el cual no solo evitará el ingreso de personas ajenas a las instalaciones, este muro también impedirá que la escorrentía producto de la precipitación ingrese a la Terminal.
- El piso de las instalaciones contará con una pendiente suficiente para que toda la precipitación que ocurra dentro de las instalaciones escurra hacia los cubetos y el sistema de drenajes, los cuales tendrán la capacidad suficiente para contener y permitir el flujo de una cantidad de precipitación equivalente al máximo acumulado histórico de precipitación en un día.
- Uno de los efectos más graves en algunos de los accidentes históricos que se conocen como el ocurrido en Buncefield, fue la contaminación de los mantos acuíferos debido al derramamiento de los productos. Para evitar esta consecuencia en caso de un accidente, el suelo y cubetos de la Terminal serán completamente impermeables y de capacidad suficiente para contener un derrame de producto.
- Se contará con un almacén de residuos peligrosos que cumplirá con las especificaciones del Artículo 82 del RLGPGR.
- El diseño y construcción de la Terminal se realizará con materiales de alta calidad en cumplimiento con la normativa aplicable vigente.

- La Terminal estará construida con materiales suficientemente resistentes para soportar eventos de granizo.
- Se contará con un plan de capacitación de forma constante sobre las medidas de seguridad, el manejo del equipo, así como de los combustibles. Esto permitirá tener una respuesta rápida y efectiva en caso de que se presente algún derrame o incendio, así como reducir el nivel del riesgo ocasionado por la mala operación del equipo.
- Se contará con un plan de capacitación para la carga y descarga de autotanques, así como para el adecuado manejo de los equipos de la Terminal.
- Se contará con un programa de mantenimiento preventivo tanto al equipo como a las instalaciones en general, con la finalidad de minimizar las posibilidades de un accidente y/o un incendio por fallas en el equipo. Así mismo se realizará una limpieza constante en el sistema de drenaje aceitoso.
- Se mantendrá un estricto control de la velocidad de los vehículos de carga y en general, dentro de las instalaciones para evitar accidentes entre los vehículos, los tanques de almacenamiento e infraestructura en general.
- Se contará con indicaciones preventivas, restrictivas y de operaciones generales en buen estado y visibles a fin de que sean una guía sobre el proceder y/o restricciones para diversas actividades, con lo que se busca evitar accidentes.
- Se contará con CCTV para evitar intrusiones de personal ajeno a la Terminal, así como un sistema de detección e intrusión.
- Se mantendrá vigilancia constante para evitar que el personal no autorizado entre en las zonas restringidas, lo que podría provocar un accidente.
- Se mantendrá un estricto orden en todas las instalaciones con la finalidad de evitar accidentes laborales.
- Se contará con un programa de simulacros, con la finalidad de que el personal se encuentre preparado para atender eficazmente los escenarios de riesgo identificados en el presente estudio.
- Se contará con el Programa para la Prevención de Accidentes que resulta aplicable a instalaciones de alto riesgo que se encuentren en operación, mismo que será presentado oportunamente a ASEA para su aprobación.
- Adicionalmente se dará cumplimiento a las disposiciones administrativas de carácter general que establecen los lineamientos para la elaboración de los protocolos de respuesta a emergencias en las actividades del Sector Hidrocarburos, recientemente publicadas por la ASEA y que resultan aplicables a la TAP VDM.
- El diseño de la instalación cumplirá plenamente con lo establecido en la NOM-006-ASEA-2017 así como con los estándares y mejores prácticas internacionales. Para tal efecto, se obtendrán para la TAP VDM los dictámenes de diseño, pre-arranque, construcción y de operación y mantenimiento que exige esta norma, a través de las Unidades de Verificación acreditadas por la EMA y aprobadas por ASEA. Con lo anterior, se garantizará que desde el diseño se adopten las medidas preventivas y de control que reduzcan la posibilidad de un evento no deseado.
- Se desarrollará un Sistema de Administración de Seguridad Operativa, Seguridad Industrial y Protección Ambiental (SASISOPA) para la TAP VDM, conforme a las Disposiciones Administrativas de Carácter General emitidas por la ASEA, y se obtendrán los dictámenes correspondientes para la conformación y autorización del Programa de Implementación del SASISOPA de la TAP VDM. Con lo anterior, además de dar cumplimiento a las regulaciones aplicables a este tipo de instalaciones, se asegurará la adecuada identificación de riesgos y la administración eficaz y permanente de los mismos.
-

4. RESUMEN.

4.1. CONCLUSIONES Y RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL DEL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL.

La TAP VDM se ubica en una zona sísmica de media intensidad, por lo que se considera que la actividad sísmica de la región no podría ocasionar daños importantes a la infraestructura o la población; así mismo, los parámetros específicos de diseño se determinarán con base en los resultados del estudio de mecánica de suelos y geofísica. En lo que respecta a los movimientos del terreno, el sitio del proyecto se encuentra en una zona semi plana con pendientes suaves, por lo que no es susceptible de presentar derrumbes o deslizamientos, no obstante, en los alrededores existen algunos conos de escoria en cuyas laderas se observan algunos movimientos de reptación, por lo que se considerará este proceso durante el diseño de la terminal y de obras secundarias, como caminos. En lo que concierne a los riesgos volcánicos, el Popocatepetl es el único volcán cuyas cenizas podrían llegar hasta la Terminal, sin embargo por la distancia a la que se encuentra, se esperarían espesores muy bajos por lo que no representarían un riesgo importante para la instalación.

En cuanto a los fenómenos hidrometeorológicos, el predio se ubica en una superficie susceptible a inundaciones, por lo que el diseño del proyecto atenderá el riesgo de inundación mediante obras de protección durante la etapa de construcción y operación de la Terminal. Por otro lado no se registran nevadas en la zona, no obstante se registran granizadas de 0 a 2 eventos al año, por lo que, aunque no se considera como un fenómeno peligroso para el proyecto, se tomará en cuenta para el diseño de la Terminal. Por último, los huracanes y tormentas tropicales no afectan de forma directa el área donde se ubica el proyecto.

Otro tipo de fenómenos son los causados por el hombre, sea de forma deliberada o accidental, dentro de los cuales se presentan los incendios. En el municipio donde se ubicará la Terminal suelen presentarse incendios por la quema de basura y de pastizales principalmente, aunque también se hay registros de incendios ocasionados por tomas clandestinas en ductos de Pemex.

La industria más cercana a la TAP VDM será la Terminal de Almacenamiento y Reparto de Combustibles ENERMEX, S.A. de C.V, la cual se ubicará a sólo medio kilómetro del sitio del proyecto, sin embargo la mayoría de los resultados de las modelaciones no muestran interacción de los escenarios de riesgo y la instalación de ENERMEX, aunque deberá ser un factor a considerar en el Programa para la Prevención de Accidentes. Solamente los efectos de los escenarios catastróficos considerados tendrían interacción con la planta, aunque se considera que estos escenarios no ocurrirán en el periodo de vida de la Terminal. Sobre este respecto se propone considerar la posibilidad de realizar brechas cortafuego entre las dos Terminales, con la finalidad de evitar una interacción o efecto dominó, en caso de ocurrir un accidente en las instalaciones de ENERMEX, ya que el viento dominante posee un dirección este.

En lo que respecta al análisis de riesgos y consecuencias, se logró evaluar la probabilidad de ocurrencia de las desviaciones identificadas durante el análisis HazOp. A partir de la identificación y jerarquización de los procesos se definieron seis potenciales escenarios de riesgo, cuyas consecuencias fueron: derrame, incendio y explosión de productos, ocasionados por fallas en la instrumentación (indicadores de nivel, válvulas, tuberías, tanques) o errores humanos.

Las posibles consecuencias de los escenarios identificados, podrían tener afectaciones a diferentes componentes del medio ambiente, como el aire, agua, suelo y vegetación, sin embargo, de acuerdo a la determinación de radios de riesgo, se observó que en su mayoría los daños se limitarían al área dentro del predio y en los escenarios que dichos radios sobrepasan los límites del sitio del proyecto, sólo podrían verse afectados cultivos o pastizales y no se afectarían asentamientos humanos o cuerpos de agua. En caso de derrame, la base de la Terminal así como los cuberos serán completamente impermeables y apegados a la normatividad, para evitar que los productos puedan causar contaminación del subsuelo o los acuíferos.

Por otra parte, la frecuencia estimada cualitativamente para estos escenarios es muy baja y no se espera que ocurran este tipo de eventos en la vida útil de la instalación, debido a los controles y medidas de seguridad y preventivas con que cuenta la Terminal, entre las que se encuentran el sistema contra incendio, sistema de detección de gas y fuego, extintores, hidrantes, rutas de evacuación, sistema de espuma contra incendio, alarmas,

instrumentación de medición de nivel, flujo, presión o temperatura, sistema de drenajes, sistema de recuperación de vapores, control de acceso entre otros, así como medidas administrativas como diseño de instalaciones conforme a la NOM 006 ASEA 2017 y obtención de los dictámenes correspondientes mediante unidades de verificación acreditadas y aprobadas por la EMA y ASEA, respectivamente, auditorías, programas de verificación y mantenimiento periódicos, elaboración e instrumentación del Programa para la Prevención de Accidentes cuando la instalación este en operación, así como de los protocolos de emergencia requeridos en la DACG de la ASEA, así como la conformación e implementación de un Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y de Protección Ambiental autorizado por la ASEA y/o terceros acreditados por la Dependencia; por lo cual el riesgo generado por el proyecto es aceptable.

Por lo tanto, la posibilidad de fugas o accidentes dependerá en gran medida del cuidado con el que se lleven a cabo los programas y actividades de inspección y mantenimiento de la planta y en caso de emergencia, se activarán los procedimientos de respuesta a emergencia en cumplimiento de la normatividad de seguridad ocupacional y medio ambiente. Como resultado de todo el análisis se concluye que este proyecto es viable en términos de riesgo ambiental.

4.2. INFORME TÉCNICO

4.2.1 Estimación de consecuencias.

No. de desviación ¹	No. Evento	Tipo de liberación		Cantidad hipotética liberada o quemada		Estado	Efectos potenciales ²					Programa de simulación	Explosividad		Radiación térmica	
		Masiva	Continua	Cantidad	Unidad		C	G	S	R	N		ZR ³ (m)	ZA ⁴ (m)	ZR (m)	ZA (m)
1.1.1 1.1.6	Escenario 1	X		GR:3.33	m ³	Líquido				X		ALOHA TNT	145.35	254.37	66	128
1.1.2 1.1.4 1.2.3 1.2.2 1.2.4 1.3.2 1.3.4 1.4.2 1.4.4	Escenario 2	X		GR:13.32	m ³	Líquido				X		ALOHA TNT	230.83	403.96	131	247
2.5.5 2.6.5	Escenario 3			GR: 252,190	kg	Líquido					X	ALOHA TNT	189.01	330.77	98	186
2.5.3 2.6.3	Escenario 4		X	GR ⁵ : 1,312 GP: 1,315 D: 8,065 T: 11,927 M: 2,944 E: 1,611	kg	Líquido				X		ALOHA TNT	GR: 32.83 GP: 32.88 D: 60.79 T:78.68 M: 79 E: 30.54	GR: 57.45 GP: 57.53 D: 106.38 T: 137.69. M: 131 E: 53.45	GR: <10 GP: <10 D: 19 T: 29 M: <10 E: <10	GR: 14 GP: 14 D: 36 T: 51 M: 19 E: 13
3.7.2 3.7.2 3.7.4 3.8.2 3.8.4 3.9.2 3.9.4	Escenario 5	X		GR:13.32	m ³	Líquido				X		ALOHA TNT	230.83	403.96	131	247

No. de desviación ¹	No. Evento	Tipo de liberación		Cantidad hipotética liberada o quemada		Estado	Efectos potenciales ²					Programa de simulación	Explosividad		Radiación térmica	
		Masiva	Continua	Cantidad	Unidad		C	G	S	R	N		ZR ³ (m)	ZA ⁴ (m)	ZR (m)	ZA (m)
3.9.1 3.9.6	Escenario 6	X		GR: 5.55	m ³	Líquido				X		ALOHA TNT	301.79	172.45	85	163
1.1.1	Escenario 7	X		GR: 15	m ³	Líquido		X				ALOHA TNT	240.11	420.19	152	283
1.1.6	Escenario 8	X		T: 15	m ³	Líquido		X				ALOHA TNT	128.28	224.48	61	107
2.5.5	Escenario 9	X		GR: 10,000	m ³	Líquido		X				ALOHA TNT	66.46	1,157.5 5	650	1,200
2.6.5	Escenario 10	x		T: 10,000	m ³	Líquido		X				ALOHA TNT	617.05	352.60	252	425

1: Desviaciones obtenidas del HazOp y jerarquizadas como ALARP.

2: Efectos potenciales:

C: Catastrófico: Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con un nivel de peligro que puede causar efectos ecológicos adversos, irreversibles o grave desequilibrio al ecosistema. Un efecto ecológico adverso

G Grave: Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con suficiente nivel de peligro para causar efectos ecológicos adversos temporales.

S Significativo: Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con suficiente nivel de peligro para causar efectos ecológicos adversos recuperables.

R Reparable: Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con suficiente nivel de peligro para causar efectos ecológicos adversos reversibles.

N Ninguno: Este evento no alcanza áreas externas a los terrenos de la instalación.

* RT: Radiación térmica.

* SP: Sobrepresión.

3: Zona de alto riesgo.

4: Zona de amortiguamiento.

5: GR: Gasolina regular. GP: Gasolina Premium. D: Diésel. T: Turbosina. M: MTBE. E: Etanol.

4.2.2 Criterios utilizados.

No. de desviación ¹	No. de evento	Velocidad del viento (m/s)	Estabilidad atmosférica	Límites de sobrepresión		Límites de radiación térmica		Otros criterios
				Zona de alto riesgo	Zona de amortiguamiento	Zona de alto riesgo	Zona de amortiguamiento	
1.1.1 1.1.6	Escenario 1	2.36	E	1.0 psi	0.5 psi	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	27 °C; 77% de humedad relativa; dirección del viento: este
1.1.2 1.1.4 1.2.3 1.2.2 1.2.4 1.3.2 1.3.4 1.4.2 1.4.4	Escenario 2	2.36	E	1.0 psi	0.5 psi	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	27 °C; 77% de humedad relativa; dirección del viento: este
2.5.5 2.6.5	Escenario 3	2.36	E	1.0 psi	0.5 psi	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	27 °C; 77% de humedad relativa; dirección del viento: este
2.5.3 2.6.3	Escenario 4	2.36	E	1.0 psi	0.5 psi	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	27 °C; 77% de humedad relativa; dirección del viento: este
3.7.2 3.7.2 3.7.4 3.8.2 3.8.4 3.9.2 3.9.4	Escenario 5	2.36	E	1.0 psi	0.5 psi	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	27 °C; 77% de humedad relativa; dirección del viento: este
3.9.1 3.9.6	Escenario 6	2.36	E	1.0 psi	0.5 psi	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	27 °C; 77% de humedad relativa; dirección del viento: este
1.1.1	Escenario 7	2.36	E	1.0 psi	0.5 psi	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	27 °C; 77% de humedad relativa; dirección del

No. de desviación ¹	No. de evento	Velocidad del viento (m/s)	Estabilidad atmosférica	Límites de sobrepresión		Límites de radiación térmica		Otros criterios
				Zona de alto riesgo	Zona de amortiguamiento	Zona de alto riesgo	Zona de amortiguamiento	
								viento: este
1.1.6	Escenario 8	2.36	E	1.0 psi	0.5 psi	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	27 °C; 77% de humedad relativa; dirección del viento: este
2.5.5	Escenario 9	2.36	E	1.0 psi	0.5 psi	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	27 °C; 77% de humedad relativa; dirección del viento: este
2.6.5	Escenario 10	2.36	E	1.0 psi	0.5 psi	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²	27 °C; 77% de humedad relativa; dirección del viento: este

1: Desviaciones identificadas en HazOp y jerarquizadas como ALARP.

4.2.3 Sustancias involucradas.

Tabla 4.1 Sustancias involucradas y condiciones del área de descargaderas.

Nombre de la sustancia (IUPAC) ¹	No. CAS ²	Densidad (kg/m ³)	Flujo (Bbl/h)		Diámetro de la tubería (in)	Presión de operación (kg/cm ²)	Descripción de la Trayectoria
			Entrada	Salida			
Gasolina Regular	8006-61-9	700-870	429	4,286/1,714	8/12	5.3	El producto circula desde los autotanques hacia el brazo de descarga, patín de medición y es direccionado hacia los cabezales de distribución a tanques de almacenamiento
Gasolina Premium	8006-61-9	700-870	429	1,714	8	5.3	
Diésel	68334-30-5	870	429	3,429	10	6.1	
Turbosina	8008-20-6	772-840	429	857	6	4.6	
MTBE	1634-04-4	740	429	857	6	4.6	
Etanol	64-17-5	790	429	857	6	4.6	

1: De acuerdo con los lineamientos descritos por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, *International Union Pure Applied Chemistry*).

2: De acuerdo con el *Chemical Abstract Service* (CAS)

No se especifican longitudes de tubería y espesores.

Tabla 4.2 Sustancias involucradas y condiciones del área de almacenamiento.

Nombre de la sustancia (IUPAC) ¹	No. CAS ²	Densidad (kg/m ³)	Flujo (Bbl/h)	Diámetro de la tubería (in)	Presión de operación (kg/cm ²)		Descripción de la Trayectoria
					Entrada	Salida	
Gasolina Regular	8006-61-9	700-870	1,714	12	5.3	0.9	El producto circula los cabezales de distribución hacia bombas y filtros a llenaderas.
Gasolina Premium	8006-61-9	700-870	1,714	12	5.3	0.9	
Diésel	68334-30-5	870	3,429	20	6.1	1.2	
Turbosina	8008-20-6	772-840	857	12	4.6	1.2	
MTBE	1634-04-4	740	857	6	4.6	-	
Etanol	64-17-5	790	857	4	4.6	-	

- 1: De acuerdo con los lineamientos descritos por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, *International Union Pure Applied Chemistry*).
2: De acuerdo con el *Chemical Abstract Service* (CAS)
No se especifican longitudes de tubería y espesores.

Tabla 4.3 Sustancias involucradas y condiciones del área de llenaderas

Nombre de la sustancia (IUPAC) ¹	No. CAS ²	Densidad (kg/m ³)	Flujo (Bbl/h)	Diámetro de la tubería (in)	Presión de operación (kg/cm ²)	Descripción de la Trayectoria
Gasolina Regular	8006-61-9	700-870	2,142	8	5.3	El producto circula de los filtros y bombas hacia llenaderas.
Gasolina Premium	8006-61-9	700-870	2,142	8	4.6	
Diésel	68334-30-5	870	3,751	12	6.1	
Turbosina	8008-20-6	772-840	1,428	8	4.6	

- 1: De acuerdo con los lineamientos descritos por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, *International Union Pure Applied Chemistry*).
2: De acuerdo con el *Chemical Abstract Service* (CAS)
No se especifican longitudes de tubería y espesores.

4.2.4 Antecedentes de accidentes e incidentes.

Tabla 4.4. Antecedentes de accidentes e incidentes.

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucrada(s)	Evento	Causa	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención
15 de Marzo de 2017	Salamanca, Guanajuato	Refinería "Ing. Antonio M. Amor"	Diésel	Explosión en el área de llenaderas	Cortocircuito al momento de realizar el llenado de un autotanque	El evento dejó un saldo de ocho muertos.	Socorristas, personal de seguridad de Pemex, Protección Civil Municipal, Bomberos y otras instancias acudieron a atender la emergencia y controlaron el incendio provocado. Mientras que elementos de Ejército resguardaron la zona.

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucrada(s)	Evento	Causa	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención
14 de junio de 2017	Salina Cruz, Oaxaca:	Refinería de Pemex Antonio Dovali Jaime,	Petróleo crudo	Explosión que ocasionó un incendio.	Cortocircuito	La contingencia provocó la evacuación de al menos 800 familias de colonias cercanas y dejó al menos 9 personas heridas.	Personal de bomberos atendió el incendio provocado.
11 de diciembre de 2005	Buncefield, Gran Bretaña	Terminal de almacenamiento de Buncefield	Gasolina sin plomo y otros combustibles	Múltiples explosiones e incendio	Falla del sistema automático de medida del depósito y del sistema de control de nivel del tanque lo que provocó que el combustible se derramara. La ignición fue provocada por el la puesta en marcha de la bomba.	La explosión originó columnas de humo de unos 3 km de altura y cubrieron aproximadamente 80 mil metros cuadrados. En edificaciones cercanas al depósito se desprendieron puertas de sus marcos y se quebraron los cristales de las ventanas hasta unos 8 kilómetros del lugar. Resultaron heridas 43 personas, la mayoría de éstas con lesiones leves debidas a los vidrios y otros objetos que volaban y a dificultades respiratorias por el humo intenso. En los interiores de algunas viviendas se hallaron grietas en paredes y techos. Alrededor de 2 mil personas fueron evacuadas.	El incendio fue atendido por bomberos mediante agua y espuma.

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucrada(s)	Evento	Causa	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención
27 de abril de 2003	Glenpool, Oklahoma, EUA	Terminal de almacenamiento Conoco, Phillips	Diésel	Explosión e incendio	Formación de una mezcla volátil de diésel y gasolina. La fuente probable de ignición fue una descarga eléctrica de una línea del tendido energético cercano.	El incendio se extendió por 21 horas y dañó dos tanques contiguos. El impacto económico se calculó en más de dos millones de dólares.	El incendio fue atendido inicialmente por personal de la empresa y posteriormente por otras instancias gubernamentales.
14 de agosto de 2003	Puertollano, España	Refinería de Puertollano	Gasolina	Explosión e incendio en un tanque de gasolina.	Fisura en la cubeta en donde se encontraban instalados los tanques.	Incendio de las instalaciones que alcanzó seis tanques más. Se puso en marcha el Plan de Emergencia Interior y se evacuó a todo el personal.	El evento fue atendido por el personal de la instalación, especialistas de otras refinerías, la Policía local, Protección Civil, Cruz Roja y bomberos.

4.2.5 Identificación y jerarquización de riesgos ambientales

Tabla 4.5. Identificación, jerarquización de riesgos y componente ambiental afectado.

No. Desviación asociada ¹	No. Evento	Falla	Accidente hipotético				Unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			
1.1.1 1.1.6	Escenario 1	Falla en conexión de manguera de descarga de 4" en área de descargaderas.	-	X	X	X	Manguera y brazo de descarga.	HAZOP	<p>-Aire: afectación por emisiones producidas por la quema de combustibles, principalmente por NOx, CO₂, CO entre otros.</p> <p>-Suelo: posible afectación por derrame de combustibles, sin embargo los pisos de las áreas de descargadera serán impermeables y con pendientes para direccionar los derrames hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso.</p> <p>-Agua: posible afectación al agua superficial o subterránea por derrame de combustibles, sin embargo el derrame será direccionado hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso para su tratamiento y disposición, nunca estará en contacto con agua pluvial, además los pisos de la terminal serán impermeables e impedirán la infiltración de los contaminantes. Los radios de afectación obtenidos de las simulaciones no afectan cuerpos de agua fuera de la instalación.</p> <p>-Vegetación: posible afectación por radio de</p>

No. Desviación asociada ¹	No. Evento	Falla	Accidente hipotético				Unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			
								sobrepresión y radiación térmica a zonas de cultivos y pastizales cultivados en zonas aledañas ubicados al sur y norte del proyecto.	
1.1.2 1.1.4 1.2.3 1.2.2 1.2.4 1.3.2 1.3.4 1.4.2 1.4.4	Escenario 2	Orificio en válvula o tubería por falla en soldadura o corrosión en descargaderas.	-	X	X	X	Válvulas y tuberías del área de descargaderas a tanques de almacenamiento.	HAZOP	-Aire: afectación por emisiones producidas por la quema de combustibles, principalmente por NOx, CO ₂ , CO entre otros. -Suelo: posible afectación por derrame de combustibles, sin embargo los pisos de las áreas de descargadera serán impermeables y con pendientes para direccionar los derrames hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso. -Agua: posible afectación al agua superficial o subterránea por derrame de combustibles, sin embargo el derrame será direccionado hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso para su tratamiento y disposición, nunca estará en contacto con agua pluvial, además los pisos de la terminal serán impermeables e impedirán la infiltración de los contaminantes. Los radios de afectación obtenidos de las simulaciones no afectan cuerpos de agua fuera de la

No. Desviación asociada ¹	No. Evento	Falla	Accidente hipotético				Unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			
									instalación. -Vegetación: posible afectación por radio de sobrepresión y radiación térmica a zonas de cultivos y pastizales cultivados en zonas aledañas ubicados al sur y norte del proyecto.
2.5.5 2.6.5	Escenario 3	Falla en indicador de nivel de tanque de almacenamiento.	-	X	X	X	Tanque de almacenamiento e indicador de nivel.	HAZOP	-Aire: afectación por emisiones producidas por la quema de combustible. -Suelo: posible afectación por derrame de combustibles, sin embargo los pisos de las áreas de descargadera serán impermeables y con pendientes para direccionar los derrames hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso. -Agua: posible afectación al agua superficial o subterránea por derrame de combustibles, sin embargo el derrame será direccionado hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso para su tratamiento y disposición, nunca estará en contacto con agua pluvial, además los pisos de la terminal serán impermeables e impedirán la infiltración de los contaminantes. Los radios de afectación obtenidos de las simulaciones no afectan

No. Desviación asociada ¹	No. Evento	Falla	Accidente hipotético				Unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			
									cuerpos de agua fuera de la instalación. -Vegetación: posible afectación por radio de sobrepresión y radiación térmica a zonas de cultivos y pastizales cultivados en zonas aledañas ubicados al sur y norte del proyecto.
2.5.3 2.6.3	Escenario 4	Orificio a pie de tanque de almacenamiento o por agente externo	-	X	X	X	Tanque de almacenamiento.	HAZOP	-Aire: afectación por emisiones producidas por la quema de combustible. -Suelo: posible afectación por derrame de combustibles, sin embargo los pisos de las áreas de descargadera serán impermeables y con pendientes para direccionar los derrames hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso. -Agua: posible afectación al agua superficial o subterránea por derrame de combustibles, sin embargo el derrame será direccionado hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso para su tratamiento y disposición, nunca estará en contacto con agua pluvial, además los pisos de la terminal serán impermeables e impedirán la infiltración de los contaminantes. Los radios de afectación obtenidos de las

No. Desviación asociada ¹	No. Evento	Falla	Accidente hipotético				Unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			
									simulaciones no afectan cuerpos de agua fuera de la instalación. -Vegetación: posible afectación por radio de sobrepresión y radiación térmica a zonas de cultivos y pastizales cultivados en zonas aledañas ubicados al sur y norte del proyecto.
3.7.2 3.7.2 3.7.4 3.8.2 3.8.4 3.9.2 3.9.4	Escenario 5	Orificio en válvula o tubería por falla en soldadura o corrosión en llenaderas.	-	X	X	X	Válvulas y tuberías del área de tanques de almacenamiento a llenaderas.	HAZOP	-Aire: afectación por emisiones producidas por la quema de combustible. -Suelo: posible afectación por derrame de combustibles, sin embargo los pisos de las áreas de descargadera serán impermeables y con pendientes para direccionar los derrames hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso. --Agua: posible afectación al agua superficial o subterránea por derrame de combustibles, sin embargo el derrame será direccionado hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso para su tratamiento y disposición, nunca estará en contacto con agua pluvial, además los pisos de la terminal serán impermeables e impedirán la infiltración de los contaminantes. Los radios

No. Desviación asociada ¹	No. Evento	Falla	Accidente hipotético				Unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			
									de afectación obtenidos de las simulaciones no afectan cuerpos de agua fuera de la instalación. -Vegetación: posible afectación por radio de sobrepresión y radiación térmica a zonas de cultivos y pastizales cultivados en zonas aledañas ubicados al sur y norte del proyecto.
3.9.1 3.9.6	Escenario 6	Falla en conexión de manguera de descarga de 4" en área de llenaderas.	-	X	X	X	Manguera y brazo de descarga.	HAZOP	-Aire: afectación por emisiones producidas por la quema de combustible. -Suelo: posible afectación por derrame de combustibles, sin embargo los pisos de las áreas de descargadera serán impermeables y con pendientes para direccionar los derrames hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso. -Agua: posible afectación al agua superficial o subterránea por derrame de combustibles, sin embargo el derrame será direccionado hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso para su tratamiento y disposición, nunca estará en contacto con agua pluvial, además los pisos de la terminal serán impermeables e impedirán la infiltración de

No. Desviación asociada ¹	No. Evento	Falla	Accidente hipotético				Unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			
									los contaminantes. Los radios de afectación obtenidos de las simulaciones no afectan cuerpos de agua fuera de la instalación. -Vegetación: posible afectación por radio de sobrepresión y radiación térmica a zonas de cultivos y pastizales cultivados en zonas aledañas ubicados al sur y norte del proyecto.
1.1.1	Escenario 7		-	X	X	X	Manguera y brazo de descarga.	HAZOP	-Aire: afectación por emisiones producidas por la quema de combustible. -Suelo: posible afectación por derrame de combustibles, sin embargo los pisos de las áreas de descargadera serán impermeables y con pendientes para direccionar los derrames hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso. -Agua: posible afectación al agua superficial o subterránea por derrame de combustibles, sin embargo el derrame será direccionado hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso para su tratamiento y disposición, nunca estará en contacto con agua pluvial, además los pisos de la terminal serán impermeables

No. Desviación asociada ¹	No. Evento	Falla	Accidente hipotético				Unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			
									e impedirán la infiltración de los contaminantes. Los radios de afectación obtenidos de las simulaciones no afectan cuerpos de agua fuera de la instalación. -Vegetación: posible afectación por radio de sobrepresión y radiación térmica a zonas de cultivos y pastizales cultivados en zonas aledañas ubicados al sur y norte del proyecto.
1.1.6	Escenario 8		-	X	X	X	Manguera y brazo de descarga.	HAZOP	-Aire: afectación por emisiones producidas por la quema de combustible. -Suelo: posible afectación por derrame de combustibles, sin embargo los pisos de las áreas de descargadera serán impermeables y con pendientes para direccionar los derrames hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso. -Agua: posible afectación al agua superficial o subterránea por derrame de combustibles, sin embargo el derrame será direccionado hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso para su tratamiento y disposición, nunca estará en contacto con agua pluvial, además los pisos de la

No. Desviación asociada ¹	No. Evento	Falla	Accidente hipotético				Unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			
									terminal serán impermeables e impedirán la infiltración de los contaminantes. Los radios de afectación obtenidos de las simulaciones no afectan cuerpos de agua fuera de la instalación. -Vegetación: posible afectación por radio de sobrepresión y radiación térmica a zonas de cultivos y pastizales cultivados en zonas aledañas ubicados al sur y norte del proyecto.
2.5.5	Escenario 9		-	X	X	X	Tanque de almacenamiento e indicador de nivel.	HAZOP	-Aire: afectación por emisiones producidas por la quema de combustible. -Suelo: posible afectación por derrame de combustibles, sin embargo los pisos de las áreas de descargadera serán impermeables y con pendientes para direccionar los derrames hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso. -Agua: posible afectación al agua superficial o subterránea por derrame de combustibles, sin embargo el derrame será direccionado hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso para su tratamiento y disposición, nunca estará en contacto con agua pluvial,

No. Desviación asociada ¹	No. Evento	Falla	Accidente hipotético				Unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			
									además los pisos de la terminal serán impermeables e impedirán la infiltración de los contaminantes. Los radios de afectación obtenidos de las simulaciones no afectan cuerpos de agua fuera de la instalación. -Vegetación: posible afectación por radio de sobrepresión y radiación térmica a zonas de cultivos y pastizales cultivados en zonas aledañas ubicados al sur y norte del proyecto.
2.6.5	Escenario 10		-	X	X	X	Tanque de almacenamiento e indicador de nivel.	HAZOP	-Aire: afectación por emisiones producidas por la quema de combustible. -Suelo: posible afectación por derrame de combustibles, sin embargo los pisos de las áreas de descargadera serán impermeables y con pendientes para direccionar los derrames hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso. -Agua: posible afectación al agua superficial o subterránea por derrame de combustibles, sin embargo el derrame será direccionado hacia el sistema de colección de drenaje aceitoso para su tratamiento y disposición, nunca estará en

No. Desviación asociada ¹	No. Evento	Falla	Accidente hipotético					Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Unidad o equipo		
									<p>contacto con agua pluvial, además los pisos de la terminal serán impermeables e impedirán la infiltración de los contaminantes. Los radios de afectación obtenidos de las simulaciones no afectan cuerpos de agua fuera de la instalación.</p> <p>-Vegetación: posible afectación por radio de sobrepresión y radiación térmica a zonas de cultivos y pastizales cultivados en zonas aledañas ubicados al sur y norte del proyecto.</p>

1: Desviaciones identificadas a partir del análisis HazOp y jerarquizadas como ALARP.

5. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.

5.1. FORMATOS DE PRESENTACIÓN.

En el presente apartado se citan y muestran los elementos técnicos relacionados al proyecto; los cuales consisten en planos de localización y fotografías del sitio del proyecto; con el propósito de presentar evidencia visual de la información descrita en capítulos anteriores.

5.1.1 Planos de localización.

El plano general del proyecto es el que se presenta en el Anexo 1 de los documentos asociados al proyecto. Los planos de la ubicación de las zonas de afectación resultantes del presente estudio se encuentran en el Anexo 8.

5.1.2 Fotografías.

Las siguientes tablas muestran fotografías tomadas en el sitio del proyecto y zonas cercanas.

Fecha: 08/01/19	
Orientación de la foto: Sur	
Descripción: Vista general del sitio	

Fotografía 5.1. Vista general del sitio

Fecha: 08/01/19	
Orientación de la foto: Sureste	
Descripción: Vista de parcelas agrícolas divididas por vegetación.	

Fotografía 5.2. Parcelas agrícolas

Fecha: 08/01/19	
Orientación de la foto: Sureste	
Descripción: Vista de parcelas agrícolas divididas por vegetación y por cerca de alambre de púas.	

Fotografía 5.3. Parcelas agrícolas

Fecha: 08/01/19	
Orientación de la foto: Este	
Descripción: Vista de la parcela del Sr. Praxedis Domínguez dónde las personas solían acumular residuos sólidos urbanos no peligrosos.	

Fotografía 5.4. Parcela

Fecha: 08/01/19	
Orientación de la foto: Este	
Descripción: Vista del tipo de suelo dominante presente en el sitio.	

Fotografía 5.5. Tipo de suelo en el sitio

Fecha: 08/01/19	
Orientación de la foto: Oeste	
Descripción: Vista de la vegetación y rocas presentes en el sitio.	

Fotografía 5.6. Vegetación en el sitio

Fecha: 08/01/19	
Orientación de la foto: Sur	
Descripción: Vistas de las parcelas agrícolas circundantes.	

Fotografía 5.7. Parcelas agrícolas

Fecha: 08/01/19	
Orientación de la foto: Este	
Descripción: Vista de la autopista Arco Norte.	

Fotografía 5.8. Autopista Arco Norte

Fecha: 08/01/19	
Orientación de la foto: Oeste	
Descripción: Vista de las canaletas de recolección pluvial afuera del sitio.	

Fotografía 5.9. Canaletas de recolección pluvial

<p>Fecha: 08/01/19</p>	
<p>Orientación de la foto: Este</p>	
<p>Descripción: Vista de la autopista estatal de Otumba a Cd. Sahagún.</p>	

Fotografía 5.10. Autopista estatal Otumba- Cd. Sahagún

<p>Nombre del sitio: Monterra Axapusco</p>	<p>Localización del sitio: Sitio de la Terminal Axapusco, Axapusco, Estado de México</p>	<p>Número de proyecto. 60595658</p>
<p>Fecha: 08/01/19</p>		
<p>Orientación de la foto: Norte</p>		
<p>Descripción: Vista de los señalamientos de ductos de petrolíferos y gas localizados al norte del sitio de estudio.</p>		

Fotografía 5.11. Señalamientos de ductos de petrolíferos

Fecha: 08/01/19	
Orientación de la foto: Noreste	
Descripción: Vista de las líneas de transmisión eléctrica localizadas al norte del sitio de estudio.	

Fotografía 5.12. Líneas de transmisión eléctrica

Fecha: 08/01/19	
Orientación de la foto: Noroeste	
Descripción: Vista de la planta termoeléctrica.	

Fotografía 5.13. Planta termoeléctrica

5.2. OTROS ANEXOS.

5.2.1 Documentos legales

Los documentos legales acreditan a la empresa y serán presentados en el Anexo 12 los cuales incluyen:

- Copia del acta constitutiva de la empresa.
- Copia del poder del representante legal.
- Copia del RFC de la empresa.
- Copia de las autorizaciones y permisos correspondientes.

5.2.2 Cartografía

Respecto a la cartografía utilizada para la Figura 2.1 presente en el capítulo 2 del presente estudio, se consultó el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de la CONABIO; para obtener los tipos de clima de la República Mexicana de acuerdo la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García.

En cuanto a la Figura 1.5 referente a las regiones sísmicas de México, se consultó el Atlas de Riesgos de la CFE.

5.2.3 Memorias descriptivas de la(s) metodología(s) utilizada(s)

En el Anexo 6 se presentan los resultados del análisis HazOp, el cual se utilizó como metodología de identificación de riesgos y en el Anexo 7 se presentan los resultados de la Jerarquización de Riesgos.

5.2.4 Memoria técnica de las modelaciones

En el Anexo 9 se presentan las memorias técnicas de los resultados de las simulaciones realizadas.

5.2.5 Memorias técnicas del proyecto

En el Anexo 11 se presentan las memorias técnicas del proyecto civil, mecánico y del sistema contra incendio referentes al presente proyecto.

5.2.6 Análisis de posibles riesgos y contaminación

Dentro de este punto se encuentran las características de las sustancias, las cuales se pueden encontrar en el Anexo 5 Hojas de Seguridad.

En lo que respecta a las características ambientales que afectan el destino y transporte de los contaminantes, se realizaron los estudios geofísicos correspondientes, los cuales se pueden consultar en el Anexo 2.

5.3 BIBLIOGRAFÍA

Alcántara-Ayala, I. (2000) 'Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología', Investigaciones Geográficas. Instituto de Geografía, UNAM, 41.

Blake, J. G. and Loiselle, B. A. (2000) 'Diversity of Birds along an Elevational Gradient in the Cordillera Central, Costa Rica', *The Auk*. doi: 10.1642/0004-8038(2000)117[0663:DOBAAE]2.0.CO;2.

CENAPRED (2001) *DIAGNÓSTICO DE PELIGROS E IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES EN MÉXICO*. Primera ed. Edited by O. Z. Ramos and S. G. Martínez. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres. Available at: https://www.azc.uam.mx/proteccioncivil/frames/doc_cons/doc/Diagnostico.pdf.

CENAPRED (2014) Sismos. Versión Ciudad de México: Centro Nacional de Prevención de Desastres. Available at: www.cenapred.gob.mx.

Comisión Federal de Electricidad (2015) 'CFE 2015: Manual De Diseño De Obras Civiles Diseño Por Sismo', (July 2016).

Corominas, J. and García Yagüe, A. (1997) 'Terminología de los movimientos de ladera', in IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables, pp. 1051–1072.

De Pedraza, J. et al. (1996) Geomorfología principios, métodos y aplicaciones. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/235864020>.

El, P. and Buncefield, A. D. E. (2009) 'INVESTIGATION OF THE CAUSES OF EXPLOSIONS IN OIL PLANTS: THE BUNCEFIELD INCIDENT', 9, pp. 187–202.

EPOCH (1993). The temporal occurrence and forecasting of landslides in the European community. Edited by J. C. Flageollet.

González Reyes, C. E. (2011) *Análisis de los modelos matemáticos para la evaluación de consecuencias por derrames, fugas, explosiones e incendios provocados por desastres químicos*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Hutchinson, J. N. (1990) 'General Report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology, in Bonnard, C. (ed.) Fifth International Symposium on Landslides. Rotterdam: Balkema: Proceedings, , pp. 3–35.

INEGI (2010) 'Censo de población y vivienda'. Axapusco, México. Available at: <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=pdzp&ent=15&mun=016>.

Lugo Hubp, J. I. (1985), "Morfoestructuras del fondo oceánico", Boletín, núm, 15, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 9-39.

Lugo-Hubp, J. (2011) 'Diccionario geomorfológico', *Instituto de Geografía*.

México, G. del E. L. y S. de (2015) 'Atlas de Riesgos del Estado de México', *Dirección General de Protección Civil*, 2. Available at: <http://gaceta.diputados.gob.mx/Gaceta/62/2015/feb/Atlas-20150224.pdf>.

PROFEPA (2017) 'Informe de Actividades'. México.

Salas, M. A. and Jiménez, M. (2014) *Inundaciones*. Primera ed. México, D.F.: Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Available at: http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/183201446_FASCICULO_INUNDACIONES.pdf.

Solís, F. (2019) *Otumba y Axapusco ocupan lideran lista de casos de huachicol en Edomex - El Sol de Toluca, El Sol de Toluca*. Available at: <https://www.elsoldetoluca.com.mx/policiaca/otumba-y-axapusco-ocupan-lideran-lista-de-casos-de-huachicol-en-edomex-2874084.html> (Accessed: 3 April 2019).

United, T. H. E. and Of, S. (no date) 'By Authority Of, 552(3).

Varnes, D. J. (1958) 'Landslides types and processes', in Eckel, E. B. (ed.) *Landslides and Engineering Practice*. Highway Res. , pp. 29–47.

Anexo 1 Planos del Proyecto

Anexo 2 Estudios de Vulnerabilidad del Sitio

Anexo 3 DTI

Anexo 4 DFP

Anexo 5 Hojas de Seguridad

Anexo 6 HazOp - Identificación de Riesgos de Proceso

Anexo 7 Jerarquización de Riesgos de Proceso

Anexo 8 Planos por escenario y sustancia química

Anexo 9 Memoria Técnica de Simulaciones

Anexo 10 Fotografías

Anexo 11 Memorias Técnico Descriptivas

Anexo 12 Documentación Legal
