

993 **ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**



**SERVICIOS  
PORTUARIOS**  
S.A. DE C.V.

**TAR**

**PROYECTO:**

**TERMINAL MARÍTIMA DE RECEPCIÓN,  
ALMACENAMIENTO y ENTREGA DE  
PETROLÍFEROS EN BAJA CALIFORNIA**

**(T.M.R.A. y E.P.B.C.)**

**(Municipio de Ensenada, Estado de Baja California)**

## CONTENIDO.

CONTENIDO. ....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS. ....	iii
I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO. ....	1
I.1. BASES DE DISEÑO.....	14
I.1.1. Proyecto civil. ....	39
I.1.2. Proyecto mecánico. ....	66
I.1.3. Proyecto sistema contra-incendio. ....	70
I.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO. ....	71
I.2.1. Hojas de seguridad. ....	74
I.2.2. Almacenamiento.....	74
I.2.3. Equipos de proceso y auxiliares.....	74
I.2.4. Pruebas de verificación. ....	75
I.3. CONDICIONES DE OPERACIÓN. ....	76
I.3.1. Especificación del cuarto de control.....	78
I.3.2. Sistemas de aislamiento. ....	78
I.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS. ....	82
I.4.1. Antecedentes de accidentes e incidentes. ....	82
I.4.2. Metodologías de identificación y jerarquización. ....	89
II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES. ....	120
II.1. RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.....	120
II.2. INTERACCIONES DE RIESGO. ....	141
II.3. EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL.....	142
III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL. ....	169
III.1. RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS. ....	169
III.1.1. Sistemas de seguridad. ....	175
III.1.2. MEDIDAS PREVENTIVAS. ....	179
IV. RESUMEN. ....	193
IV.1. SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL. ....	193
IV.2. HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL. ....	195
IV.3. PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO. ....	198
V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.....	209
V.1. FORMATOS DE PRESENTACIÓN. ....	209
V.1.1. Planos de localización. ....	209
V.1.2. Fotografías.....	210
V.1.3. Videos. ....	210
V.2. OTROS ANEXOS. ....	211

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. MATRIZ DE COMPATIBILIDAD DE USOS DEL SUELO.....	5
Tabla 2. Tanques de Almacenamiento la 1er. Etapa. ....	11
Tabla 1. Área de entrega de petrolíferos (auto-tanque), para lo cual se construirán 10 islas de llenado en Etapa 1 y 4 islas de llenado para la Etapa 2 a futuro.....	12
Tabla 2. Bombas Operación.....	12
Tabla 3. Datos generales del tanque de almacenamiento TV-02 de la 1er etapa. ....	52
Tabla 4. Datos generales del tanque de almacenamiento TV-03 de la 1er etapa. ....	53
Tabla 5. Datos generales del tanque de almacenamiento TV-05, de la 1er etapa. ....	54
Tabla 6. Datos generales del tanque de almacenamiento TV-01, de la 1er etapa. ....	55
Tabla 7. Datos generales del tanque de almacenamiento TV-04, de la 1er etapa. ....	56
Tabla 8. Datos generales del tanque de almacenamiento TV-06, de la 1er etapa. ....	57
Tabla 9. Datos generales del tanque de almacenamiento TV-07, de la 2da. etapa.....	58
Tabla 10. Productos que se Almacenarán. ....	60
Tabla 11. Área de entrega de petrolíferos (auto-tanque), para lo cual se construirán 10 islas de llenado en Etapa 1 y 4 islas de llenado para la Etapa 2 a futuro.....	62
Tabla 12. Tanques de Almacenamiento la 1er. Etapa. ....	71
Tabla 13. Área de entrega de petrolíferos (auto-tanque), para lo cual se construirán 10 islas de llenado en Etapa 1 y 4 islas de llenado para la Etapa 2 a futuro.....	72
Tabla 14. Bombas Operación.....	73
Tabla 15. Estudio de Falla y Efecto, Nodo No. 01 .....	97
Tabla 16. Estudio de Falla y Efecto, Nodo No. 03.....	99
Tabla 17. Aplicación de la probabilidad para jerarquizar los eventos anteriores y obtener la evaluación de resultados Hazop. ....	102
Tabla 18. Factores de riesgo para la técnica índice Dow. ....	106
Tabla 19. Método ¿qué pasa sí?, No.1.....	114
Tabla 20. Fracción de energía total convertida a radiación para hidrocarburos (Mudan y Croce, 1988). .....	133
Tabla 21. Criterios para definición de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento (SEMARNAT).133	
Tabla 22. Efectos de Nubes Explosivas en Instalaciones ubicadas a diferentes distancias con respecto del centro de la explosión. ....	134
Tabla 23. Resultados de la simulación efectuada por nube explosiva por sobrepresión provocada por fuga en tubería de gasolina por descarga en Buque tanque. ....	135
Tabla 24. Criterios de lesiones por quemaduras debido a radiación térmica.....	136
Tabla 25. Criterios para definición de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento efectos de radiación térmica provocada por un incendio (SEMARNAT). ....	137
Tabla 26. Resultados de la simulación efectuada por inflamabilidad por radiación térmica provocada por fuego en un derrame "incendio de charco" .....	137
Tabla 27. Resultados de la simulación efectuada por inflamabilidad por radiación térmica provocada por fuego en un derrame "incendio de charco".....	138
Tabla 28. Resultados de la simulación efectuada por nube explosiva por sobrepresión provocada por fuga en casa de bombas en línea de despacho. ....	139
Tabla 29. Resultados de la simulación de nube explosiva por efecto de sobrepresión ante fuga de gasolina en tubería de entrega en la T.M.R.A. y E.P.B.C. ....	140
Tabla 30. Resultados de la simulación incendio en charco no confinado por derrame de gasolina de auto tanque del área de entrega. ....	141
Tabla 31. Pendientes de elementos urbanos consideradas seguras. ....	144
Tabla 32. Maremotos ocurridos en el municipio.....	151
Tabla 33. Lista de comprobación detallada de seguridad.....	186

---

Tabla 34. Sustancias involucradas.....	198
Tabla 35. Antecedentes de Accidentes e Incidentes. ....	199
Tabla 36. Identificación y jerarquización de riesgos ambientales. ....	202
Tabla 37. Estimación de consecuencias.....	208
Tabla 38. Criterios Utilizados. ....	209

### ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Croquis de localización de la T.M.R.A. y E.P.B.C. ....	2
Figura 2. Ubicación de poligonal de la T.M.R.A. y E.P.B.C. en carta topográfica. ....	2
Figura 3. Zonificación Actual del Puerto de El Sauzal. ....	4
Figura 4. Proximidad a Las Vías Públicas. ....	7
Figura 5. Áreas del proyecto de la T.M.R.A. y E.P.B.C.....	20
Figura 6. Diagrama general de tuberías e instrumentación (DTI) ....	24
Figura 7. Descarga de buquetanque a tanques y de tanques a casa de bombas. ....	24
Figura 8. Diagrama unifilar de planta L 001 la T.M.R.A. y E.P.B.C. ....	27
Figura 9. Vías de acceso y egreso de la planta, y vialidades. ....	28
Figura 10. Sistema contra - incendio.....	30
Figura 11. Sistema contra incendio; ubicación tanques de agua, monitores, rociadores y bombas. .....	32
Figura 12. Diagrama de flujo de proceso de la T.M.R.A. y E.P.B.C. ....	64
Figura 13. Imagen donde se muestra el desarrollo de ondas expansivas (sobrepresión) provocadas por una explosión.....	123
Figura 14. Imagen de satélite, donde se ubica el proyecto. ....	144
Figura 15. Susceptibilidad de laderas. ....	146
Figura 16. Fallas y fracturas. ....	147
Figura 17. Susceptibilidad de laderas. ....	148
Figura 18. Regiones sísmicas de México, con la ubicación de la T.M.R.A. y E.P.B.C. ....	149
Figura 19. Áreas receptoras y generadoras de Tsunamis, CENAPRED.....	150
Figura 20. Zonas con Peligro de Inundación por Tsunami. ....	151
Figura 21. Riesgo y vulnerabilidad por Sequía. ....	153
Fuente: Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED. ....	153
Figura 22. Duración de la sequía promedio D (años). ....	153
Fuente: Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED. ....	153
Figura 23. Riesgo por sequía. ....	154
Figura 24. Riesgo y vulnerabilidad por CICLONES TROPICALES. ....	156
Fuente: Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED. ....	156
Figura 25. Riesgo y vulnerabilidad por INUNDACIONES. ....	157
Figura 26. Riesgo y vulnerabilidad por TORMENTAS DE GRANIZO.....	158
Figura 27. Índice de peligro por Tormenta de Granizo. ....	159

---

Figura 28. Fuente: Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED. ....	159
Figura 29. Tormentas de Granizo (sin Granizadas en la zona de estudio). ....	159
Figura 30. *Número de Días con Granizo al Año (0- 1 en la zona de estudio).....	160
Figura 31. Índice de Días con Heladas por Municipio.....	161
Figura 32. Fuente: Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED. ....	161
Figura 33. Número de días con Heladas por Municipio.....	162
Figura 34. Riesgo y vulnerabilidad por QUÍMICO-TECNOLÓGICOS.....	164
Figura 35. Riesgo Químico – Tecnológicos: Gasolina. ....	165

---

## I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO.

El diseño de las estructuras del proyecto será definido en el alcance de estudios e ingeniería durante el desarrollo del proyecto, en una etapa anterior a su utilización, considerando lo siguiente:

Levantamiento topográfico.

Estudio de mecánica de suelos y resistividad del terreno.

### 1) Requisitos del predio.

El predio se localiza en la Terminal Marítima, Muelle No. 3, El Sauzal, Municipio de Ensenada, B.C., con una superficie de **39, 896.901 m<sup>2</sup>** sus colindancias son:

**Al Norte** La colindancia al Norte es en 423.00 en línea quebrada con polígonos: ZP-100-131; ZP-100-074, así como SA-051-101, Zona Federal del Arroyo El Sauzal y Pesquera del Pacífico, S.A. de C.V.

**Al Sur** La colindancia Sur del sitio para la T.M.R. A. y E.P. B.C. es en 59.224 m en línea quebrada con la rada, zona federal en del Recinto Portuario El Sauzal.

**Al Este.** Propiedad privada del polígono D-6 y vía pública Calle cinco en línea quebrada, y acceso al recinto portuario.

**Al Oeste** en 130.54 m en línea quebrada con Calle 12, siendo parte de la colonia habitacional Manchuria. Así como, el acceso principal al proyecto por dicha vía.

La T.M.R.A. y E.P.B.C. *proyectada se ubicará* en la Terminal Marítima, Muelle No. 3, El Sauzal, Ensenada, B.C. una superficie de **39, 896.901 m.**, en la siguiente imagen se muestra el croquis de localización del Proyecto. También ver el PLANO ANEXO: ERA-01; LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO EN CARTA TOPOGRÁFICA.

En la siguiente imagen se muestra su ubicación en croquis de localización de la T.M.R.A. y E.P.B.C. y la ubicación de su poligonal en carta topográfica con cuadro de construcción (Ver figuras siguientes).

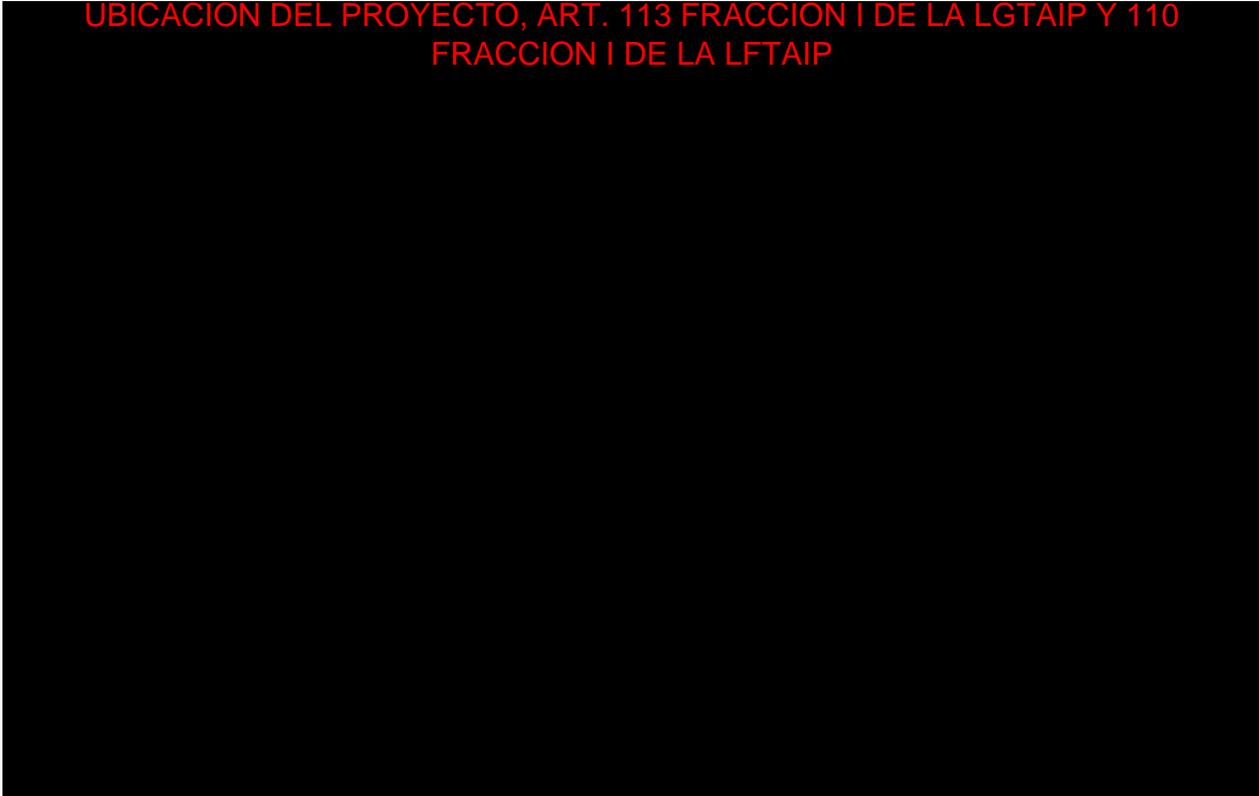
---

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP



Fuente: Google Maps.

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP



---

## DESARROLLO PRESENTE Y PLANIFICADO DE ZONAS URBANAS O INDUSTRIALES.

El **PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DE CENTRO DE POBLACIÓN DE ENSENADA (PDUCEP) 2008-2030.**, observó los potenciales de desarrollo industrial descentralizado al designar espacios extraurbanos para el establecimiento de grandes proyectos industriales, mediante nuevos polos de desarrollo, corredores regionales y reservas especiales.

Los **subsectores más importantes** del comercio al por mayor fueron: alimentos, bebidas y tabaco, con 616.4 mdp, y materias primas agropecuarias, **para la industria** y materiales de desecho, con 234.5 mdp. Los subsectores más importantes del comercio al por menor fueron: vehículos de motor, refacciones, **combustibles y lubricantes con 563.7 mdp**; tiendas de autoservicio y departamentales con 531.1 mdp; y alimentos, bebidas y tabaco con 410.1 mdp. Cabe señalar que, **en el área de estudio, se localizan 82.1% de estas empresas.**

De acuerdo con la clasificación y localización que atiende a la naturaleza del riesgo potencial, se distribuye en bajo riesgo, de riesgo y de alto riesgo. El proyecto, se clasifica como de alto riesgo:

Las **actividades de alto riesgo** incluyen a todas aquellas que **utilizan materiales** identificados **con características de** corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, **inflamabilidad** o de naturaleza biológico infecciosa (CRETIB) **de alto riesgo** y **presenten volúmenes de almacenamiento limitados por la federación.** Están **sujetas a la autorización federal** y **a las disposiciones de prevención de siniestros y riesgos urbanos.**

### COMPATIBILIDAD CON USO DE SUELO

El sitio para el proyecto de la **T.M.R.A. y E.P.B.C.**, se ubica dentro de la zona o parque con uso Industrial – portuario, por lo que el proyecto es compatible con el PDUCEP 2008-2030.

Dada la clasificación, **actividad de alto riesgo**, se presentará ante ASEA el presente Estudio de Riesgo Ambiental de la zona de influencia, así como el Análisis de Riesgo de las instalaciones que conformaran el proyecto; con la finalidad de implementar las medidas necesarias para reducir los riesgos identificados en la zona de influencia, así como por la implementación del mismo.

La **intensidad** del uso industrial será establecida por el tipo de industria, su ubicación será determinada por la matriz de compatibilidad, el sitio del proyecto corresponde al **sector El Sauzal, subsector S.7, uso predominante Industrial**, mismo que es compatible con el **Uso Especial: Centro y/o Almacén de Hidrocarburos (Petróleo, Gas Natural y Butano)**, con una intensidad **C-92 Sujeto a Estudio de Impacto Urbano e Impacto Vial**, así como **C-93 Sujeto a Estudio de Riesgo e Impacto Vial.**

El uso de suelo en el sitio de proyecto, ubicado dentro de la poligonal del recinto portuario de El Sauzal, es como puerto de cabotaje y altura, de acuerdo a decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de julio de 1997. El recinto portuario colinda hacia el Norte, Sur y Oeste

con la Bahía Todos Santos y hacia el Este colinda con la zona urbana de El Sauzal de Rodríguez. En la colindancia Este, detrás de la zona federal marítimo terrestre, se encuentra una fila de predios con uso para casa-habitación y luego con derecho de vía de la Carretera Tijuana-Ensenada.

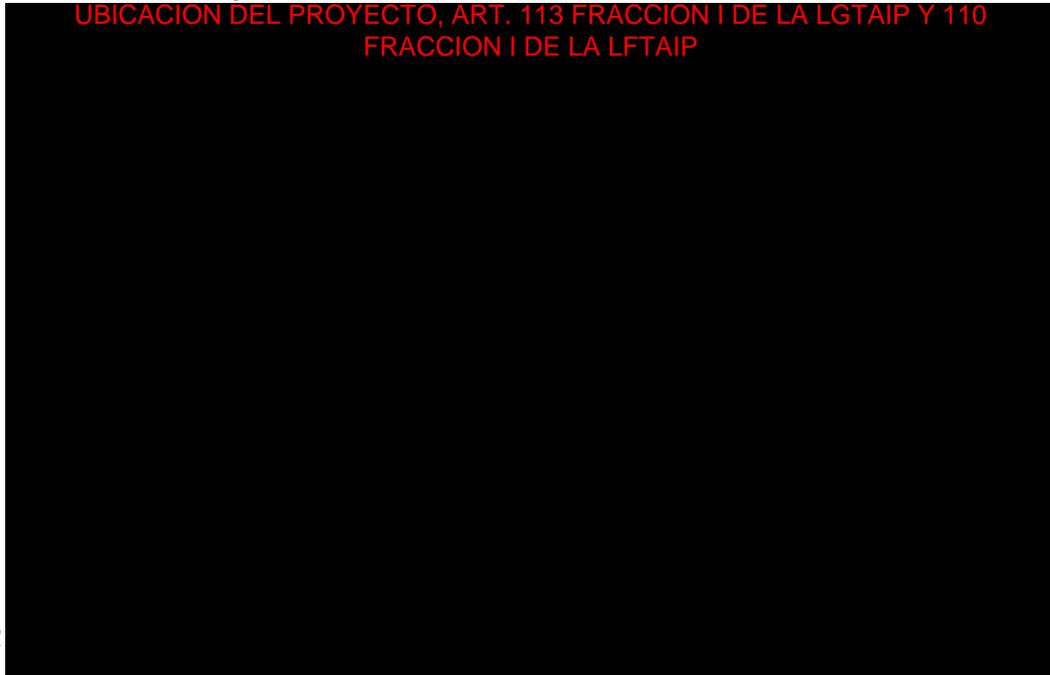
El proyecto se integrará con la zona de muelle, área de recibo, área de almacenamiento, área de entrega y acceso carretero para la Entrega de gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel y Turbosina; el predio es propiedad de **SERVICIOS PORTUARIOS, S.A. DE C.V.**

La clasificación y la zonificación de los terrenos correspondiente al sitio del proyecto es **industria pesada**.

En el siguiente plano se muestra el esquema general de la infraestructura y las actividades productivas que se llevan a cabo actualmente en el puerto El Sauzal, en donde se ubica el predio en donde se ubicará la Terminal Marítima de Almacenamiento, Recepción y Entrega de Combustibles de Baja California. Se encuentra en la Zona para desarrollo económico de Ensenada, además, como ya se ha indicado anteriormente, se ha establecido fuera del recinto portuario y resulta ser un proyecto industrial ambientalmente viable.

**Figura 3. Zonificación Actual del Puerto de El Sauzal.**

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110  
FRACCION I DE LA LFTAIP



Fuente: PR

8-2030.

La Matriz de compatibilidad es la guía para la determinación del uso y destino del suelo, en la que se consideran los usos compatibles (caracterizados con un círculo, O), que expresan la posición urbana más recomendable o conveniente.

Los usos incompatibles (caracterizados con una equis, X), señalan la posición urbana más desfavorable e inconveniente para situar un uso de suelo; estas posiciones deben evitarse para prevenir futuros desequilibrios en el sistema urbano.

Dentro de la Matriz de compatibilidad se señalan algunos usos de suelo condicionados (su ubicación se marca con una C-#), referidos a aquellos que pueden admitirse por considerarlos complementarios en la implementación de determinadas políticas de nivel superior, pero que, al considerar sus posibles impactos negativos en el área de su localización, deben atender de forma estricta, aspectos específicos para su aprobación y control posterior a su funcionamiento.

Estos usos de suelo se establecen según los requerimientos y potencialidades de cada zona.

### NORMAS COMPLEMENTARIAS PARA LOS USOS CONDICIONADOS.

C-92 Sujeto a Estudio de Impacto Urbano e Impacto Vial.

C-93 Sujeto a Estudio de Riesgo e Impacto Vial.

Notas:

- Los arroyos, cauces y cañadas son reconocidos en la Carta Urbana como uso de conservación y no se permitirá ningún uso sobre ellos.
- No se permitirá ningún tipo de construcción y/o establecimiento comercial en predios colindantes al libramiento propuesto (40 Metros).

**Tabla 1. MATRIZ DE COMPATIBILIDAD DE USOS DEL SUELO.**

		MATRIZ DE COMPATIBILIDAD DE USOS DEL SUELO														
		SECTOR						EL SAUZAL								
		SUBSECTOR						S.1	S.2	S.3	S.4	S.5	S.6	S.7	S.8	S.9
USO PREDOMINANTE		CONS	HAB	CONS	ZCD	MIX	IND	IND	HAB	ZEDEC						
USOS ESPECIALES	VECINAL	EMERGENCIAS Y PROTECCIÓN CIVIL	X	O	X	X	C-27	X	X	O	X					
		AGENCIA Y/O SUCCURSAL DE CORREOS	X	C-3	X	X	X	X	X	X	C-3	X				
		OFICINA DE TELEGRAFOS	X	C-3	X	X	X	X	X	X	C-3	X				
		GASOLINERA Y/O CENTROS DE CARBURACION	X	C-8	X	X	X	C-93	C-92	C-8	O					
		CENTRO Y/O ALMACEN DE HIDROCARBUROS (PETROLEO, GAS NATURAL Y BUTANO)	X	X	X	X	X	C-93	C-92	X	O					
		PLANTAS, ESTACIONES Y SUBESTACIONES	X	X	X	X	X	C-93	C-92	X	X					
		TORRES, MASTILES Y ANTENAS	X	C-85	C-95	X	X	X	C-95	C-95	X					
		AEROGENERADORES (GENERADORES EÓLICOS)	O	X	X	O	X	X	X	X	X					
		PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS	X	C-94	X	X	C-93	C-93	C-92	C-92	X					
		PLANTA DESALADORA	X	C-94	X	X	X	X	C-93	C-93	X					
	CARGAMOS Y BOMBAS	X	O	X	X	O	X	X	O	X						
	RELLENOS SANITARIOS Y/O PLANTAS DE TRATAMIENTO DE BASURA	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	PRESA	X	X	X	X	X	X	X	X	X						

**Fuente:** PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DE CENTRO DE POBLACIÓN DE ENSENADA 2008 -2030.

CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS DE CONGRUENCIA CON DEL PROYECTO DE LA T.M.R.A. y E.P.B.C., CON EL PDUCPE 2008-2030:

En conclusión, el desarrollo del proyecto T.M.R.A. y E.P.B.C., es CONGRUENTE con el PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DE CENTRO DE POBLACIÓN DE ENSENADA 2008-2030, al estar en una zona con uso Industrial – Portuario, a su vez con **uso Especial** permitido: **Centro y/o almacén**

---

**de hidrocarburos** (Petróleo, Gas natural y butano) sin embargo de acuerdo a las normas complementarias para los **Usos Condicionados** se requiere de los siguientes estudios:

**C-92 Sujeto a Estudio de Impacto Urbano e Impacto Vial.**

**C-93 Sujeto a Estudio de Riesgo e Impacto Vial.**

Mismos estudios que actualmente se están realizando para prevenir, mitigar y/o compensar los impactos negativos que se presentaran durante las etapas del proyecto a manera de proponer las medidas necesarias de tal manera que se minimicen y se favorezcan aquellos impactos positivos que resulten por el desarrollo del proyecto. Aunado a lo anterior se cuenta con el siguiente salvoconducto:

- **Factibilidad de Uso de Suelo** por Congruencia para Zona Federal Marítima Terrestre **No. de Expediente CU/G7040/2018**, emitida por la **Dirección de Administración Urbana, Ecología y Medio Ambiente del Municipio de Ensenada, B.C.**, a nombre de **Servicios Portuarios, S.A. de C.V.**, con fecha 4 de diciembre de 2018. (Ver copia simple en anexo correspondiente). En esta autorización se consideran actividades que a la letra dicen:

**C) Recepción y manejo de material petróleo, combustibles**, fertilizantes, chatarra ferrosa y no ferrosa.

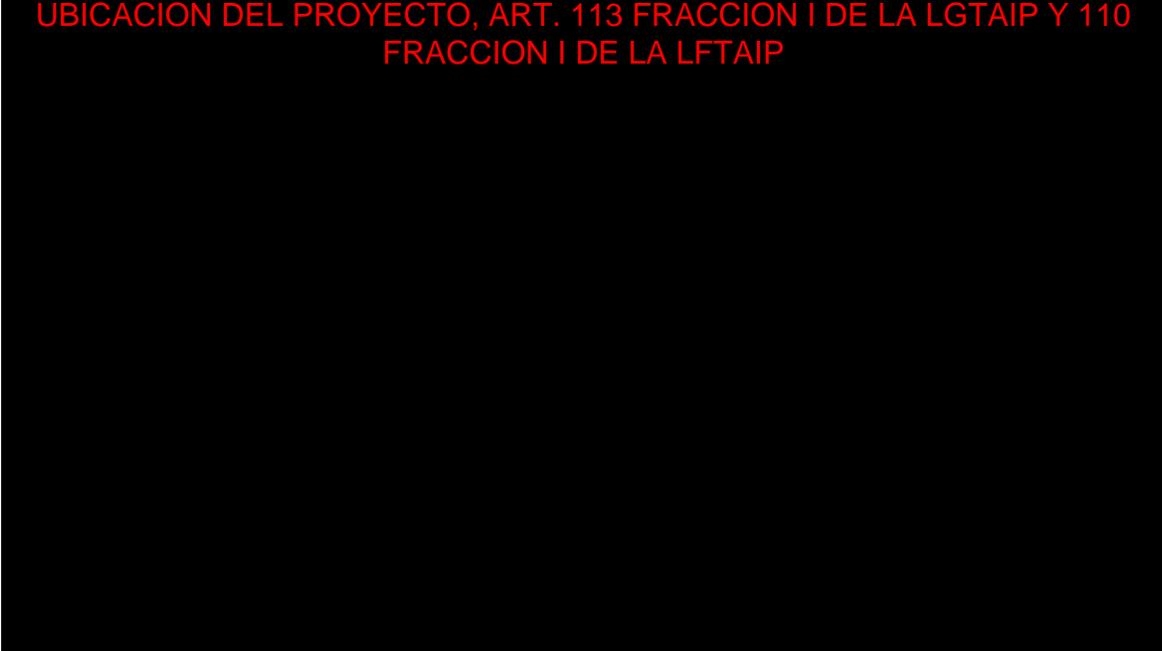
**D) Acopio y almacenamiento temporal** de minerales a granel, roca, cemento, chatarra, fertilizantes, **combustibles** y otros productos manufacturados.

---

#### PROXIMIDAD A LAS AREAS POBLADAS.

La distancia de las áreas pobladas más cercanas a los predios donde se ubicarán la terminal marítima de recepción, almacenamiento y entrega de petrolíferos en Baja California en la colonia el Sauzal, municipio de Ensenada se encuentra a una distancia al noreste de 180 mts de la etapa 1 por la avenida Hidalgo, a 250 mts. al suroeste en la colonia Manchuria y al norte a 80 mts.

#### UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP



#### PROXIMIDAD A LAS VÍAS PÚBLICAS

La estructura vial con que cuenta la ciudad de Ensenada se da por medio de ejes viales principales; es el caso de la Carretera Tijuana-Ensenada, la Carretera El Sauzal-Tecate y la Carretera Transpeninsular con dirección a Baja California Sur. Estos ejes no sólo comunican a la ciudad de Ensenada, sino que convergen en la Av. Reforma, única vía que da soporte a toda la estructura vial del Centro de Población.

Aunado a lo anterior y si se toma como referencia el trazo de su estructura vial, se identifica a la Av. Reforma como la única vialidad que conecta a la ciudad de norte a sur, y como la que soporta todo el tránsito de vehículos de carga pesada local y turístico. Por ello es indispensable la conclusión del nuevo libramiento que desviaría el tránsito del transporte de carga y aseguraría la continuidad del Blvd. Costero hasta el valle de Maneadero, para dirigir el tráfico turístico que se comunica con la Lengüeta arenosa y Punta Banda; esto aligeraría el flujo vial de la Av. Reforma. Por otra parte, el sistema vial del Centro de Población presenta un modelo de forma reticular, principalmente en la zona centro; sin embargo, en las periferias donde el crecimiento urbano es incipiente, el diseño vial está condicionado por el medio físico que lo rodea, lo que genera una estructura irregular y discontinua. Las vialidades primarias en algunos casos forman parte o son una continuidad de ejes regionales, como la Av. Reforma, para la cual se identifica la mayor

---

problemática en el cruce con otras vialidades. Dentro del grupo de las vialidades primarias, se ubican en la siguiente figura.

#### MECANICA DE SUELOS

Para el diseño de la terminal marítima de recepción, almacenamiento y entrega de petrolíferos en Baja California, se realizará el estudio de mecánica de suelos, para determinar la estratigrafía y capacidad de carga del terreno, para el cálculo y diseño de las estructuras proyectadas en área de almacenamiento, área de recepción, área de entrega y servicios auxiliares.

#### CIMENTACION

El diseño de la cimentación de los tanques de almacenamiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C., será calculada acorde con la memorias de cálculo y diseño estructural elaborado y aprobado por el proyectista, en base al resultado del estudio de mecánica de suelos, sismicidad de la zona, vientos dominantes, el peso del tanque y del producto a almacenar y los factores de seguridad correspondientes, dando cumplimiento a las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

#### OROGRAFÍA

En cuanto a su orografía el SA se localiza en la provincia fisiográfica I Península de Baja California, e incluye la zona marina comprendida por las Bahías Todos Santos y Salsipuedes, y la zona terrestre correspondiente al Centro de Población de Ensenada que incluye playas, cantiles, lomeríos y serranías.

Las altitudes en la zona terrestre van desde el nivel del mar hasta 200 msnm y en la zona marina se presenta una profundidad promedio de -50 m y llega hasta los -600 m en la sección del cañón submarino.

#### TOPOGRAFIA DEL SITIO

Para el diseño de la terminal marítima de recepción, almacenamiento y entrega de petrolíferos en Baja California se realizará el estudio topográfico del predio para determinar la superficie del terreno, los niveles, pendientes, poligonal del predio, ubicación georreferencia por medio de coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator), con la finalidad de considerarlo en el diseño de zonas proyectadas en el área de recepción, almacenamiento y entrega.

---

## TIPOS DE SUELO.

Según el mapa mundial de suelos de la FAO/UNESCO (1988), los tipos de suelo dominantes que existen en el Sistema Ambiental son: Litosol (l), Regosol (Re), Yermosol (Yh) y Fluviosol (Je); lo cual coincide con lo observado en la carta edafológica de la (SPP, 1982)

### **Regosol**

Este tipo de suelo se localiza al Norte y Este del SA. Son suelos desarrollados de depósitos bien drenados. Las "arenas secas" no evolucionan fácilmente a suelos maduros con horizontes específicos, porque contienen muy poca arcilla, humus o sales solubles como para ser movilizados hacia abajo y concentrarse en el horizonte B (Ortíz y Ortíz, 1987). Constituyen suelos procedentes de material no consolidado, excluyendo depósitos aluviales recientes, sin horizonte de diagnóstico más que un horizonte A ócrico; carentes de propiedades hidromórficas en los primeros 50 cm de profundidad y sin salinidad elevada (Fitzpatrick, 1985). Según datos de campo de la carta edafológica (SPP, 1982) este tipo de suelo tiene dos horizontes. El horizonte A presenta una textura media, estructura en forma de bloques subangulares de tamaño fino, con un desarrollo moderado denominado ócrico muy débil. El horizonte B presenta también una textura media, su estructura tiene forma de bloques y su desarrollo es medio; su denominación es cámbico.

## ACCESO DE EQUIPO DE AYUDA Y EVACUACION A LAS INSTALACIONES EN CASO DE EMERGENCIA.

Para el diseño del proyecto de la terminal marítima de recepción, almacenamiento y entrega de petrolíferos en Baja California en caso de presentarse una emergencia en la instalación se contará con un plan maestro de atención a contingencias considerando para su elaboración las recomendaciones del Análisis de Riesgos y de Consecuencias, Manifiesto de Impacto Ambiental y en conjunto con las autoridades municipales y planes específicos aplicables de manera interna, como un programa de simulacros y prácticas que se llevarán a cabo en coordinación con Protección Civil, Cuerpo de Bomberos del API, autoridades civiles, autoridades militares, Secretaria de Marina (SEMAR), Capitanía de Puertos y el H. Cuerpo de Bomberos Municipales.

### Disponibilidad y las fuentes de suministro de agua

De acuerdo con el plano del sistema contraincendio de planta S-001 la T.M.R.A. y E.P.B.C., **el cobertizo contra incendio** se localizará en la **parte sur este del muelle marginal** para que éste **suministre agua salada a la red** y al paquete agua-espuma para atender el riesgo mayor y la bomba "Jockey" de presurización del sistema en la parte suroeste de las instalaciones en tierra.

---

## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El objetivo del Proyecto es el diseño y construcción de la "**Terminal Marítima de Recepción, Almacenamiento, y Entrega de Petrolíferos en Baja California**", misma que en lo sucesivo se denominará (**T.M.R.A. y E.P.B.C.**); para atender la demanda de Gasolina Regular, Gasolina Premium, Diésel y Turbosina a través de sus potenciales clientes en el interior de la República Mexicana, aprovechando la infraestructura existente y vías de comunicación.

La T.M.A.R. y E. P.B.C., tendrá una capacidad de almacenamiento nominal de **81,885 m<sup>3</sup> (515,000 barriles)**.

Estará constituida por las siguientes áreas principales:

- a) Área de Recepción por buque tanque y alternativamente por auto tanque.
- b) Área de Almacenamiento en tanques verticales API.
- c) Área de Entrega para auto tanques.

A continuación, se describe a detalle la operación de la T.M.R.A. y E.P.B.C.:

1) La **Recepción de los productos** a la T.M.R.A. y E.P.B.C., en un área de recibo por Buque tanque como medio principal, contando para el atraque, amarre y descarga con un sistema de brazos de carga marino para cada producto instalado en la plataforma de operación del muelle de tipo marginal. La operación de descarga de buque tanques para Gasolinas, Diésel y Turbosina tendrá la capacidad de operar 24 horas al día con (1) posiciones de descarga desde el muelle marginal, facilitando la descarga de los 75,000 BPD (11,925,000 litros por día) de entrada. Para este proyecto se considera 04 Brazos de carga Marino de 10" de diámetro para flujos de 596 m<sup>3</sup>/hr (4,000 barriles/hora) cada uno.

2) Para el **almacenamiento de los productos (Hidrocarburos)**, en la T.M.R.A. y E.P.B.C., tiene contemplada un área de tanques estacionarios verticales, debidamente identificados de acuerdo al producto que contienen **06 tanques para el almacenamiento tipo vertical (tv)** en la 1er. Etapa para gasolinas (Regular y Premium), así como Diésel, Turbosina y en segunda etapa un tanque más **tipo vertical (tv) 1,590 m<sup>3</sup> 10,000 barriles** para Producto no conforme. (Ver Tabla 2. Relación de Tanques de Almacenamiento en la T.M.R.A. y E.P.B.C.).

**Tabla 2. Tanques de Almacenamiento la 1er. Etapa.**

Gasolina Regular		
No. TANQUE	CAPACIDAD (m <sup>3</sup> )	CAPACIDAD (BARRILES)
tv-02	23,850	150,000
tv-03	15,900	100,000
Gasolina Premium		
tv-05	15,900	100,000
Diésel		
tv-01	8,745	55,000
tv-04	8,745	55,000
Turbosina		
tv-06	8,745	55,000
<b>Total 1er Etapa</b>	<b>81,885</b>	<b>515,000</b>

**Fuente:** Memoria técnica descriptiva T.M.R.A. y E.P.B.C.

4) **Entrega** a los auto tanques para entrega a los clientes por medio de equipo de bombeo, medición y control en las llenaderas. La T.M.R.A. y E.P.B.C., se hará mediante auto tanques a razón de 30 a 40 camiones diarios. Con capacidad de **40, 000.00 Litros**. Para lo cual se contará con las siguientes instalaciones:

La operación de la zona de entrega de producto a autotanque, **en su Etapa 1** se realizará en **10 posiciones en total de llenado de autotanques**, con capacidad cada una de 1,514 lpm (400 GPM) para gasolina regular, gasolina premium, diésel y turbosina.

En la **Etapa 2**, está proyectado **04 posiciones de llenado de autotanques**, con capacidad cada una de 1,514 lpm (400 GPM).

**Área de recibo de buque tanque** con capacidad de operar 24 horas al día con (1) posiciones de descarga desde el muelle marginal, facilitando la descarga de los 75,000 BPD (11,925,000 litros por día) de entrada. Para este proyecto se considera 04 Brazos de carga Marino de 10" de diámetro para flujos de 596 m<sup>3</sup>/hr (4,000 barriles/hora) cada uno.

El **área de recepción por autotanque**, se llevará a cabo mediante la operación de:

Una posición de descarga, totalmente instrumentada e integrada al sistema de medición y control, en esta sección debe incluir un paquete de medición para gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel y Turbosina a descargar.

El medidor de flujo será de desplazamiento positivo, con este equipo se controla la cantidad de producto que se descarga, la información se almacena en la unidad de control local (UCL). La descarga será a través de bombas centrifugas que serán calculadas, fabricadas e instaladas de acuerdo con el código API 2610. Cada posición, se compone de brazos de descarga, válvulas de bloqueo, filtros, equipo de bombeo, tanque eliminador de aire, válvula controladora de flujo, medidor y conexión a tierra física (patines de medición) y toda la instrumentación necesaria para su correcto funcionamiento, de acuerdo con los requerimientos Normas Oficiales Mexicanas, NOM - 006-ASEA-2017, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

**Área de llenado de auto tanques con 10 islas de llenado en Etapa 1 y 4 islas de llenado para la Etapa 2 a futuro**, equipadas con filtro, válvulas, brazos de carga y cabezales de tubería de acero al carbón ASTM, patín de medición y control automático.

El área entrega de la T.M.R.A. y E.P.B.C., se efectuará por los siguientes medios:

**Tabla 1. Área de entrega de petrolíferos (auto-tanque), para lo cual se construirán 10 islas de llenado en Etapa 1 y 4 islas de llenado para la Etapa 2 a futuro.**

Nº de Llenaderas Autotanques	Producto	Nº de posiciones de llenado Etapa 1	Nº de posiciones de llenado Etapa 2
5 (sencillas)	Gasolina Regular,	06, 07, 08, 09, 10	11
2 (sencillas)	Gasolina Premium	04, 05	12
2 (sencillas)	Diésel	02, 03,	13
1 (sencillas)	Turbosina	01	14

**Fuente:** Memoria descriptiva de T.M.R.A. y E.P.B.C.

Los equipos que integrarán al subsistema para el llenado de autotanques son de 19 bombas centrífugas de tipo horizontal, distribuidas como sigue:

- 10 bombas principales para gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel y Turbosina, considerándose, además, 03 de relevo para la Etapa 1.
- 04 bombas para gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel y Turbosina para la Etapa 2.
- 01 bomba para envío por poliducto para gasolina Regular, gasolina Premium y Diésel más 01 de relevo para la Etapa 2.

Cada una de estas bombas tiene arrancadores estáticos, selectores automáticos/manual/fuera, para sus arrancadores ubicados en el centro de control de motores y la conexión al sistema de control supervisorio.

**Tabla 2. Bombas Operación.**

POSICIONES DE A/T	BOMBAS OPERACIÓN ETAPA 1	BOMBAS OPERACIÓN ETAPA 2	BOMBAS DE RELEVO
Gasolina Regular	5	1	1
Gasolina Premium	2	1	
Diésel	2	1	1
Turbosina	1	1	1
Poliducto		1	1
<b>Totales</b>	10	5	4

**Fuente:** Memoria descriptiva de T.M.R.A. y E.P.B.C.

Las bombas centrífugas serán calculadas, fabricadas e instaladas de acuerdo al código API 2610. Las llenaderas estarán equipadas con brazos de carga, válvulas de bloqueo, válvula

---

electrohidráulica, sensor de temperatura, unidad de control local, filtros, monitor de prevención de sobrellenado, detector de conexión a tierra y toda la instrumentación necesaria para su correcto funcionamiento, de conformidad con las Normas Oficiales Mexicanas, NOM - 006-ASEA-2017 Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

De acuerdo a los requerimientos para el Estudio de Riesgo Ambiental, el proyecto será evaluado bajo uno o más métodos especiales para identificar, analizar, evaluar, jerarquizar y generar alternativas de mitigación y control de riesgos significativos asociados con equipos y procedimientos críticos, empleando metodologías aceptadas tanto nacional como internacionalmente para el cumplimiento de la normatividad vigente.

Este análisis considera el volumen total de los petrolíferos a almacenar (gasolinas, diésel así como turbosina), cantidad y tipo de tanques de almacenamiento y su ubicación con respecto a otras instalaciones dentro de la planta y límite de propiedad, cantidad, tipo de instalaciones y equipo para operaciones de recepción y entrega de producto (Hidrocarburos), así como su frecuencia, ubicación y capacidad de la red de agua y espuma contra incendio, así como los diversos sistemas de prevención, alarma y supresión.

Considera también la proximidad y densidad de asentamientos humanos, así como de instalaciones especiales que contribuyan a incrementar el riesgo o en su defecto que sean susceptibles al riesgo de la instalación.

Por la naturaleza del proyecto se estableció una zona buffer de protección de 1500 metros de acuerdo a los Criterios de Desarrollo Urbano de Gobierno Federal; por su parte, la **NOM-006-ASEA-2017** de acuerdo a la capacidad de almacenamiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C. de 515,000 barriles, **se establece un radio de protección de 50.29 metros** (Tabla 2 de la Norma) con el fin de salvaguardar la seguridad de la zona. Además de lo anterior también **se establecerá un muro de protección en el perímetro de predio de 2.5 metros de altura a base de concreto armado o material similar resistente al fuego;** de tal manera de funcione como muro de abatimiento en caso de que ocurra un evento (incendio catastrófico en toda el área de almacenamiento) por sus características éste llegue a rebasar la superficie de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

En forma más específica se determinarán los riesgos más probables mediante la siguiente metodología y técnicas:

El estudio **Estudio de falla y efecto (HAZOP)** que se lleva a cabo asumió que los procesos de las áreas antes mencionadas son esenciales y el diagnóstico preliminar determinó que la opción de eliminar las sustancias con las que trabaja está fuera del enfoque del estudio debido a que son irremplazables ya que es su materia prima.

---

El análisis se concentra a las áreas de las cuales la concentración de gases o vapores existen de manera continua, intermitente o periódicamente en el ambiente, bajo condiciones normales de operación, según la **NOM-01-SENER-2012, Instalaciones Eléctricas**, en su artículo 515 PLANTAS DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES, la clasificación eléctrica de las áreas se da en la TABLA 515-3 misma que se muestra a continuación:

### **I.1. BASES DE DISEÑO.**

#### **Criterios de diseño y normas utilizadas.**

El diseño de la T.M.R.A. y E.P.B.C., obedece principalmente a los lineamientos de la **Ley Reglamentaria del artículo 27 Constitucional en el ramo del petróleo, Ley de Hidrocarburos, publicada en el DOF: 11/08/2014**, NORMA Oficial Mexicana de Emergencia NOM-006-ASEA-2017, Especificaciones y criterios técnicos de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente para el Diseño, Construcción, Pre-Arranque, Operación y Mantenimiento de las instalaciones terrestres de Almacenamiento de Petrolíferos, excepto para Gas Licuado de Petróleo (Jueves 24 de noviembre de 2016).

NOM-093-SCFI-1994, Válvulas de relevo de presión (Seguridad, Seguridad-Alivio y Alivio) operadas por resorte y piloto; fabricadas de acero y bronce.

NOM-001-SEDE Instalaciones Eléctricas.

NOM-STPS-002-STPS Condiciones de seguridad prevención protección y combate de incendios en los centros de trabajo.

NOM-022-STPS-2008. Electricidad estática en los centros de trabajo-condiciones de seguridad e higiene.

SEMARNAT-07-013, Rev.04, Capítulo VI del Programa para Prevención de Accidentes.

AAR Railway for engineering manual

API 2610-Design, Construction, Operation, Maintenance, and Inspection of Terminal & Tank Facilities.

API 421-Design and operation of oil-water separators.

API 500 A Classification of Areas for Electrical Installation in Petroleum Refineries.

API RP 520-Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries.

API 521-Pressur

- 
- e-relieving and Depressuring Systems.
- API 594-Dual Plate Check Valves.
- API 599-Metal Plug Valves—Flanged, Threaded, and Welding Ends. API 600-Cast Steel Valves.
- API 602-Gate, Globe, and Check Valves for Sizes DN 100 (NPS 4) and Smaller for the Petroleum and Natural Gas Industries.
- API 609-Butterfly Valves: Double-flanged, Lug-and Wafer-type.
- API 623-Steel Globe Valves—Flanged and Butt-welding Ends, Bolted Bonnets.
- API 650-Welded Steel Tanks for Oil Storage.
- API 653-Tank inspection, repair and reconstruction.
- API RP 1004-Bottom Loading and Vapor Recovery for MC-306 Tank Motor Vehicles.
- API 2000-Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks. ASME B31.3 Design of chemical and petroleum plants and refineries processing chemicals and hydrocarbons, water and steam.
- ASME B31.4 Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids.
- ANSI B31.3-Process Piping Guide.
- ANSI B31.4-Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries.
- IEEE 515-Standard for the Testing, Design, Installation, and Maintenance of Electrical Resistance Trace Heating for Industrial Applications.
- IEC-60079-0-2007. Explosive atmospheres– Part 0: General requirements (Atmosferas Explosivas - Parte 0: Requerimientos generales).
- ISGOTT 5a. edition, ICOS/OCIMF/IPAH - International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals.
- ISO 10434-Bolted bonnet steel gate valves for the petroleum, petrochemical and allied industries.
- ISO 14313-Petroleum and natural gas industries—Pipeline transportation systems—Pipeline valves.
- NFPA-Fire Protection Handbook.
- NFPA 11-Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam.
- NFPA 14-Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems.
- NFPA 15-Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection.
- NFPA 16-Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems.
- NFPA 20-Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection.
- NFPA 22-Standard for Water Tanks for Private Fire Protection.
- NFPA 24-Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances.
- NFPA 25-Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection

Systems.

NFPA 30-Flammable and combustible liquids code.

NFPA 70 National Electrical Code.

NFPA 77 Recommended Practice on Static Electricity.

NFPA 110 Standard for Emergency & Standby Power Systems.

NFPA 90 A Standard for the Installation of Air Conditioning and Ventilation Systems.

NFPA 92 Standard for Smoke Control Systems

NFPA 92A Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences

NFPA 780 Standard for the Installation of Lightning Protection Systems.

USCG 33 CFR 154-Facilities transferring oil or hazardous material in bulk.

***Criterios de diseño en área de almacenamiento de petrolíferos.***

Para el diseño de la T.M.R.A. y E.P.B.C., en el área de almacenamiento, se considerarán las recomendaciones derivadas del análisis de riesgos y análisis de consecuencias, elaborado por personal especializado en la materia, memorias de cálculo y diseño, manifiesto de impacto ambiental y los requerimientos de Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017. Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

***Criterios de diseño en cimentación.***

El diseño de la cimentación de los tanques de almacenamiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C., será calculada acorde con la memorias de cálculo y diseño estructural elaborado y aprobado por el proyectista, en base al resultado del estudio de mecánica de suelos, sismicidad de la zona, vientos dominantes, el peso del tanque y del producto a almacenar y los factores de seguridad correspondientes, dando cumplimiento a las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017 Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

***Criterios de diseño en diques de contención.***

El área de almacenamiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C., en su diseño contará con diques de contención contra derrames.

La capacidad volumétrica del dique de contención que en su interior albergue un solo tanque de almacenamiento de Producto debe ser como mínimo 1.1 veces la capacidad del tanque, incluyendo mochetas, tuberías, válvulas y escaleras.

Para el dique de contención que en su interior albergue varios tanques de almacenamiento, su volumen de contención debe ser la capacidad nominal del mayor tanque, más la cantidad de agua anticipada ante un mayor evento pluvial típico en la zona.

Se diseñarán y construirán para contener y resistir la presión lateral que les pueda transmitir la altura hidrostática, considerando el líquido almacenado como agua.

Para el diseño de los diques de contención serán calculados acorde con la memoria de cálculo y diseño estructural, elaborado y aprobado por el proyectista, en base al resultado del estudio de mecánica de suelos, sismicidad de la zona, vientos dominantes y los factores de seguridad correspondientes, con juntas de expansión de acero inoxidable para absorber las contracciones y expansiones térmicas, conservando la hermeticidad en estas. En los cruces de tubería a través del muro de contención se realizará sellando el claro alrededor de las tuberías por medio de emboquillado, con materiales resistentes a los hidrocarburos y al fuego.

Los patios internos de los diques de contención serán de concreto armado con una pendiente mínima de 1 % que permita el libre escurrimiento de líquidos hacia registros de drenaje industrial. En el patio interior de los diques que contengan varios tanques de almacenamiento, se construirán muros intermedios de concreto armado de 0.45 m de altura con el fin de prevenir que un pequeño derrame ponga en peligro la integridad de los otros tanques dentro del dique. Cada una de las subdivisiones señaladas debe tener un sistema de drenaje pluvial y aceitoso independientes, de conformidad con las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

***Criterios de diseño en recepción de petrolíferos (buque-tanque, auto-tanque).***

➤ El área de recepción por buque tanque considera lo siguiente:

a) Muelle de tipo marginal el cual debe cumplir con las especificaciones establecidas en la normatividad marítima internacional aplicable;

b) Sistema de anclaje y amarradero para Buque-tanques, chalanes o barcazas.

c) Sistema de alerta audible y visible para casos de emergencia.

d) Sistema de voz, datos y video conectado a la Terminal marítima.

e) Sistema respuesta a emergencia por contaminación del agua marina.

f) Sistema de luces de seguridad para actividades nocturnas.

g) Sistema de medición de Producto descargado, en tierra.

h) Sistema de paro de emergencia.

i) Mangueras marinas para carga y descarga certificadas para el producto a manejar.

j) Plan de respuesta a emergencias por huracanes o frentes fríos.

k) Sistema de barreras de protección ambiental.

l) Tubería marina, válvulas y accesorios.

m) Peine de válvulas de redirección a tanques de almacenamiento.

n) La provisión de equipo de salvavidas fijo.

Para este sistema de Recepción por Buque-tanques, se debe cumplir con las Normas, Códigos y Estándares nacionales o internacionales, aplicables a la materia como: ISGOTT (International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals), OCIMF (Design and Construction Specification for Marine Loading Arms), SIGTTO (ESD, Arrangements & linked ship shore systems), vigentes o aquellas que los sustituyan o modifiquen.

---

La tubería de la zona de recepción por buque tanque a la zona de almacenamiento, cumplirá con las disposiciones administrativas de carácter general en materia de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente, para el transporte terrestre por medio de ductos de petróleo, petrolíferos y petroquímicos (DACG publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de marzo de 2017).

El área de recepción por autotanque, se llevará a cabo mediante la operación de:

Una posición de descarga, totalmente instrumentada e integrada al sistema de medición y control, en esta sección debe incluir un paquete de medición para gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel y Turbosina a descargar.

El medidor de flujo será de desplazamiento positivo, con este equipo se controla la cantidad de producto que se descarga, la información se almacena en la unidad de control local (UCL). La descarga será a través de bombas centrifugas que serán calculadas, fabricadas e instaladas de acuerdo con el código API 2610. Cada posición, se compone de brazos de descarga, válvulas de bloqueo, filtros, equipo de bombeo, tanque eliminador de aire, válvula controladora de flujo, medidor y conexión a tierra física (patines de medición) y toda la instrumentación necesaria para su correcto funcionamiento, de acuerdo con los requerimientos Normas Oficiales Mexicanas, NOM - 006-ASEA-2017, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

Se dará cumplimiento en todo momento con lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas, NOM - 006-ASEA-2017 Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales, Ley Federal sobre Metrología y Normalización, Ley de Hidrocarburos, Lineamientos Técnicos en Materia de Medición de Hidrocarburos, así como las recomendaciones de la OIML R 117 "Measuring Systems Other Than Water".

#### ***Configuración del sistema de recepción de petrolíferos (autotanque, poliducto).***

En el diseño del Proyecto T.M.R.A. y E.P.B.C., se considera un patín de recibo y medición para autotankes que se integra por tubería al límite de baterías a fin de que se estén midiendo y controlando las variables de presión, densidad, temperatura y flujo hacia los tanques de almacenamiento.

En el diseño del área recepción de petrolíferos por buque tanque se considerará un sistema de recibo y medición en el límite de responsabilidades para la transferencia y custodia del producto descargado.

Ambos patines de recibo y medición consideran el subsistema de instrumentación, los cuales se encuentran unidos punto a punto hasta el computador de flujo, instalado en un gabinete ubicado en la oficina de operación y torre de control.

Las variables que deben considerarse son:

a) Densidad. - Como parte integrante del sistema de recibo, medición y control por tubería se utiliza un transmisor indicador de densidad o gravedad API para la conversión de volumen corregido por temperatura, por lo que se instalarán este instrumento de medición en línea.

b) Temperatura. - Como parte de los sistemas de medición dentro del sistema de recibo, medición, patín de descarga de recibo y medición se tienen los instrumentos de temperatura tipo RTD. Mediante estos instrumentos se hace la corrección del volumen de los petrolíferos.

c) Nivel. - El subsistema de medición de nivel en tanques de almacenamiento de petrolíferos, estará en comunicación en tiempo real a fin de que se permita visualizar el comportamiento de esta variable en el tanque antes, durante y al término de la operación, además será capaz de avisar cuando se lleguen a los límites seguros de operación, emitiendo las alarmas correspondientes.

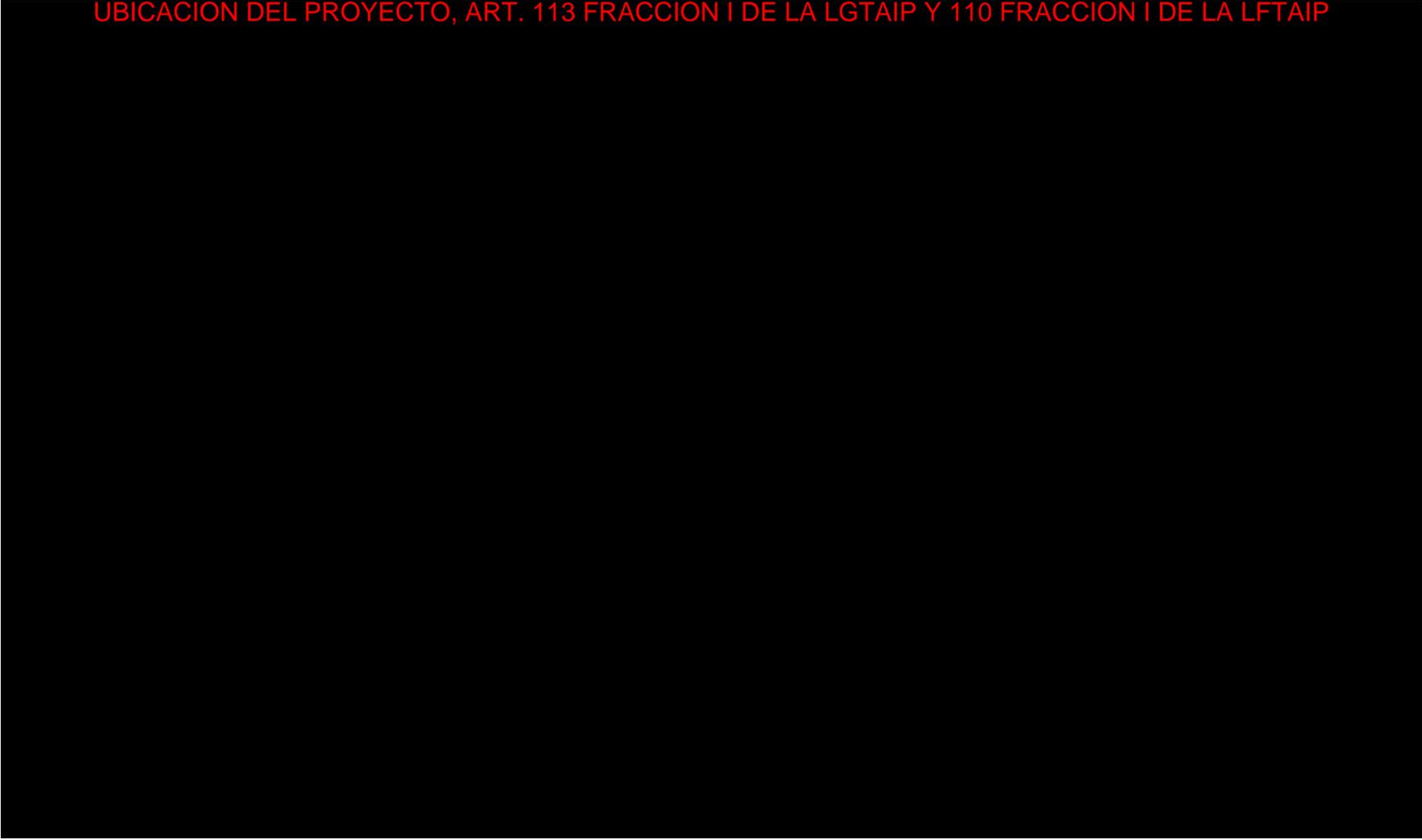
d) Subsistema de HVs (alto rendimiento). - A la salida de las estaciones de medición se tiene un peine de Entrega con válvulas de mariposa con actuador manual para direccionar el flujo hacia los diferentes cabezales de acuerdo con el tipo de petrolífero que está entrando a los tanques de almacenamiento. Cada válvula manual cuenta con un indicador y un interruptor de posición.

***Instalaciones de recepción de petrolíferos.***

De acuerdo al plano de localización general E-001 la T.M.R.A. y E.P.B.C., se considera un patín de recibo y medición por tubería al límite de baterías a fin de que se estén midiendo y controlando las variables de presión, densidad, temperatura y flujo desde el buque tanque hacia los tanques de almacenamiento.

---

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP



---

### **Sistema de pararrayos (criterios de diseño).**

El Proyecto T.M.R.A. y E.P.B.C., en su diseño con un sistema de protección atmosférica (pararrayos) para los edificios mayores de 7.5 m, estructuras de más de 15.0 m y edificios con áreas clasificadas, tomando como base lo indicado en la NOM001-SEDE-2012, NFPA 780 y las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017 Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

El sistema de protección contra descargas atmosféricas debe ser independiente de la red general de tierras, sin embargo, las dos redes de tierras deben interconectarse entre ellas en un punto de la red con cable aislado de un tamaño (calibre) menor al de la red principal, para evitar diferencias de potenciales entre ellas, tal interconexión debe considerarse desde etapa de proyecto.

Los tanques de almacenamiento verticales con espesor de pared y de techo de 4,6 mm (3/16 in), o mayores, se consideran auto protegidos contra descargas atmosféricas y no se requiere incluir el sistema contra descargas atmosféricas, de acuerdo con la NFPA 780.

Para el diseño del Sistema de Pararrayos, se contará con un Proyecto eléctrico y Dictamen por parte de la Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas, acreditada y aprobada en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

### **Criterios de diseño generales en drenajes.**

La terminal marítima de almacenamiento recepción y Entrega de combustibles en Baja California en su diseño contará con drenajes en la zona de almacenamiento, zona de entrega, zona de recepción y servicios complementarios, los cuales serán diseñados en cumplimiento con lo establecido en la normatividad internacional, las mejores prácticas de la industria y las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017 Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales, incluyendo los siguientes tipos de drenajes:

- a) Drenaje pluvial
- b) Drenaje aceitoso

Los sistemas de drenajes se deben diseñar con la capacidad de conducir en condiciones de seguridad, el volumen máximo de aguas por eliminar, a fin de que el desalojo sea rápido y no se provoquen estancamientos, depósitos indeseables, deflexiones, colapsos, cambios de pendiente por causa de flotaciones y daños. En las áreas de integración de plantas se deben tomar en cuenta las posibles ampliaciones y dejar las preparaciones correspondientes. También se debe considerar un 10 por ciento de sobre diseño adicional para eventualidades no previstas.

### **Drenaje pluvial (criterios de diseño).**

El diseño del drenaje pluvial, se calculará en función del mayor volumen que resulte de la cantidad de agua colectada en áreas clasificadas como pluviales o en áreas libres de contaminación con hidrocarburos y del volumen de agua durante la máxima precipitación pluvial anual registrada en la zona, por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, sobre la base de los datos estadísticos meteorológicos de históricos máximos registrados en los últimos 10 años y en la intensidad de una tormenta durante 24 horas con consideración a los volúmenes del agua contra incendio.

El sistema que debe coleccionar y desalojar las aguas de lluvia, el agua contra incendio captada en casos de pruebas o siniestros, así como todas aquellas aguas que no contengan hidrocarburos, aguas negras y jabonosas, productos químicos, corrosivos o tóxicos.

La velocidad mínima permisible al gasto de diseño de los sistemas de drenajes de aguas sanitarias debe ser de 0,75 m/s y para los demás drenajes debe ser de 0,6 m/s.

***Drenaje aceitoso (criterios de diseño).***

El diseño del drenaje aceitoso del proyecto terminal marítima de almacenamiento recepción y Entrega de combustibles en Baja California se calculará con la capacidad adecuada para desalojar el hidrocarburo o agua aceitosa provenientes del área de almacenamiento, área de recepción, área de entrega y servicios complementarios.

Se deben calcular y diseñar con la capacidad adecuada para que desalojen el volumen total de los efluentes aportados como aguas de proceso y aguas aceitosas provenientes de las purgas de equipos y maquinarias existentes en el área de almacenamiento, área de recepción, área de entrega y servicios complementarios., las cuales se deben enviar al área de tratamiento de efluentes, así mismo se debe evitar que los hidrocarburos de los drenajes aceitosos fluyan a los drenajes pluviales.

Los efluentes del drenaje aceitoso descargarán en el separador API.

***Drenaje en zona de almacenamiento (criterios de diseño).***

En la zona de almacenamiento, cada dique contará con dos drenajes uno pluvial que capte el afluente pluvial y un drenaje aceitoso que capte y dirija el agua aceitosa proveniente de derrames accidentales, de la purga de los tanques de almacenamiento y del lavado del área. Su diseño será tal que evite que las aguas contaminadas con hidrocarburo penetren al suelo, subsuelo y manto acuífero y permitir la limpieza de los depósitos y sedimentos.

En el diseño de los registros de drenajes aceitosos se tendrán sellos hidráulicos en las tuberías de llegada a los mismos.

Fuera de cada dique se tendrá una válvula de bloqueo para cada tipo de drenaje, que permitan el control selectivo de afluentes, las cuales permanecerán normalmente cerradas, están contarán con señalamiento indicativo a que drenaje pertenece y a que tanque presta servicio.

Los pisos en cada una de las zonas de almacenamiento su diseño será de concreto con una pendiente del 1% para permitir el escurrimiento y recolección de derrames hacia el área de desalojo.

Se deben diseñar cárcamos reguladores para controlar el flujo hacia los separadores de aceite del área de tratamiento de efluentes.

El diámetro mínimo de las tuberías que aplica en la red de los drenajes aceitosos es de 10 cm (4 pulgadas), aunque el resultado del diseño indique un diámetro menor.

***Drenaje en zona de recepción y entrega (criterios de diseño).***

El diseño del drenaje en la zona de recepción y entrega de productos petrolíferos deben contar con drenaje aceitoso y pluvial. Cada isla y el espacio entre ellas cuentan con registros de

---

drenajes aceitosos provistos de sellos hidráulicos, que capten posibles derrames de hidrocarburos mediante pendientes diseñadas para este fin.

***Drenaje en casa de bombas (criterios de diseño).***

El diseño del drenaje en casa de bombas contara con piso impermeable de concreto y delimitado con un sardinel con una pendiente que direcciona cualquier escurrimiento hacia un drenaje aceitoso.

***Separador de aceite (criterios de diseño).***

El diseño del separador de aceite tipo "API" de la terminal marítima de almacenamiento recepción y Entrega de combustibles en Baja California considera en las áreas de almacenamiento, recepción, entrega y servicios complementarios, diseñado en base a las recomendaciones del Análisis de riesgos y en cumplimiento con la normatividad API 421 y las Normas Oficiales Mexicanas, NOM - 006-ASEA-2017 Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

En el diseño se considerará el volumen de afluente como el agua contra incendio del combate de la emergencia de mayor riesgo, derrames al interior de la terminal de un autotanque y de actividades operativas como el purgado de agua de los tanques de almacenamiento y del lavado de las áreas.

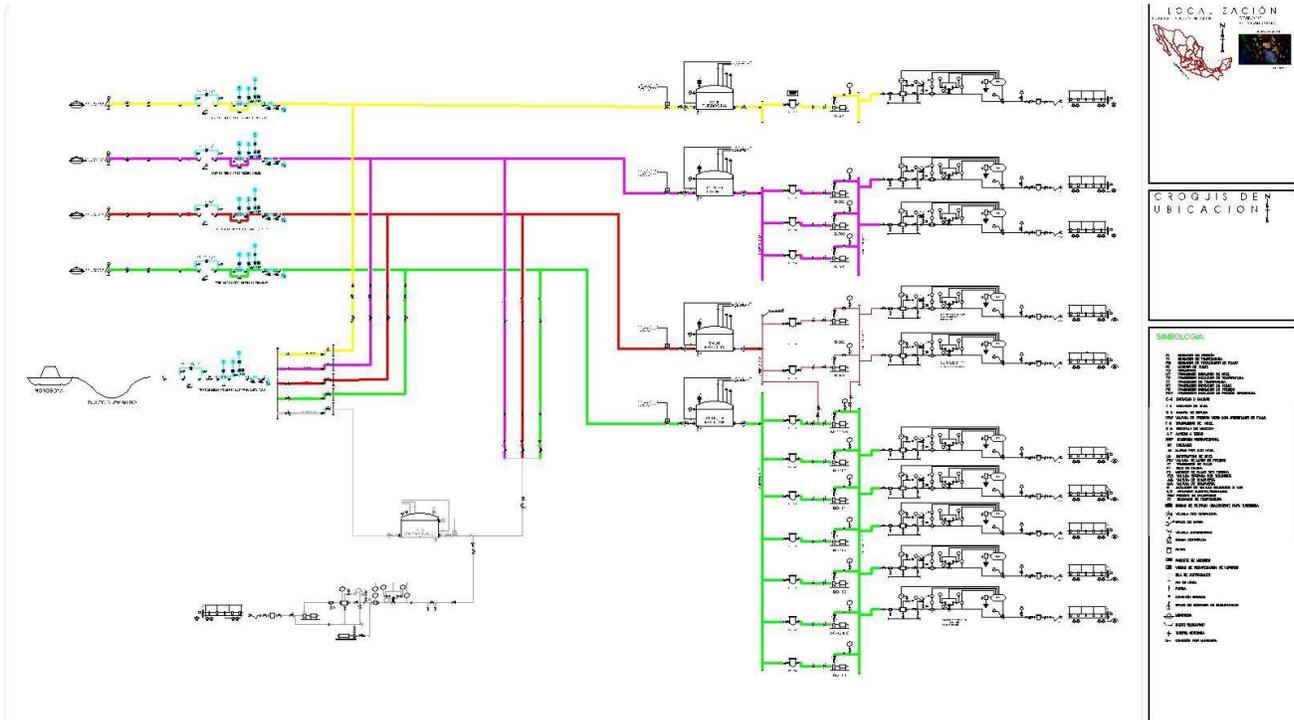
***Tuberías (criterios de diseño).***

El diseño de las tuberías de conducción, especificación de materiales, soldadura, construcción, pruebas no destructivas y las pruebas de hermeticidad del proyecto T.M.R.A. y E.P.B.C., cumplirá con las especificaciones establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017 Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales, ANSI/ASME B31.3 y ANSI/ASME B36.10, aplicable en las áreas de almacenamiento, recepción y entrega.

Se proyecta utilizar tubería superficial y en trincheras, entre las estaciones de carga de autotanques y los tanques de almacenamiento, entre los tanques de almacenamiento y las plataformas de descarga de autotanques y entre la plataforma de recepción y medición por tubería y los tanques de almacenamiento.

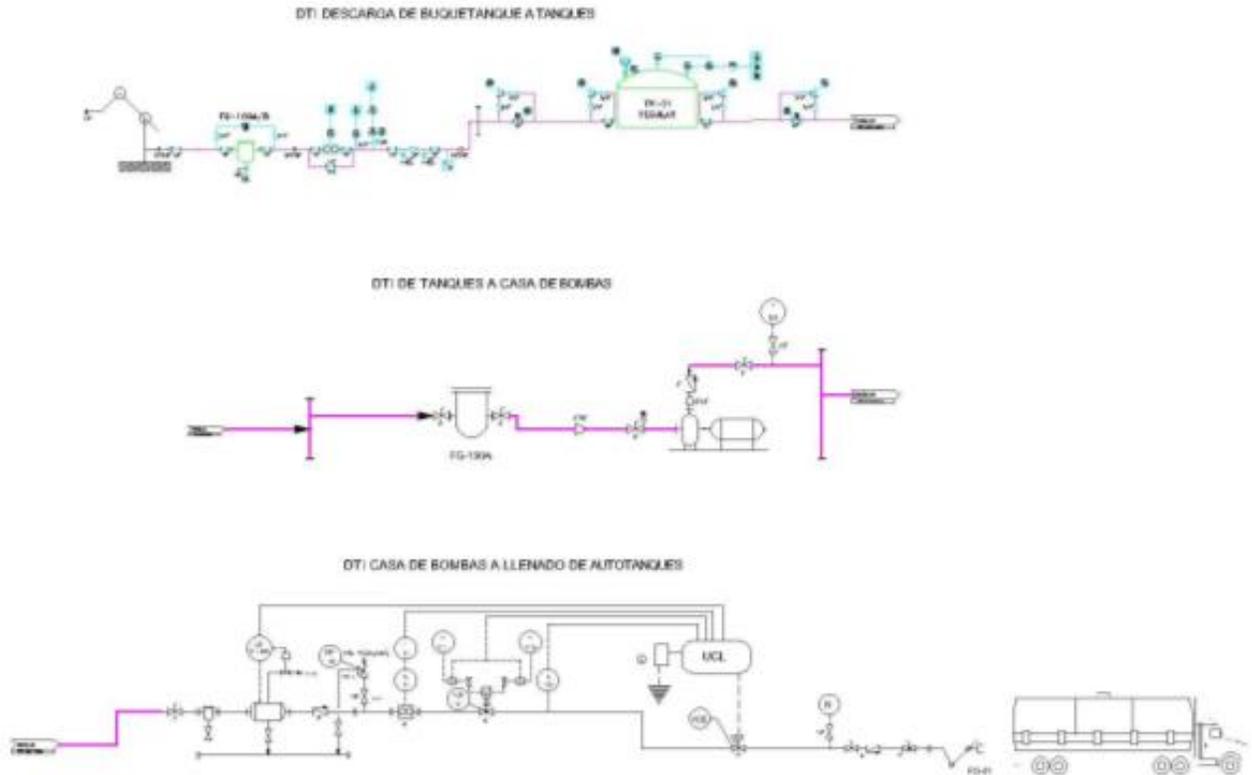
Las conexiones, bridas y accesorios se consideran parte integral del sistema de tuberías, y los criterios de diseño y selección, deberán basarse en ISO 15649:2001 Petroleum & Gas Industry Piping, y la ASME B31.3 – 2010 Process Piping, así como lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

Figura 6. Diagrama general de tuberías e instrumentación (DTI)



Fuente: Memoria descriptiva de T.M.R.A. y E.P.B.C.

Figura 7. Descarga de buquetanque a tanques y de tanques a casa de bombas.



Fuente: Memoria descriptiva de T.M.R.A. y E.P.B.C.

### ***Soportes (criterios de diseño).***

Las estructuras de anclaje y soportes se diseñarán aplicando las especificaciones establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales, ANSI/ASME B31.3 y ANSI/ASME B31.4.

El arreglo de tubería debe tener los soportes necesarios para asegurar que las conexiones no transmitan esfuerzos excesivos a los equipos y mantengan la alineación de la tubería. La tubería debe tener apoyos y soportes permanentes, solo se permiten soportes temporales para la prueba hidrostática, todos los apoyos se deben fabricar con material que resista las condiciones de servicio y ambientales.

### ***Conexiones, bridas y accesorios (criterios de diseño).***

Las conexiones, bridas y accesorios se consideran parte integral del sistema de tuberías, y los criterios de diseño y selección, deberán basarse en ISO 15649:2001 Petroleum & Gas Industry Piping, y la ASME B31.3 – 2010 Process Piping, así como lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas, NOM - 006-ASEA-2017 Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

### ***Instalación eléctrica (Descripción).***

El diseño de la Instalación eléctrica del Proyecto T.M.R.A. y E.P.B.C., cumplirá con las especificaciones y lineamientos técnicos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales y lo establecido en la NOM-001-SEDE-2012 y NFPA 70.

La instalación eléctrica se diseñará considerando las características de la fuente de suministro.

Nicho de medición de energía eléctrica de CFE. -Con el objeto de instalar y proteger el equipo de medición de energía eléctrica demandada por las instalaciones que conforman el proyecto de la terminal, la construcción de un Nicho de medición de acuerdo con los requerimientos establecidos por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

El suministro de energía eléctrica para la terminal marítima de almacenamiento recepción y Entrega de combustibles en Baja California será proporcionado por la Comisión Federal de Electricidad.

El circuito alimentador de la acometida dentro de las instalaciones será llevado a través de un conductor eléctrico subterráneo y registros eléctricos, desde el punto de acometida hasta la subestación eléctrica designada para distribuir la energía a todas las zonas de las instalaciones.

Los registros eléctricos se diseñarán de acuerdo con la NOM-001-SEDE-2012 y se consideran que las tapas de los registros eléctricos serán de fibra de vidrio de alto impacto.

La determinación del tipo de materiales a utilizar en la instalación eléctrica, así como la selección de los motores de inducción serán para áreas clasificadas; se deberá realizar conforme a lo estipulado en la NOM-001-SEDE-2012, y la NFPA 70.

Para corregir y mantener el factor de potencia del sistema eléctrico a un valor mínimo de 0,9, se deben instalar bancos automáticos de capacitores. El diseño, fabricación y pruebas de estos bancos de capacitores deben cumplir con lo indicado en la NOM-001-SEDE.

Los circuitos alimentadores de Entrega dentro de las instalaciones serán llevados a través de conductores eléctricos subterráneos, registros eléctricos subterráneos (para áreas no clasificadas) o cajas de conexiones o de paso en áreas clasificadas, desde la subestación eléctrica o cuarto de control eléctrico designada para distribuir la energía hasta los límites de las instalaciones consideradas a alimentar.

Para asegurar la continuidad de servicios esenciales de las instalaciones del Proyecto, se utilizará un Grupo Generador (planta de emergencia), para CCM, las válvulas operadas eléctricamente de productos y contra incendios, el 100% del alumbrado de edificios y exterior, SFI'S para instrumentación.

Sistema de fuerza interrumpible. -Para asegurar la continuidad de servicios esenciales de las instalaciones del proyecto se utilizarán sistemas de fuerza interrumpible de energía (SFI) como fuente de emergencia.

Los SFI's deben ser fabricados para servicio interior NEMA 1, metálico, de frente muerto, montaje auto soportado.

Los SFI's se deben instalar en un cuarto de control eléctrico, las baterías deben ser instaladas en cuartos construidos especialmente para ellas, las baterías y los locales donde se instalen deben cumplir con los requerimientos del artículo 480 y 924.22 de la norma NOM-001-SEDE.

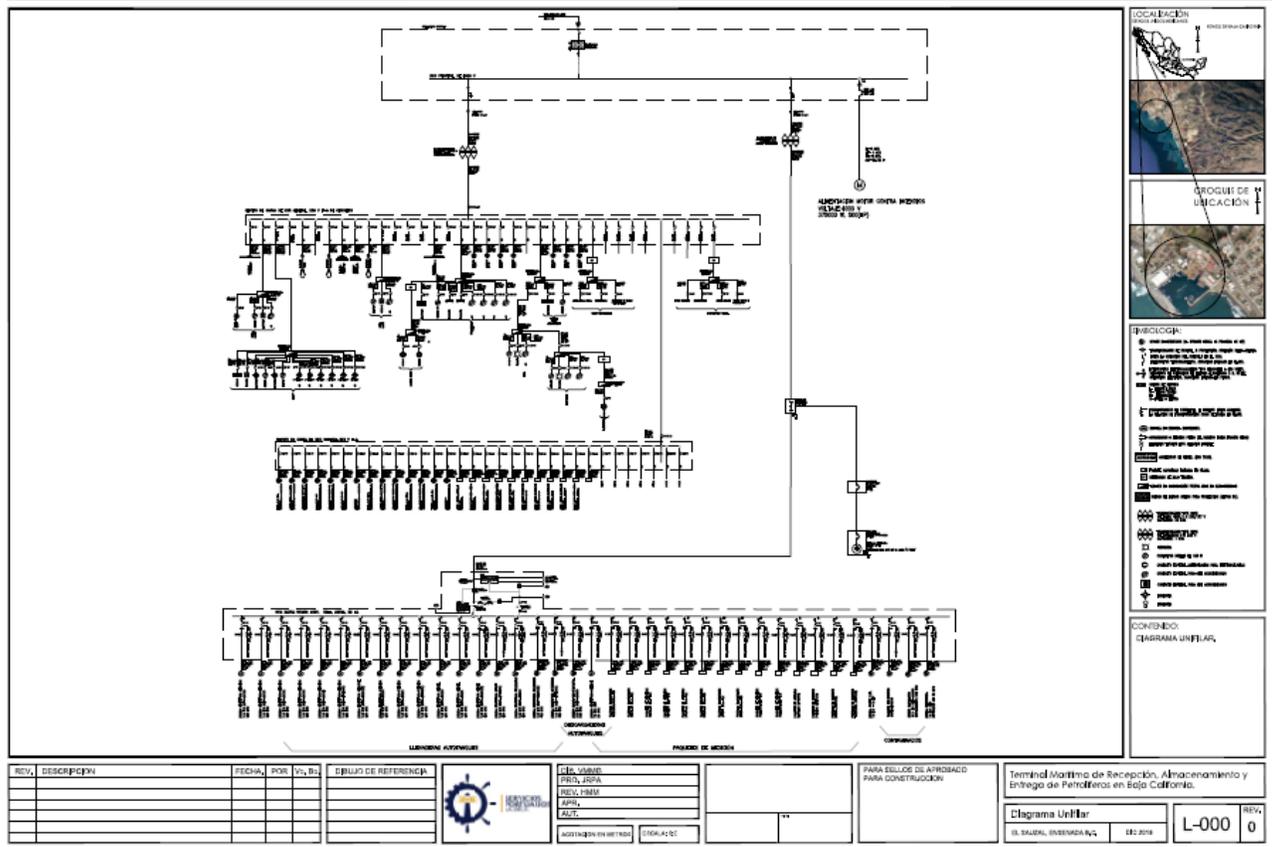
Centros de control de motores (CCM's) en 480 y tablero de Entrega en 220 v.- Los centros de control de motores en baja tensión deben ser tipo interior con un solo frente y cumplir con lo indicado en las normas vigentes.

Todos los motores eléctricos deben ser de eficiencia premium, el aislamiento del devanado de los motores debe ser clase F, los ventiladores deben ser metálicos, deben tener tratamiento anticorrosivo con lubricación.

Para el diseño de la instalación eléctrica, se contará con un proyecto eléctrico y dictamen por parte de la Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas, acreditada y aprobada en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

***Diagrama unifilar general de la planta.***

Figura 8. Diagrama unifilar de planta L 001 la T.M.R.A. y E.P.B.C.



**Fuente:** Memoria descriptiva de T.M.R.A. y E.P.B.C.

**Vialidades, accesos y estacionamientos (descripción).**

El diseño de las vialidades de la terminal marítima de almacenamiento recepción y Entrega de combustibles en Baja California estará orientado a que las operaciones de entrada y salida de los Autotanques de recepción y de entrega se realicen en forma secuencial, eficiente y segura.

Para las vialidades, se usará concreto hidráulico, mismo que será calculado con la memorias de cálculo y diseño estructural elaborado y aprobado por el proyectista, en base al resultado del estudio de mecánica de suelos, sismicidad de la zona y los factores de seguridad correspondientes, de conformidad con lo establecido en el Reglamento de Construcción del municipio de Ensenada, Baja California, y además dando cumplimiento en lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas, NOM - 006-ASEA-2017 Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

**Criterios de diseño de vialidades, accesos y estacionamientos.**

En el diseño del área de estacionamiento interior y exterior de autotanques, área de maniobras de bodega y taller de mantenimiento, se considera el uso de concreto hidráulico.

Se tendrán pavimentos con carpeta de concreto asfáltico para tránsito pesado, en la avenida principal, desde el entronque de la carretera, hasta el límite del predio de la instalación, así como la zona de estacionamiento para los trabajadores.

Su diseño, será calculado con la memoria de cálculo y diseño estructural elaborado y aprobado por el Proyectista, en base al resultado del estudio de mecánica de suelos, sismicidad de la zona y los factores de seguridad correspondientes. Considerando un carril de entrada y un carril de salida, con alumbrado tipo industrial, estará a nivel a partir de la carretera que se encuentre más cerca del predio y hasta el límite de terreno.

***Plano general de vías de acceso y egreso de la planta, y vialidades.***

De acuerdo al plano general T.M.R.A. y F.P.B.C.

**UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP**

***Vialidades (criterios de diseño).***

Para el diseño del acceso, así como para las operaciones de entrada y salida de los autotanques a la zona de recepción y de entrega, se dará cumplimiento con el API 2610 y las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

***Accesos y circulación (criterios de diseño).***

Las vialidades de circulación dentro de la instalación estarán diseñadas con materiales resistentes a la carga de los vehículos pesados (Autotanques dobles capacidad máxima 63,000 litros) y semipesados (Autotanques 20,000 litros) y resistentes a los petrolíferos.

***Estacionamientos (criterios de diseño).***

En el diseño del área de estacionamiento interior y exterior de autotanques, área de maniobras de bodega y taller de mantenimiento, se considera el uso de concreto hidráulico.

---

### **Sistema de control (descripción).**

El sistema de control de la T.M.R.A. y E.P.B.C., está diseñado para monitorear y controlar todas las variables de proceso de operación, en las áreas de almacenamiento, recepción, entrega y servicios complementarios, cumpliendo con las recomendaciones del análisis de riesgos y con las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

### **Criterios de diseño del sistema de control.**

En su diseño se instalará la infraestructura, instrumentación y equipos, para las funciones de medición y control de las variables de proceso operativo, los cuales se encuentran unidos punto a punto hasta la unidad de control, instalada en un gabinete ubicado en la oficina de operación y torre de control. El medio de control será local y remotamente.

El sistema de control tiene la capacidad de comunicarse con los sistemas de medición y control para la transferencia en las zonas de almacenamiento, recepción y entrega, medios para control del paro y arranque de los equipos, control de las operaciones de volumétricas de los petrolíferos, registros de las actividades.

### **Sistema de Paros de Emergencia (descripción y criterios de diseño).**

El diseño de la T.M.R.A. y E.P.B.C., contará con un sistema de paro de emergencia, el cual permitirá la suspensión del proceso operativo en las áreas de almacenamiento, recepción, entrega y servicios complementarios, con excepción del Sistema Contra incendio, el cual cumple con la normatividad internacional, las mejores prácticas de la industria, así como con las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales y las especificaciones de la API 2610, NFPA 30, IEC 61511.

En el diseño de la T.M.R.A. y E.P.B.C., se considera la instalación de botones de paro de emergencia en las áreas de almacenamiento, recepción, entrega, oficina de operación y torre de control.

El sistema de control debe ejecutar el paro de emergencia operativo a solicitud del subsistema de seguridad y contra incendios, cuando se presente un evento no deseado.

El paro de emergencia operativo deberá ejecutar las siguientes acciones:

#### **(Recepción, almacenamiento y entrega):**

##### **Área de Recibo.**

- a) Suspensión de las operaciones de recibo por tubería.
- b) Suspensión de las operaciones de descarga de buque tanque y paro del equipo de bombeo del buque.
- c) Cierre de las válvulas de recibo de productos del sistema de recibo por tubería hacia los tanques de almacenamiento.
- d) Suspensión de las operaciones de recibo por autotanque y paro del equipo de bombeo en el patín de descarga.

e) Cierre de las válvulas de recibo de gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel y Turbosina del sistema de recibo por autotanque hacia los tanques de almacenamiento.

**Área de Almacenamiento.**

- a) Suspensión de las operaciones de recibo (buque tanque o autotanque) y paro del equipo de bombeo.
- b) Cierre de las válvulas, manifold de entrada de producto a tanques.
- c) Cierre de válvulas a pie de dique y pie de tanques.

**Área de Entrega.**

- a) Suspensión de las operaciones de carga de autotanques y paro del equipo de bombeo.
- b) Suspensión de las operaciones de envío por ducto y paro del equipo de bombeo
- c) Cierre de las válvulas casa de bombas descarga a llenaderas de autotanques y poliducto en los tanques de almacenamiento.
- d) Cierre de válvulas a pie de dique y pie de tanques que se está despachando.

**Sistema contra - incendio (descripción).**

El Proyecto T.M.R.A. y E.P.B.C., contará un Sistema Contra incendio en las áreas de almacenamiento, recepción, entrega y servicios complementarios, diseñado y construido con base a las recomendaciones del Análisis de Riesgos y Análisis de Consecuencias, NFPA 11, Sección 7 API 2610, NFPA 14, NFPA 15, NFPA 20, NFPA 22, NFPA 25 Y NFPA 30 y con las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

**UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP**

---

**Fuente:** Memoria descriptiva de T.M.R.A. y E.P.B.C.

***Criterios de diseño del sistema contra - incendio.***

El Sistema Contra incendio en su diseño, contará con un tanque de almacenamiento de agua dulce dentro de la instalación terrestre de la Terminal únicamente para la bomba jockey, misma que debe tener una presión de descarga igual a la presión a gasto cero de las bombas contra - incendio principales y redundantes (relevo); estar instrumentadas con un paro automático, que actúe cuando en la red contra - incendio se registre una presión igual a la presión de gasto nulo (140 por ciento máximo de la presión nominal) más la presión estática de la bomba principal; así como un arranque automático que se accione cuando dicha red registre una presión al menos de 68,9 kPa (0,7 kg/cm<sup>2</sup>;10 lb/pulg<sup>2</sup>) debajo de la presión de paro de la bomba de mantenimiento de presión "jockey".

Un cobertizo contra incendio, sistema de bombeo, instrumentación, red de agua contra incendio, equipo generador y de aplicación de espuma y extintores que estará ubicado en la parte sur este del muelle marginal.

En todo el proyecto se seguirá lo establecido en la Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales, y en lo que esta no establezca se estará a lo indicado en términos del API 2610.

***Cobertizo contra incendio:***

La T.M.R.A. y E.P.B.C., considera en su diseño un área de cobertizo contra incendio, donde estará ubicado el equipo de bombeo para el suministro de agua y espuma, con las siguientes características:

Considera un espacio para el personal de operación, cuarto eléctrico, sanitarios, área para el equipo de protección personal de la cuadrilla de bomberos, área para el equipo de bombeo principal, paquete de presión balanceada, bomba jockey, bodega cerrada con estantería para los accesorios contra incendio (mangueras, boquillas, extintores, trajes contra incendio, equipo de respiración autónomo) y una bodega abierta para almacenamiento de tambores de líquido espumante AR AFFF.

***Plano general del sistema contra incendio; ubicación tanques de agua, monitores, rociadores y bombas.***

De acuerdo al plano del sistema contra - incendio de planta S-001 la T.M.R.A. y E.P.B.C., el cobertizo contra incendio se localizará en la parte sur este del muelle marginal para que este suministre agua salada a la red y al paquete agua-espuma para atender el riesgo mayor y la bomba "Jockey" de presurización del sistema en la parte sur-oeste de las instalaciones en tierra.

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

---

***Suministro de agua (criterios de diseño).***

El agua contra incendio para la T.M.R.A. y E.P.B.C., será agua de mar, a través de equipos de bombeo ubicados en el lado suroeste del muelle marginal considerando equipo tanto principal como de respaldo.

En ambas instalaciones no se consideran tomas al exterior de la terminal para el abastecimiento por camiones cisterna.

***Tanques de almacenamiento o fuente de agua natural o de agua contra incendio (cobertizos contra incendio, criterios de diseño).***

Por su ubicación geográfica y por tener acceso al agua de mar, el suministro principal de agua contra incendio será agua de mar, para lo cual se construirá un cobertizo contra incendio sobre una plataforma, donde se ubicarán 2 (dos) bombas verticales de capacidad por definir según el cálculo de riesgo mayor, y se ubicara al lado sur oeste del muelle marginal existente. Además, se contará con un tanque de agua contra incendio de capacidad por definir, con la finalidad de mantener la red cargada con agua dulce para disminuir la corrosión y contrarrestar la formación de materia orgánica.

***Sistema de bombeo para servicio contra incendio (criterios de diseño).***

La T.M.R.A. y E.P.B.C., considera en su diseño, un sistema de bombeo para suministrar el flujo de agua que demanda la protección para el escenario más crítico de la instalación.

Contará con sistema de bombeo de agua de mar contra incendio para las operaciones en tierra y en la plataforma de operación en el muelle marginal, mismo que será diseñado de acuerdo a la ingeniería de la especialidad, considerando equipo principal y de relevo y será operada con motor eléctrico y/o con motor de combustión interna.

El diseño del equipo de bombeo será de acuerdo con la memoria de cálculo hidráulico correspondiente, contará con un tablero de control y sistema automático en el arranque. Este conjunto deberá cumplir con la normatividad vigente indicada en la NFPA 20, NFPA 22, NFPA24, NFPA 25 Y NFPA 30 y con las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

La terminal marítima de almacenamiento, recepción y Entrega de combustibles en Baja California contará con una Bomba "jockey" para mantener la presión en la red de contra incendio. Las conexiones ramal-cabezal de succión y descarga de los equipos de bombeo deberán ser con accesorios a 45°, con el fin de evitar taponamientos hidráulicos.

En la tubería de succión y descarga, se considera en su diseño el diámetro necesario para conducir el 150% de la suma del gasto nominal de todas las válvulas principales en conjunto.

***Instrumentación (criterios de diseño).***

La red contra incendio de la terminal marítima de almacenamiento, recepción y Entrega de combustibles en Baja California estará instrumentada para mantenerse presurizada, mediante el arranque y paro automático por medio de la bomba sostenedora de presión "Jockey" y el arranque del equipo de bombeo principal y de respaldo en secuencia, los cuales se accionarán a través de los

tableros de control, por la caída de presión ante la apertura de la válvula de suministro de agua o agua-espuma.

Las bombas de agua contra incendio, incluida la bomba "Jockey", contarán cada una, con un controlador para el arranque automático, listado y aprobado por UL/FM o equivalente, específicamente para servicio de bombas contra incendio impulsadas por motor eléctrico o de combustión interna, según sea el caso y cumplir con las especificaciones de NFPA 20 y las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

Cada bomba de contra incendio, incluyendo la bomba sostenedora de presión "Jockey", debe contar con una toma de presión para el arranque automático, conectada al controlador en forma independiente, cuya conexión está entre la válvula de retención (Check) y la válvula de bloqueo.

Los controladores de las bombas deben estar identificados como "Controlador eléctrico para bomba contra incendio" o "Controlador de motor diésel para bomba contra incendio", además de indicar la presión nominal, presión operativa y clasificación eléctrica.

El gabinete del controlador será a prueba de goteo y de acuerdo con la clasificación de áreas, del medio ambiente y tendrá conexión a tierra, cumpliendo con lo indicado en la norma NOM-001-SEDE-2012 y NFPA. El controlador de los motores debe contar con un selector de arranque para la operación manual o automática, y un sistema de alarma y señales visibles y audibles, que indiquen fallas en el equipo, cumplirá con las siguientes condiciones:

*Para motor eléctrico:*

- Motor en funcionamiento. La señal debe activarse cada vez que el controlador opere en condición de motor encendido.
- Pérdida de fase. La alarma de encendido debe activarse cada vez que se pierda cualquier fase en la terminal de línea del contactor del motor, independientemente de si el motor está en operación o no.
- Inversión de fases. De la fuente de energía a la cual se encuentran conectadas las terminales de línea de contactor del motor.
- Falla en el arranque de la unidad de bombeo.
- Interruptor abierto.
- Falla de energía eléctrica.
- Lámpara para indicar que el interruptor está cerrado y que hay energía disponible para arrancar el motor.
- Lámpara piloto para indicar posición de arranque automático o manual.

*Para motor diésel:*

- Lámpara piloto para indicar posición de arranque automático o manual.
- Lámpara piloto y voltímetro en la batería de alimentación, indicando la carga de la batería y su conexión al control.
- Baja presión de aceite en el sistema de lubricación
- Alta temperatura del refrigerante

- Falla en el arranque automático del motor
- Bajo nivel de combustible en el tanque de la unidad
- Apagado por sobre velocidad del motor
- Para el motor de combustión interna, contará como mínimo con los siguientes dispositivos de protección:
  - Alarma por baja presión de aceite
  - Alarma por alta temperatura de aceite
  - Alarma por alta temperatura del refrigerante del motor
  - Alarma por bajo nivel de aceite
  - Alarma por falta de precalentamiento del motor
  - Paro automático por sobre-velocidad (para motores mayores de 200 H. P.) Alarma por bajo nivel de combustible en el tanque de la unidad
  - Alarma por falla en el arranque automático del motor
  - Lámpara piloto para indicar posición de arranque automático o manual
  - Lámpara piloto y voltímetro en la batería de alimentación, indicando la carga de la batería y su conexión al control
  - Alarma visible por falla o falta de las baterías
  - Indicador visible por falla en el cargador de baterías

***Red de agua contra incendio y equipos de aplicación (criterios de diseño).***

El diseño de la red de agua contra incendio de la T.M.R.A. y E.P.B.C., en las áreas de almacenamiento, recepción, entrega y servicios complementarios, cumplirá con las especificaciones de NFPA 24 y las Normas Oficiales Mexicanas, NOM - 006-ASEA-2017 Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

La red de agua contra incendio se diseñó para manejar una presión mínima de 686 kPa. (7 kg/cm<sup>2</sup>), la cual se debe mantener en el punto hidráulicamente más desfavorable y de acuerdo con la memoria de cálculo.

Para la ubicación y configuración de la red, en el diseño se consideró que, para minimizar los riesgos por radiación, por sobre presión por explosión, impactos por vehículos u otros factores que pongan en riesgo la integridad mecánica de la tubería, ésta se debe instalar subterránea.

- Para el diseño de la red de agua contra incendio, se debe considerar la demanda de agua para atender el riesgo mayor en el sitio donde ocurre este evento; en el área de almacenamiento se contará con sistemas de enfriamiento por medio de un anillo periférico para la aplicación de agua por medio de monitores o líneas de mangueras y en el área de recepción y entrega contará con sistemas de aspersión de agua-espuma y con una toma siamesa.

- La red de agua contra incendio contará con válvulas de seccionamiento identificadas y localizadas en los puntos apropiados que permitan sectorizar o aislar el sistema en anillos y tramos de tubería, sin dejar de proteger ninguna de las áreas o equipos que lo requieran, para fines de mantenimiento o ampliación, así como para conducir preferentemente el agua hacia el área o equipos a proteger; considerando su ubicación en lugares de fácil acceso y protegidas contra golpes

donde se requiera, tomas para camión, tomas para monitores-hidrantes, tomas de alimentación a sistemas de aspersión y tomas de alimentación a sistemas de espuma.

***Sistema contra incendio en zona de almacenamiento (criterios de diseño).***

El diseño del Sistema de espuma contra incendio, en la zona de almacenamiento de petrolíferos, estarán protegidos con espuma de baja expansión a base de líquido espumante Alcohol Resistant Aqueous Film Forming Foam (AR AFFF) con dosificación del 3% al 6%, mediante paquete generador de espuma conectado a la red contra incendio, con capacidad suficiente para 6 horas de operación continua y para el riesgo mayor. La aplicación de espuma es a través de cámaras de espuma (inyección superficial) y/o formadores de alta contrapresión (inyección subsuperficial), se aplicará un recubrimiento externo e interno adecuado para evitar la corrosión en el mismo.

Contará con anillos de enfriamiento para el suministro y aplicación de agua de enfriamiento.

El diseño de los sistemas de aspersión para la protección de la exposición al fuego o radiación de tanques atmosféricos, debe considerar la densidad de aplicación de agua la cual nunca debe ser menor a 4,1 lpm/m<sup>2</sup> (0,1 gpm/ft<sup>2</sup>) con una presión mínima de descarga en la boquilla más lejana de 4,22 kg/cm<sup>2</sup> (60 psi) y velocidad máxima de flujo para agua dulce, de 6,09 m/s (20 ft/s) y en caso de agua salada, debe ser de 4,57 m/s (15 ft/s).

***Sistema contra incendio en zona de recepción y entrega (criterios de diseño).***

En las áreas de Recepción y Entrega, en su diseño se contará con sistema de rocío agua-espuma y/o la aplicación de espuma mediante monitores y líneas y mangueras.

***Equipo generador y de aplicación de espuma contra incendio en almacenamiento, recepción y entrega (criterios de diseño).***

La T.M.R.A. y E.P.B.C., en las áreas de almacenamiento, recepción y entrega contará con un sistema de protección con espuma, diseñado y construido con base a las recomendaciones del Análisis de Riesgos y Análisis de Consecuencias, NFPA 11, NFPA 16, NFPA 30 y las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales

El diseño del Sistema de Espuma contra incendio, contará con un paquete generador de espuma y la Entrega será a través de un cabezal con líneas independientes para la aplicación de espuma de manera que puedan ser seccionados los tanques o zonas que requieran de esta protección.

---

**Extintores (criterios de selección y diseño).**

Se proveerán extintores de la dimensión y tipo apropiados según el análisis de riesgo para la carga de autotanques y las áreas de descarga de autotanques cumpliendo con lo establecido en la NOM-002-STPS vigente o la que la sustituya además de aquellas que resulten aplicables.

**Sistema de protección contra incendio en cuartos cerrados (criterios de diseño).**

Se deberá contar con un sistema de protección a base de agente limpio en cuarto de telecomunicaciones, SITE del edificio administrativo, así como en el cuarto de control de operaciones.

**Sistema de detección de humo, gas y fuego (descripción).**

La T.M.R.A. y E.P.B.C., contará en su diseño con un Sistema de Detección de humo, gas y fuego, en la zona almacenamiento, zona de recepción, zona de entrega y áreas complementarias, diseñado y construido con base a las recomendaciones del Análisis de Riesgos y Análisis de Consecuencias, las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

**Criterios de diseño del sistema de detección de humo, gas y fuego.**

Considerar Cuarto de cómputo para un sistema de gas y fuego, área para operador de sistema automático de contra incendio.

El sistema de detección de humo, gas y fuego estará diseñado para monitorear, alertar y suprimir eventos causados por la fuga de gases y/o mezclas explosivas de hidrocarburos y fuego.

Tablero de **detección de humo** para señales de los dispositivos de detección y alarma en interior de edificios.

Los tableros de detección estarán instalados en las siguientes áreas:

- Oficinas administrativas generales.
- Torre de control.
- Caseta de vigilancia.
- Subestación eléctrica y CCM.
- Oficina de mantenimiento.
- Bodega de materiales.
- Laboratorio de control de calidad.
- Baños y vestidores generales.
- Oficina de recibo y medición.

*Detectores de flama.*

Deben de ser del tipo sensores UV/IR, localizados estratégicamente en:

- Llenaderas de autotanques.
- Descargaderas de autotanques.
- Áreas de bombas de proceso
- Área de tanques de almacenamiento de productos.
- Almacén de residuos peligrosos
- Patín recibo y medición.
- Patín de envío y medición del poliducto.

Se instalarán alarmas sectoriales (semáforos) con color verde, ámbar y rojo, a su vez identificándolos con alarmas de sonido sectoriales incluyendo generador de tonos.

Se instalarán detectores de fuego, alarmas audibles y visibles y estaciones manuales de alarma.

**Frentes de ataque (criterios de diseño).**

---

En su diseño la terminal marítima de almacenamiento recepción y Entrega de combustibles en Baja California considerará los frentes de ataque de acuerdo con la capacidad nominal de los tanques de almacenamiento y a las recomendaciones del Análisis de Riesgos y Análisis de Consecuencias desarrollado para el proyecto.

Contará con al menos dos frentes de ataque para cada tanque en la zona de almacenamiento, un frente de ataque en casa de bombas, un frente de ataque en zona de recepción y un frente de ataque en zona de entrega, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

***Sistema de protección ambiental (descripción).***

La T.M.R.A. y E.P.B.C., estará dando puntual cumplimiento a lo establecido en el numeral 9.3.10 de las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales, como a continuación se describe.

Se considera en el diseño la prevención de derrame de producto y la prevención de que dicho derrame de producto alcance el medio ambiente local en apego a lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales esto mediante la construcción de diques en área de tanques de almacenamiento, sardineles en casa de bombas, y una red de drenaje aceitoso que cubre la totalidad de las áreas operativas.

***Aire (Criterios de diseño).***

Considerando como impactos prioritarios la emisión de partículas, gases de combustión, ruido debido a la etapa de preparación del sitio donde se efectuarán las obras que comprende el desarrollo del proyecto, se consideran las siguientes medidas:

Gases de Combustión. Se tendrá especial cuidado para que los vehículos y maquinaria a contratar observen en tiempo y forma los programas de verificación vehicular que se encuentren vigentes, antes y durante la ejecución de las obras, tal y como lo establece el artículo 28 del Reglamento de la LGEEPA en materia de prevención y control de la contaminación de la atmosfera y la siguientes Normas Oficiales Mexicanas NOM041-SEMARNAT, NOM-043-SEMARNAT, NOM-044-SEMARNAT.

***Unidad Recuperadora de Vapores (URV) (criterios de diseño).***

El proyecto de la T.M.R.A. y E.P.B.C., contará con un sistema de recuperación de vapores en cada una de las posiciones de carga de autotanques que también estarán equipadas con el sistema de llenado por el fondo, con el fin de mantener las emisiones por debajo del límite de los 80 ppm en cumplimiento a la NOM-004-ASEA-2016, mediante tecnologías de recuperación por el proceso de adsorción-absorción.

***Agua (criterios de diseño).***

Se diseñarán las instalaciones para drenar agua contaminada de áreas de potencial derrame de hidrocarburo mediante una ruta controlada por medio de una red segregada de drenaje aceitoso hacia una planta de tratamiento de aguas residuales como parte de este proyecto en el área de la terminal esta estarán acorde a las NOM-001-SEMARNAT, NOM-002-SEMARNAT y NOM-003-SEMARNAT vigentes, en lo que resulten aplicables.

Este sistema cumplirá con todas las regulaciones y especificaciones bajo el manual producido por la American Petroleum Institute: "Manual of disposal of refinery waste API". La teoría de separación del sistema se basa en la velocidad de ascensión de los glóbulos de aceite (velocidad vertical) y su relación con la velocidad de carga superficial del separador. Esto determina con seguridad que las partículas de aceite serán suspendidas en la parte superior para su remoción.

***Suelo, subsuelo y mantos acuíferos (criterios de diseño).***

Como medida de prevención en la etapa de construcción se cuidará el manejo de los cementantes, los cuales deberán resguardarse en bodegas y el personal de obra evitará el derrame accidental o irresponsable de los aglutinantes como cemento, cal, morteros, las bolsas de estos materiales deberán recolectarse y depositarse en un lugar específico para evitar su dispersión.

Los residuos sólidos de acero (varilla, alambre, alambazón), deberán ser recolectados y enviados a un área de acopio para su reutilización o en su caso serán confinados para su traslado a los sitios que determinen las autoridades municipales, los desechos de madera para cimbra que ya no sea útil para la actividad constructiva, se recolectará y enviara al área de acopio de residuos de obra para su disposición final.

Los materiales de desecho producto de los trabajos realizados con morteros y concretos serán recolectados permanentemente durante el tiempo que dure la obra hasta su limpieza y entrega de obra, estos desechos sólidos serán confinados para sus traslados a los sitios que determinen las autoridades municipales, cumpliendo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos.

***Residuos peligrosos (criterios de diseño).***

Se ha diseñado el área para el almacén de residuos sólidos y peligrosos de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

**I.1.1. Proyecto civil.**

A continuación, se describen las especificaciones del proyecto civil de la T.M.R.A. y E.P.B.C., de acuerdo con las bases de diseño antes mencionadas.

PREPARACIÓN DEL SITIO

Para la preparación del sitio que fue elegido para la instalación de la T.M.R.A. y E.P.B.C., se requerirá de la **Demolición de domo**, así como **Áreas Generales Cementera** en el polígono Mz-9 (mismo que actualmente está ocupado por un **Centro de Distribución de Cemento Apasco**), además de **Áreas de Taller, Áreas Generales, y Áreas de Botadero de Operadora Portuaria y Marítima** Polígono C7 (mismo que actualmente se encuentra con Uso Industrial- Portuario) para posteriormente sustituir dicha infraestructura por las instalaciones que conformaran la T.M.R.A. y E.P.B.C., los niveles de construcción son los que rigen en el proyecto constructivo. Las plataformas, terracerías, y capas base serán construidas utilizando materiales pétreos compactables "turcaguay" de acuerdo a las especificaciones de proyecto y estudio de mecánica de suelos.

**Recursos alterados.** Los recursos que se alterarán principalmente son: la infraestructura actual con Uso industrial – portuario, cabe hacer la aclaración que el suelo ya había sufrido alteraciones, pues se ubica en una zona marítima – portuaria. Por ende, **al no existir vegetación primaria esta no se altera** puesto que el área se encuentra desprovista de ésta, sin embargo, en el proyecto se contempla una superficie para área verde en **1,526.65 m<sup>2</sup>**.

El área que será afectada para el desarrollo del proyecto **39, 896.901 m<sup>2</sup>**, misma que está conformada a su vez, por superficies parciales enlistadas en la tabla 11, se trató de manera local (dentro de dicha superficie del proyecto), y como se cita en el programa de obra; la demolición y movimiento de escombros (sustitución de suelo por material inerte con resistencia mecánica al ser compactado para soportar las cargas de la infraestructura a establecer) se realizará en las zonas de circulación para preparación de pavimentos y para desplante de las instalaciones de la T.M.R.A. y E.P.B.C., mientras el suelo vegetal de ser el caso se reubicará a aquellas áreas destinada como áreas verdes.

Las actividades que integran la etapa de preparación del sitio son las siguientes:

#### TRAZO Y NIVELACIÓN.

Las áreas a trazar y nivelar son: Área de pavimento asfáltico, Área de pavimento de concreto hidráulico, Área de llenaderas y descargaderas de autotanques y Área de tanques de almacenamiento.

Esta actividad considera la determinación en campo de los puntos y niveles del proyecto que permitan reponer el trazo de las nivelaciones durante la etapa de construcción.

Se colocarán bancos de nivel, se corroborarán las nivelaciones y los puntos donde se producen cambios de pendientes sobre los ejes del trazo.

El personal de calidad verificara que se cuente con el certificado de calibración vigente de los equipos de medición siguiente: estación total, tránsito, nivel, balizas estatales etc.

El trazo previo a iniciar las obras tiene como objetivo asegurar que las edificaciones a construir, las instalaciones y equipo a montar sean ubicadas en el sitio indicado y localización exacta marcando los límites del área de interés con bases fijas que pueden servir como referencia en trazos posteriores.

Se deben realizar todos los trazos que se requieren de acuerdo con las necesidades establecidas en los documentos de ingeniería aprobados para construcción de revisión más actual del proyecto.

Se determinan los perfiles de terreno que sean necesarios para obtener las alineaciones y rasantes en los puntos necesarios para que con el auxilio de los planos de detalle se pueda proceder a realizar los trabajos de cimentación de la edificación, bases o estructuras de equipos.

---

Se señalará una línea de nivel invariable (banco de nivel) que marcará el plano horizontal de referencia para el resto de trabajo a realizar en la obra, se localiza en el área destinada a la construcción del proyecto el punto y/o puntos de partida así como el banco de nivel que en los documentos de ingeniería del proyecto proporcionan como referencia de inicio del proyecto, para tomarlos y trasladarlos a lugar de trabajo como base, posteriormente se realizarán los trazos y localización de los demás puntos de referencia y control necesarios para la ejecución del proyecto.

En cuanto a la **Obra civil**, de las instalaciones que conforman el proyecto de la T.M.R.A. y E.P.B.C., mismas que serán las áreas de: Recibo y despacho de autotanque, CCM y Torre de control, Caseta de vigilancia, Área de tanques de almacenamiento, Cobertizo de sistema contra incendio, Barda perimetral, Trincheras, Muretes para soportería de tubería, Drenaje pluvial y aceitoso, así como Drenaje pluvial y aceitoso.

En cuanto a la **obra mecánica** la T.M.R.A. y E.P.B.C., implicará la instalación de equipos como son: tubería de recibo, válvulas y accesorios de descarga, tuberías de llenaderas a casa de bombas, brazos de carga, instalación de bombas de recibo, instalación de bombas de llenaderas, tuberías de recibo hasta área de tanques, tuberías área de tanques hasta casa de bombas, tuberías de casa de bombas a llenaderas, tuberías del sistema contra incendio, así como conexión de tuberías en tanques.

De igual manera, se construirán en el **área de almacenamiento** de combustibles en la T.M.R.A. y E.P.B.C., los siguientes tanques verticales.

La instalación eléctrica de la T.M.R.A. y E.P.B.C., está constituida con los siguientes componentes y características: media tensión aérea, media tensión subterránea, sistema de tierras, banco de ductos de baja tensión, banco de ductos de alumbrado, cableado, instalación de CCM, instalación de generador, instalación de equipos de medición, alumbrado perimetral, asimismo se realizarán las pruebas de equipos y cables, la documentación de obra ejecutada, verificación de obra ejecutada.

La **Instrumentación y control** de la T.M.R.A. y E.P.B.C., se desarrollará instalación de: respaldo de energía, patines de medición recibo, patines de medición llenado, instalación de equipo de control de recibo, Instalación de equipo de control de llenado, Instalación de equipo de control de recibo, Instalación de equipo de control de llenado, Instalación de control de accesos, Instalación de control de paro de procesos, Pruebas de comunicaciones, Prueba en vacío de equipos, Prueba de software, Prueba integral en vacío.

Para el **sistema contra incendios** de la T.M.R.A. y E.P.B.C., se requerirá e instalará: suministro de equipos, suministro de tuberías y accesorios, armado de equipos en cobertizo de bombas, construcción de tanque de agua, instalación de SCI - alimentación principal a bombas, instalación de SCI - área de llenaderas y recibo de autotanques, Instalación de SCI - Área de almacenamiento,

---

instalación de SCI - línea de monitores, instalación de SCI - Recibo y medición de por buque tanque, pruebas integrales y entrega de planos As built.

Para el **sistema de gas y flama** de la T.M.R.A. y E.P.B.C., se instalará en: caseta de seguridad - Red exterior, torre de control y casa de bombas, tanques de almacenamiento y llenaderas, red exterior, sistema de detección de temperatura, detección de gases combustibles y flama.

#### ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.

Inicialmente sobre el terreno ya preparado se construirán pavimentos y pisos con las siguientes características:

**Pisos de Concreto Hidráulico para tránsito pesado (Autotanques dobles capacidad máxima 63,000 litros.) y semipesado (Autotanques 20,000 litros.).** - La calidad de concreto será de acuerdo a las especificaciones de la normatividad vigente aplicable y cálculos correspondientes de acuerdo al diseño de obra civil.

Se instalará esta calidad de pisos en el área de llenaderas de autotanques y descargaderas de buque tanques, descargaderas de autotanques, áreas de circulación de la entrada y salida de los equipos de abastecimiento.

**Pisos de Concreto Hidráulico para tránsito ligero.** - La calidad de concreto será de acuerdo a las especificaciones de la normatividad vigente aplicable y cálculos correspondientes de acuerdo a las bases de diseño.

Se aplicará en el área de: estacionamiento interior y exterior de autotanques, área de maniobras de bodega y taller de mantenimiento.

**Pisos de Concreto Asfáltico.**- Se tendrán pavimentos con carpeta asfáltica para tránsito pesado, en la avenida principal de acceso a la Terminal, desde el entronque de la carretera, y hasta el límite de terreno, así como en el estacionamiento para los trabajadores.

Una vez desarrollados los pisos y pavimentos se desarrollarán los edificios e instalaciones para conformar la construcción de una terminal de manejo de fluidos, específicamente gasolinas, diésel y turbosina, donde se llevará a cabo el recibo por medio de buque tanques, almacenamiento en tanques verticales tipo API, y su Entrega a través de autotanques a toda la zona de influencia, así como el servicio de almacenamiento, manejo, y operaciones de transferencia de custodia para operadores independientes.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.

---

De conformidad con el estudio topográfico y de mecánica de suelos, la primera fase de construcción consiste en la demolición, trazo y niveles, y construcción de terracerías y plataforma, considerando los niveles para las siguientes áreas: área de tanques, casa de bombas y llenaderas.

La siguiente etapa será la construcción de las cimentaciones de los tanques de almacenamiento, simultáneamente con la construcción de los drenajes pluvial y aceitoso, trincheras para paso de tuberías de producto y alimentación eléctrica.

La obra electromecánica iniciara con la construcción de los tanques de almacenamiento, para de ahí continuar con el tendido de tuberías de producto y construcción de la red de contra incendio, finalizando con las pruebas no destructivas que se requieran para los tanques y tuberías.

En la siguiente etapa, se considera la instalación y montaje de los equipos electromecánicos, tales como bombas centrifugas, patines de medición, válvulas motorizadas y en general el sistema de automatización y control.

El área de almacenamiento contará con **06 tanques para el almacenamiento tipo vertical (tv)** en la 1er. Etapa para gasolinas (Regular y Premium), así como Diésel y Turbosina, además de un tanque más en Etapa 2 **tipo vertical (tv) 1,590 m<sup>3</sup> (10,000 barriles)** para Producto no conforme, los cuales estarán equipados con membrana interna flotante.

Para la **entrega de los combustibles** (gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel y Turbosina) en la **Etapa 1; a través de** autotanques, se construirán **llenaderas** que permitirá medir volumen, presión y temperatura del producto a cargar, mediante un **patín de medición** desde que inicia hasta que termina la carga (**Fuente:** Menoría técnica del proyecto T.M.R.A. y E.P.B.C.).

También para la **segunda Etapa a futuro** se tiene contemplado la **entrega de productos** a través de la interconexión al poliducto de Pemex Rosarito-Ensenada.

En este caso, el sistema de automatización de operaciones **contempla la instalación de instrumentos y equipos** en las áreas de envío y medición **en casa de bombas para el poliducto**, llenaderas de autotanques, la cual agrupa las posiciones de carga en islas de llenado, ubicadas en una nave o cobertizo dentro de las instalaciones.

Para la entrega de gasolinas y diésel por medio de poliducto, **se instalará un sistema de envío y medición** que será monitoreado en tiempo real por el sistema SCADA de la terminal.

El equipo encargado de controlar la carga y registrar todas las variables del patín de medición en cada posición de llenado se denomina Unidad de Control Local (UCL) ó predeterminado de llenado (preset).

---

Todas las Unidades de Control Local se encuentran unidas a través de un lazo de comunicación que envía sus señales al siguiente nivel de acuerdo a la arquitectura del Sistema de automatización de operaciones, en este caso el controlador de planta.

Si alguna de las unidades de control local llegara a fallar, no deberá interrumpirse el funcionamiento de las otras, ni la comunicación de estas con el controlador de planta.

#### CONSTRUCCIÓN DEL ÁREA DE RECIBO:

En la **Etapa 1**, la T.M.A.R. y E.P. B. C. **recibirá por dos** medios: gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel y Turbosina:

**Buque tanque** como **medio principal**, contando para el atraque, amarre y descarga, un sistema de brazos de carga marino para cada producto instalados en la plataforma de operación del **muelle de tipo marginal**. La operación de **descarga de buque tanques** para gasolinas, diésel y turbosina tendrá la capacidad de operar 24 horas al día con **(1) posiciones de descarga desde el muelle marginal**, facilitando la descarga de los 75,000 BPD (11,925,000 litros por día) de entrada. Para este proyecto se considera **04 Brazos de carga Marino de 10" de diámetro** para flujos de **596 m<sup>3</sup>/hr** (4,000 barriles/hora) cada uno.

**Autotanques** como **medio alterno** en caso de que las condiciones climáticas no permitan la descarga de buque tanques o por razón de mantenimiento del sistema principal de recibo.

Para la 2da. Etapa se podrá recibir la gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel y Turbosina por Buque tanque como medio principal, contando para el atraque, amarre y descarga un sistema de monoboya.

Cada sistema de recepción contará con patines de medición, en donde se tendrá en tiempo real la medición de volumen, temperatura, densidad y presión del producto.

---

## CONSTRUCCIÓN DEL ÁREA DE ALMACENAMIENTO:

### ***Criterios de diseño en área de almacenamiento de petrolíferos.***

Para el diseño de la T.M.A.R. y E.P. B.C., en el área de almacenamiento, se considerará las recomendaciones derivadas del análisis de riesgos y análisis de consecuencias, elaborado por personal especializado en la materia, memorias de cálculo y diseño, manifiesto de impacto ambiental y los requerimientos Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017 Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

### ***Criterios de diseño en cimentación.***

El diseño de la cimentación de los tanques de almacenamiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C., será calculada acorde con la memorias de cálculo y diseño estructural elaborado y aprobado por el proyectista, en base al resultado del estudio de mecánica de suelos, sismicidad de la zona, vientos dominantes, el peso del tanque y del producto a almacenar y los factores de seguridad correspondientes, dando cumplimiento a las Normas Oficiales Mexicanas, NOM - 006-ASEA-2017 Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

### ***Criterios de diseño en diques de contención.***

El área de almacenamiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C., en su diseño contará con diques de contención contra derrames.

La capacidad volumétrica del dique de contención que en su interior albergue un solo tanque de almacenamiento de Producto debe ser como mínimo 1.1 veces la capacidad del tanque, incluyendo mochetas, tuberías, válvulas y escaleras.

Para el dique de contención que en su interior albergue varios tanques de almacenamiento, su volumen de contención debe ser la capacidad nominal del mayor tanque, más la cantidad de agua anticipada ante un mayor evento pluvial típico en la zona.

Se diseñarán y construirán para contener y resistir la presión lateral que les pueda transmitir la altura hidrostática, considerando el líquido almacenado como agua.

Para el diseño de los diques de contención serán calculados acorde con la memoria de cálculo y diseño estructural, elaborado y aprobado por el proyectista, en base al resultado del estudio de mecánica de suelos, sismicidad de la zona, vientos dominantes y los factores de seguridad correspondientes, con juntas de expansión de acero inoxidable para absorber las contracciones y expansiones térmicas, conservando la hermeticidad en estas. En los cruces de tubería a través del muro de contención se realizará sellando el claro alrededor de las tuberías por medio de emboquillado, con materiales resistentes a los hidrocarburos y al fuego.

Los patios internos de los diques de contención serán de concreto armado con una pendiente mínima de 1 % que permita el libre escurrimiento de líquidos hacia registros de drenaje industrial. En el patio interior de los diques que contengan varios tanques de almacenamiento, se construirán muros

---

intermedios de concreto armado de 0.45 m de altura con el fin de prevenir que un pequeño derrame ponga en peligro la integridad de los otros tanques dentro del dique. Cada una de las subdivisiones señaladas debe tener un sistema de drenaje pluvial y aceitoso independientes. De conformidad con las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

#### ÁREA DE OFICINAS ADMINISTRATIVAS, VIGILANCIA Y SEGURIDAD:

**Oficinas administrativas.** – Las oficinas generales y debe contar con los espacios suficientes.

El diseño debe considerar espacio privado para una Gerencia y cubículos privados para Administración, Operación, Mantenimiento, Contabilidad, Seguridad, Sala de Juntas para 15 personas, bodega para archivo, aula de capacitación para 20 personas, área para comedor para 10 personas, cocineta equipada, sanitarios para hombres y mujeres.

La oficina del Gerente, tendrá vista panorámica hacia las áreas de llenaderas, descargaderas y tanques de almacenamiento, así mismo: el cubículo para el consultorio también debe considerar una salida de emergencia hacia las áreas de llenaderas y descargaderas.

Se debe incluir en el diseño de este edificio, dos accesos ubicados en lados opuestos, las puertas de acceso y salida deben ser de doble cristal, automáticas, las puertas para las áreas administrativas en el interior de este edificio, se deben considerar de madera, a excepción de las áreas de servicios, que serán a base de Tableros de aluminio y vidrio.

**Caseta de vigilancia y control de acceso.** - Estará ubicada en la entrada de la Terminal con un área aproximada de un solo nivel, considerando espacio para la instalación de un tablero de monitoreo y equipo del CCTV, área para almacenar equipo de seguridad como cascos, ropa de algodón, artículos de limpieza, baño para una persona (W.C. y lavabo) y cuarto de UPS no requiere falso plafón ni piso falso, las puertas y sus marcos deben de ser de aluminio. Su diseño debe considerar 1 usuarios por turno.

Se tendrá el control de acceso con puerta peatonal y rehilete de cuerpo completo, operada con tarjeta electrónica y manualmente en caso de ser necesario con redundancia a huella digital, además de un sistema de plumas y estaciones de tarjetas lectoras para la entrada y salida de los autos tanques.

**Torre de control.** - Diseñar el edificio en dos niveles; planta baja con cuarto eléctrico, baño de uso común (W.C. y lavabo); en la planta baja estará el ingeniero de línea. Considerar 2 personas en planta baja.

La torre de control diseñada con espacio en planta alta para la instalación de un tablero de control y espacio para dos personas, debe tener acceso visual hacia las áreas de llenaderas, descargaderas y del patio de tanques de almacenamiento. Considerar 2 personas en planta alta.

---

**Baños y vestidores generales.** - Estas instalaciones se diseñarán para los servicios de 10 persona con separación de los servicios para 6 hombres y 4 mujeres, con área de vestidores con lockers y puertas de aluminio, bancas de concreto con acabado cerámico, servicio de agua fría y caliente, contemplando la opción de utilizar, para efectos de ahorro de energía un set de panel solar. En mingitorios, con operación electrónica, con pisos de losa cerámica antiderrapante sin plafón las puertas con sus marcos de aluminio.

#### INSTALACIÓN ELÉCTRICA:

La Subestación eléctrica de CFE será la más cercana al sitio potencial del circuito de media tensión de la zona, por lo que es la que suministrará la energía eléctrica para el proyecto, dicha subestación esta interconectada con el sistema nacional de Entrega de energía eléctrica. Esta acometida estará formada por una línea aérea trifásica en media tensión de 13,2 kV, 3 fases, 3 hilos, 60 hz, para alimentar la carga total requerida.

El circuito alimentador de la acometida dentro de las instalaciones de la T.M.R.A. y E.P.B.C., será llevado a través de un conductor eléctrico subterráneo y registros eléctricos, desde el punto de acometida hasta la subestación eléctrica designada para distribuir la energía a todas las instalaciones de la Terminal.

Los registros eléctricos se diseñarán de acuerdo a la NOM-001-SEDE y las tapas de los registros eléctricos serán de fibra de vidrio de alto impacto.

Para corregir y mantener el factor de potencia del sistema eléctrico a un valor mínimo de 0,9, se deben instalar bancos automáticos de capacitores. El diseño, fabricación y pruebas de estos bancos de capacitores deben cumplir con lo indicado en la NOM-001-SEDE.

Los circuitos alimentadores de Entrega dentro de las instalaciones de la T.M.R.A. y E.P.B.C., serán llevados a través de conductores eléctricos subterráneos, registros eléctricos subterráneos (para áreas no clasificadas) o cajas de conexiones o de paso en áreas clasificadas, desde la subestación eléctrica o cuarto de control eléctrico designada para distribuir la energía hasta los límites de las instalaciones consideradas a alimentar.

Los requerimientos de instalación para el alambrado a equipos eléctricos deben cumplir con lo establecido en la NOM-001-SEDE y NFPA 70.

Para asegurar la continuidad de servicios esenciales de las instalaciones del proyecto se utilizará Grupo Generador (planta de emergencia), para CCM, las válvulas operadas eléctricamente de productos y contraincendios, el 100% del alumbrado de edificios y exterior, SFI'S para instrumentación.

Los motores eléctricos de inducción jaula de ardilla y síncronos requeridos para las instalaciones del proyecto, deben cumplir con las normas NOM-001-SEDE y NFPA 70.

Todos los motores eléctricos deben ser de eficiencia Premium, el aislamiento del devanado de los motores debe ser clase F, los ventiladores deben ser metálicos, deben tener tratamiento anticorrosivo con lubricación.

#### INSTALACIÓN MECÁNICA:

Esta se compone básicamente de tanques de almacenamiento, tuberías y equipo de bombeo.

Se construirán tanques del tipo API cilíndrico vertical de cúpula fija del tipo domo geodésico, con membrana interna flotante de contacto completo fabricada en aluminio y sello perimetral de zapata, resistente a las gasolinas oxigenadas, MTBE y TAME. Se considera también la instalación de instrumentación y equipo (de nivel y temperatura) en cada uno de los tanques de almacenamiento, los cuales se encuentran unidos punto a punto hasta la Unidad de Control instalada en un gabinete ubicado en la oficina de operación y torre de control, esta unidad de control está enlazada con una Estación de Adquisición de Datos para el monitoreo y control de inventarios.

La tubería de conducción cumplirá con las especificaciones estándar de la industria de la tubería para servicio de producto refinado conforme a los requisitos establecidos en las normas ANSI/ASME B36.10 y ASME B31.3, en lo que resulten aplicables. Se usará tubería superficial, en trincheras y pasos elevados entre las estaciones de carga de autotanques y los tanques de almacenamiento, entre los tanques de almacenamiento y las plataformas de descarga de autotanques, al igual que en la plataforma de descarga de buque tanques.

El diseño de la tubería, los materiales, la soldadura, la fabricación, las pruebas no destructivas y las pruebas de presión deberán cumplir con los requisitos para líquidos de baja presión de vapor de las normas aplicables para tubería de proceso. Todos los materiales deberán cumplir estrictamente con el código API 650 vigentes y demás códigos, especificaciones y normatividad que resulte aplicable. Se deberán acatar estrictamente todos los requisitos de prueba de impacto. Se realizarán las pruebas de presión de la tubería en base a la especificación ASME B31.3, recipientes sujetos a presión al ASME Sección VIII Div. I y pruebas no destructivas como lo marca el API, ASME Sección V Edición 2015. La fabricación en taller, pruebas no destructivas y pruebas de presión serán maximizadas para limitar el alcance de trabajo en campo. Se realizarán pruebas no destructivas para un 10% de partes superficiales y 100% de partes subterráneas para el caso de las partes humedecidas por el proceso y las partes de retención de presión.

Al terminar la instalación en campo, se realizarán las pruebas no destructivas en todas las soldaduras de conexión y se ejecutará una verificación de hermeticidad para fugas y de servicio neumático en los sistemas de tubería de drenaje y proceso.

Los soportes para tubería fabricados de concreto, mampostería o similares, deben tener una placa o elemento estructural ahogado y sobresaliente al paño del soporte, el cual debe ser la

superficie de contacto y deslizamiento entre el soporte y la tubería. Los apoyos y soportes para tubería deben resistir las acciones y combinaciones de acciones de la tubería, incluyendo las cargas por la prueba hidrostática, entre otras. El arreglo de tubería debe tener los soportes necesarios para asegurar que las conexiones no transmitan esfuerzos excesivos a los equipos y mantengan la alineación de la tubería. La tubería debe tener apoyos y soportes permanentes, solo se permiten soportes temporales para la prueba hidrostática. Todos los apoyos se deben fabricar con material que resista las condiciones de servicio y ambientales. El hierro fundido, dúctil y maleable no se permite para apoyos y soportes para tubería, los apoyos se deberán colocar sobre elementos estructurales, no se permiten apoyos sobre rejillas, placas antiderrapantes, barandales, escaleras, sobre el piso sin dados de concreto, entre otros.

#### SISTEMA DE PROTECCIÓN ATMOSFÉRICA:

La Terminal T.M.R.A. y E.P.B.C., contará con un sistema de puesta a tierra y sistema de protección atmosférica (pararrayos) para las instalaciones y equipos de las diversas áreas tomando como base lo indicado en la NOM-001-SEDE, NFPA 70, NFPA 77 y NFPA 780 y NOM-006-ASEA-2017.

Se debe efectuar el estudio de resistividad del terreno donde se ubicarán las instalaciones de la Terminal una vez que el terreno esté debidamente compactado; el estudio de resistividad del terreno se debe desarrollar y presentar de acuerdo a la normatividad señalada en el párrafo anterior.

Todos los accesorios para la instalación de los sistemas de puesta a tierra y protección atmosférica deben cumplir con los lineamientos establecidos en la NOM-001-SEDE, NFPA 70, NFPA 77 y NFPA 780 y NOM-006-ASEA-2017.

La resistencia de la red de tierras para el cobertizo de llenaderas de autos tanque debe ser 5 ohm máximo.

La malla de la red general del sistema de puesta a tierra integrara todas las instalaciones que conforman la Terminal con objeto de evitar gradientes de potencial que afecten las instalaciones o generen riesgos a las personas y dar cumplimiento al Artículo 250-86 de la norma NOM-001-SEDE.

La malla de la red general del sistema de puesta a tierra estará construida con conductor de cobre desnudo, temple semiduro, con un calibre de acuerdo a cálculos, pero no menor de 2/0 AWG excepto para la subestación eléctrica que debe ser de 4/0AWG.

Para conexiones subterráneas de la red de puesta a tierra se deben utilizar conectores del tipo de soldadura exotérmica.

Todos los Tanques de almacenamiento de Productos, se deben poner a tierra cuando menos en cuatro puntos opuestos del tanque.

Para conexiones subterráneas de la red de puesta a tierra se utilizarán conectores del tipo de soldadura exotérmica.

Sistema de pararrayos:

---

La T.M.R.A. y E.P.B.C., contara con un sistema de protección atmosférica (pararrayos) para los edificios mayores de 7.5 m, estructuras de más de 15.0 m y edificios con áreas clasificadas, tomando como base lo indicado en la NOM-001-SEDE, NFPA 780 y NOM-006-ASEA-2017.

El sistema de protección contra descargas atmosféricas debe ser independiente de la red general de tierras, sin embargo, las dos redes de tierras deben interconectarse entre ellas en un punto de la red con cable aislado de un tamaño (calibre) menor al de la red, no menor a 6 AWG, para evitar diferencias de potenciales entre ellas, tal interconexión debe considerarse desde etapa de proyecto y permanecer interconectadas a menos que exista un requerimiento específico en contra.

El sistema de protección contra descargas atmosféricas, debe ser diseñado mediante la metodología de la esfera rodante de acuerdo a lo establecido en la NOM-001-SEDE y NFPA 780.

Para el sistema de protección atmosférica no se deben utilizar sistemas de emisión de flujo o sistemas disipadores de energía.

Los tanques de almacenamiento verticales con espesor de pared y de techo de 4,6 mm (3/16 pulg), o mayores, se consideran auto protegidos contra descargas atmosféricas y no se requiere incluir el sistema contra descargas atmosféricas.

Todos los accesorios para la instalación de los sistemas de puesta a tierra y protección atmosférica deben cumplir con los lineamientos establecidos en la NOM-001-SEDE, NFPA 70 y NFPA 780.

#### SISTEMA DE DRENAJES:

Se contará con 3 tipos de drenajes: pluvial, sanitario y aceitoso. Referente al pluvial para el área de tanques, se tendrán arreglos con válvulas de seccionamiento fuera de diques conforme se indica en la normatividad vigente, para conducir el drenaje pluvial contaminado por derrames aceitosos dentro de diques, hacia el drenaje aceitoso. Todos los registros del drenaje aceitoso, deben contar con sello hidráulico. En cada uno de los diques de contención, el registro de drenaje pluvial anterior a la descarga de aguas en los ramales o tuberías troncales, debe contar con sello hidráulico. El agua pluvial libre de hidrocarburos se descargará, bajo previo análisis y control con válvulas de bloqueo con candados hacia unos registros de captación, para que de ahí y de ser posible, por medio de cuencas y considerando la permeabilidad del terreno, para que por filtración se recarguen los mantos acuíferos en el área de la zona ecológica.

Los sistemas de drenajes aceitosos se deben calcular y diseñar con la capacidad adecuada para que desalojen el volumen total de los efluentes aportados como aguas aceitosas provenientes de las purgas de equipos y maquinarias existentes en el área operativa, las cuales se deben enviar al área de tratamiento de efluentes, así mismo se debe evitar que los hidrocarburos de los drenajes aceitosos fluyan a los drenajes pluviales. Se deben diseñar cárcamos reguladores para controlar el flujo hacia los separadores de aceite del área de tratamiento de efluentes. Los registros de los drenajes aceitosos deben tener sellos hidráulicos en las tuberías de llegada a los mismos. Los patios internos de los diques de contención, deben contar con sistemas independientes de drenaje pluvial y

---

aceitoso mediante los cuales, sea posible el manejo selectivo de los efluentes para descargarlos en las tuberías troncales de drenaje pluvial o aceitoso, según sea el caso. Los drenajes se deben construir de manera que no produzcan filtraciones al subsuelo y su diseño, debe permitir la limpieza de los depósitos y sedimentos.

En las áreas de tanques de almacenamiento, las copas y registros de purga de los drenajes aceitosos se deben diseñar de tal manera que se evite la introducción de materiales que se hayan acumulado dentro del dique.

Las copas de purga deben descargar a registros aceitosos, los cuales deben tener sellos hidráulicos para evitar la propagación de incendios.

El diámetro mínimo de las tuberías que aplica en la red de los drenajes aceitosos es de 10 cm (4 pulgadas), aunque el resultado del diseño indique un diámetro menor. En áreas de diques se debe considerar la aportación pluvial, en esta área se debe tener el sistema pluvial con válvulas de bloqueo (bypass) que permitan el control selectivo de la salida de afluentes.

La losa de piso en el área de tanques de almacenamiento será a base de concreto con una pendiente de al menos 1% para permitir el escurrimiento y recolección de derrames. El área estará delimitada por un dique perimetral a base de concreto, dimensionado en función de la capacidad de los tanques de almacenamiento que rodea. Tanto el dique como la losa de piso deben estar sellados de manera que no permitan ninguna filtración y resistan el contacto con hidrocarburos.

Las áreas de carga y descarga de productos petrolíferos, deben tener drenajes aceitosos y pluviales. Cada isla y el espacio entre ellas deben contar con registros para drenajes aceitosos provistos de sellos hidráulicos que capten posibles derrames de hidrocarburos mediante pendientes diseñadas para este fin.

Las casas de bombas deben contar con drenajes aceitosos para sardineles de equipo, purgas, cobertizo principal y trincheras de tuberías y con drenajes pluviales para las demás áreas.

Los efluentes del drenaje aceitoso descargarán en el separador API.

## CONSTRUCCIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Se construirán 6 tanques de almacenamiento de la Etapa 1 y el Tanque de combustible no conforme de la segunda Etapa con las siguientes asignaciones y características:

**Tabla 3. Datos generales del tanque de almacenamiento TV-02 de la 1er etapa.**

Tanque de almacenamiento gasolina regular					
1	Clave	TV-02	7	Fabricante	*
3	Cantidad requerida (piezas)	1 (una) pieza	8	Modelo	No aplica
4	DTI	A-503	9	Tipo de domo	Domo geodésico
5	Tipo de taque	Atmosférico	10	Configuración	Cilindro Vertical
6	Instalación	Superficial	11	Soportes	No aplica
Condiciones de diseño					
12	Flujo	Gasolina Regular	20	Tipo de operación	Continua, 365 días
13	Características de flujo	Líquido inflamable	21	Presión atmosfera (psia)	14.65
14	Capacidad nominal (BLS)	150,000	22	Presión de operación °Ca (psia)	0 (atmosférica)
15	Flujo de entrada/salida (m <sup>3</sup> /hr)	596	23	Temperatura de operación °C	20-32
16	Diámetro interno (mm)	22, 340	24	Presión máxima de diseño psi m	0 (atmosférica)
17	Altura del cuerpo (mm)	12, 192	25	Temperatura de diseño °C	45
18	Densidad relativa	0.70-0.77 (a20/4°C)	26	Presión de vapor (psia)	7.8-11.5
19	Viscosidad (cP)	0.512	27	Código de diseño	API-650

**Fuente:** Datos del proyecto.

**Tabla 4. Datos generales del tanque de almacenamiento TV-03 de la 1er etapa.**

Tanque de almacenamiento gasolina regular					
1	Clave	TV-03	7	Fabricante	*
3	Cantidad requerida (piezas)	1 (una) pieza	8	Modelo	No aplica
4	DTI	A-503	9	Tipo de domo	Domo geodésico
5	Tipo de taque	Atmosférico	10	Configuración	Cilindro Vertical
6	Instalación	Superficial	11	Soportes	No aplica
Condiciones de diseño					
12	Flujo	Gasolina Regular	20	Tipo de operación	Continua, 365 días
13	Características de flujo	Líquido inflamable	21	Presión atmosfera (psia)	14.65
14	Capacidad nominal (BLS)	100,000	22	Presión de operación °Ca (psia)	0 (atmosférica)
15	Flujo de entrada/salida (m <sup>3</sup> /hr)	596	23	Temperatura de operación °C	20-32
16	Diámetro interno (mm)	22, 340	24	Presión máxima de diseño psi m	0 (atmosférica)
17	Altura del cuerpo (mm)	12, 192	25	Temperatura de diseño °C	45
18	Densidad relativa	0.70-0.77 (a20/4°C)	26	Presión de vapor (psia)	7.8-11.5
19	Viscosidad (cP)	0.512	27	Código de diseño	API-650

**Fuente:** Datos del proyecto.

**Tabla 5. Datos generales del tanque de almacenamiento TV-05, de la 1er etapa.**

Tanque de almacenamiento Gasolina Premium					
1	Clave	TV-05	7	Fabricante	*
3	Cantidad requerida (piezas)	1 (una) pieza	8	Modelo	No aplica
4	DTI	A-503	9	Tipo de domo	Domo geodésico
5	Tipo de taque	Atmosférico	10	Configuración	Cilindro Vertical
6	Instalación	Superficial	11	Soportes	No aplica
Condiciones de diseño					
12	Flujo	Gasolina Premium	20	Tipo de operación	Continua, 365 días
13	Características de flujo	Líquido inflamable	21	Presión atmosfera (psia)	14.65
14	Capacidad nominal (BLS)	100,000	22	Presión de operación °Ca (psia)	0 (atmosférica)
15	Flujo de entrada/salida (m <sup>3</sup> /hr)	596	23	Temperatura de operación °C	20-32
16	Diámetro interno (mm)	22, 340	24	Presión máxima de diseño psi m	0 (atmosférica)
17	Altura del cuerpo (mm)	12, 192	25	Temperatura de diseño °C	45
18	Densidad relativa	0.70-0.77 (a20/4°C)	26	Presión de vapor (psia)	7.8-11.5
19	Viscosidad (cP)	0.512	27	Código de diseño	API-650

**Fuente:** Datos del proyecto.

**Tabla 6. Datos generales del tanque de almacenamiento TV-01, de la 1er etapa.**

Tanque de almacenamiento Diésel					
1	Clave	TV-01	7	Fabricante	*
3	Cantidad requerida (piezas)	1 (una) pieza	8	Modelo	No aplica
4	DTI	A-503	9	Tipo de domo	Domo geodésico
5	Tipo de taque	Atmosférico	10	Configuración	Cilindro Vertical
6	Instalación	Superficial	11	Soportes	No aplica
Condiciones de diseño					
12	Flujo	Diésel	20	Tipo de operación	Continua, 365 días
13	Características de flujo	Líquido inflamable	21	Presión atmosfera (psia)	14.65
14	Capacidad nominal (BLS)	55,000	22	Presión de operación °Ca (psia)	0 (atmosférica)
15	Flujo de entrada/salida (m <sup>3</sup> /hr)	596	23	Temperatura de operación °C	20-32
16	Diámetro interno (mm)	22, 340	24	Presión máxima de diseño psi m	0 (atmosférica)
17	Altura del cuerpo (mm)	12, 192	25	Temperatura de diseño °C	45
18	Densidad relativa	0.70-0.77 (a20/4°C)	26	Presión de vapor (psia)	7.8-11.5
19	Viscosidad (cP)	0.512	27	Código de diseño	API-650

**Fuente:** Datos del proyecto.

**Tabla 7. Datos generales del tanque de almacenamiento TV-04, de la 1er etapa.**

Tanque de almacenamiento Diésel					
1	Clave	TV-04	7	Fabricante	*
3	Cantidad requerida (piezas)	1 (una) pieza	8	Modelo	No aplica
4	DTI	A-503	9	Tipo de domo	Domo geodésico
5	Tipo de taque	Atmosférico	10	Configuración	Cilindro Vertical
6	Instalación	Superficial	11	Soportes	No aplica
Condiciones de diseño					
12	Flujo	Diésel	20	Tipo de operación	Continua, 365 días
13	Características de flujo	Líquido inflamable	21	Presión atmosfera (psia)	14.65
14	Capacidad nominal (BLS)	55,000	22	Presión de operación °Ca (psia)	0 (atmosférica)
15	Flujo de entrada/salida (m <sup>3</sup> /hr)	596	23	Temperatura de operación °C	20-32
16	Diámetro interno (mm)	22, 340	24	Presión máxima de diseño psi m	0 (atmosférica)
17	Altura del cuerpo (mm)	12, 192	25	Temperatura de diseño °C	45
18	Densidad relativa	0.70-0.77 (a20/4°C)	26	Presión de vapor (psia)	7.8-11.5
19	Viscosidad (cP)	0.512	27	Código de diseño	API-650

**Fuente:** Datos del proyecto.

**Tabla 8. Datos generales del tanque de almacenamiento TV-06, de la 1er etapa.**

Tanque de almacenamiento Diésel					
1	Clave	TV-06	7	Fabricante	*
3	Cantidad requerida (piezas)	1 (una) pieza	8	Modelo	No aplica
4	DTI	A-503	9	Tipo de domo	Domo geodésico
5	Tipo de taque	Atmosférico	10	Configuración	Cilindro Vertical
6	Instalación	Superficial	11	Soportes	No aplica
Condiciones de diseño					
12	Flujo	Turbosina	20	Tipo de operación	Continua, 365 días
13	Características de flujo	Líquido inflamable	21	Presión atmosfera (psia)	14.65
14	Capacidad nominal (BLS)	55,000	22	Presión de operación °Ca (psia)	0 (atmosférica)
15	Flujo de entrada/salida (m <sup>3</sup> /hr)	596	23	Temperatura de operación °C	20-32
16	Diámetro interno (mm)	22, 340	24	Presión máxima de diseño psi m	0 (atmosférica)
17	Altura del cuerpo (mm)	12, 192	25	Temperatura de diseño °C	45
18	Densidad relativa	0.70-0.77 (a20/4°C)	26	Presión de vapor (psia)	7.8-11.5
19	Viscosidad (cP)	0.512	27	Código de diseño	API-650

**Fuente:** Datos del proyecto.

**Tabla 9. Datos generales del tanque de almacenamiento TV-07, de la 2da. etapa.**

Tanque de almacenamiento Diésel					
2	Clave	TV-07	7	Fabricante	*
3	Cantidad requerida (piezas)	1 (una) pieza	8	Modelo	No aplica
4	DTI	A-503	9	Tipo de domo	Domo geodésico
5	Tipo de taque	Atmosférico	10	Configuración	Cilindro Vertical
6	Instalación	Superficial	11	Soportes	No aplica
Condiciones de diseño					
12	Flujo	Producto conforme no	20	Tipo de operación	Continua, 365 días
13	Características de flujo	Líquido inflamable	21	Presión atmosfera (psia)	14.65
14	Capacidad nominal (BLS)	10,000	22	Presión de operación °Ca (psia)	0 (atmosférica)
15	Flujo de entrada/salida (m <sup>3</sup> /hr)	596	23	Temperatura de operación °C	20-32
16	Diámetro interno (mm)	22, 340	24	Presión máxima de diseño psi m	0 (atmosférica)
17	Altura del cuerpo (mm)	12, 192	25	Temperatura de diseño °C	45
18	Densidad relativa	0.70-0.77 (a20/4°C)	26	Presión de vapor (psia)	7.8-11.5
19	Viscosidad (cP)	0.512	27	Código de diseño	API-650

**Fuente:** Datos del proyecto.

Los tanques de almacenamiento de gasolinas contarán con membrana interna flotante tipo pontones, y estarán equipados con sistema de tele medición en cumplimiento a la NOM-006-ASEA-2017.

Los tanques de almacenamiento contarán con diques de contención para confinar derrames, cuya capacidad volumétrica mínima será la necesaria para contener la capacidad total nominal del tanque mayor, más el volumen que otros tanques ocupen hasta la altura que tenga el muro de contención por la parte interior del dique, más el volumen de otros elementos que se encuentren en su interior, tales como tubería y soportes. Se diseñarán y construirán para contener y resistir la presión lateral que les pueda transmitir la altura hidrostática considerando el líquido almacenado como agua, serán de concreto armado en función del tipo de suelo y zona sísmica, con juntas de expansión de acero inoxidable para absorber las contracciones y expansiones térmicas, conservando la hermeticidad en estas y los cruces de tubería a través del emboquillado con materiales resistentes a los hidrocarburos y al fuego. Los patios internos de los diques de contención serán de concreto armado con una pendiente mínima de 1 % que permita el libre escurrimiento de líquidos hacia registros de drenaje pluvial. En el patio interior de los diques que contengan varios tanques de almacenamiento, se construirán muros intermedios de concreto armado de 0.45 m de altura con el fin de prevenir que un pequeño derrame ponga en peligro la integridad de los otros tanques dentro del

---

dique. Cada una de las subdivisiones señaladas debe tener un sistema de drenaje pluvial y aceitoso independientes.

**SISTEMA CONTRA INCENDIO:**

El sistema de almacenamiento, bombeo y Entrega de agua contra incendio, se instalará de conformidad a la normatividad establecida en NFPA 20, 22, 24, 25, 30, y consta de lo siguiente:

Almacenamiento de agua contra incendio, debiendo de considerar para el diseño un tanque de almacenamiento de agua, del tipo vertical con techo tipo cúpula fija soportado, con placa de acero al carbón ASTM-A-283-C, con recubrimiento anticorrosivo en el interior y exterior del tanque, registro de purga tipo API, boquilla de 24" de diámetro para entrada hombre en el techo, (se deberá realizar el análisis correspondiente para determinar el gasto y capacidad de agua en el riesgo mayor de acuerdo a norma). El tanque de agua contra incendio será abastecido a través de bombeo de pozo profundo o red municipal, y deberá prever tomas al exterior de la terminal para el abastecimiento por camiones cisterna.

Deberá contar con una red de agua contra incendios cumpliendo con la normatividad vigente indicada en NFPA 30 y 30A, con hidrantes, monitores y tomas de camión, mangueras, y recirculación de agua, sistema de bombeo principal.

- **PRODUCTOS.**

**Productos que se Almacenarán.** - Los Productos destilados serán: Gasolinas Regular y Premium, Combustible Diésel, así como Turbosina los cuales deben de cumplir con la Especificaciones de calidad de los petrolíferos, para gasolina Regular, Premium y Diésel.

**Tabla 10. Productos que se Almacenarán.**

Propiedad	Método	Gasolina Regular	Gasolina Premium	Diésel	Turbosina
Peso específico	ASTM D 1298	X	X	X	X
Contenido de azufre	ASTM D 1266 / ASTM D 4294	X	X	X	X
Presión de vapor	ASTM D 323	X	X	----	X
Prueba de destilación	ASTM D 0086	X	X	X	X
Temperatura	ASTM D 0093	X	X	X	X
Número de Octano RON	ASTM D 2699	X	X	----	X
Número de Octano MO	ASTM D 2700	X	X	----	X
Número de Cetano	ASTM D 613	----	----	X	----

**Fuente:** Bases de Diseño de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

#### ÁREA DE RECIBO.

En la Etapa 1, la terminal marítima de recepción, almacenamiento y entrega de petrolíferos en Baja California recibirá por dos medios la gasolina Regular, gasolina Premium, Diesel y Turbosina:

- Buquetanque como medio principal, contando para el atraque, amarre y descarga, un sistema de brazos de carga marino para cada producto instalados en la plataforma de operación del muelle de tipo marginal La operación de descarga de buquetanques para gasolinas, diésel y turbosina tendrá la capacidad de operar 24 horas al día con (1) posiciones de descarga desde el muelle marginal, facilitando la descarga de los 11,925,000 litros por día, (75,000 BPD) de recepción. Para este proyecto se considera 04 Brazos de carga Marino de 25 cm (10") de diámetro para flujos de 596 m<sup>3</sup>/hr (4,000 barriles/hora) cada uno (Ver figura 12).

---

## ÁREA DE ENTREGA.

La entrega de gasolina Regular, gasolina Premium, Diesel y Turbosina será a través de autotanques, contando con llenaderas que permitirá medir volumen, presión y temperatura del producto a cargar, mediante un patín de medición desde que inicia hasta que termina la carga.

Cada una de las posiciones de llenado de auto tanque tendrá la capacidad de llenar el producto que corresponda. En el caso inicial de la carga de 10,285 BPD (1, 635,120 litros por día) a auto tanques, la capacidad de las bombas será de un caudal de 1,514 LPM (400 GPM) por posición de carga en una operación de 18 horas al día.

Para la entrega de gasolinas y diésel por el ducto el flujo considerado es a razón de 2,117 LPM (800 barriles /hora).

En este caso, el sistema de automatización de operaciones contempla la instalación de instrumentos y equipos en las áreas de envío y medición en casa de bombas para el poliducto, llenaderas de autotanques, la cual agrupa las posiciones de carga en islas de llenado, ubicadas en una nave o cobertizo dentro de las instalaciones.

Todas las posiciones de llenado cuentan con la instrumentación propia para la medición del producto y temperatura, así como para el control de la carga, en lo que se denomina "patín de medición" el cual se conforma de válvula de bloqueo, filtro, medidor de flujo, válvula electrohidráulica VOS, sensor de temperatura, unidad de control local, monitor de prevención de sobrellenado y detector de conexión a tierra.

Para la entrega de gasolinas y diésel por medio de poliducto, se instalará un sistema de envío y medición que será monitoreado en tiempo real por el sistema SCADA de la terminal.

El equipo encargado de controlar la carga y registrar todas las variables del patín de medición en cada posición de llenado se denomina Unidad de Control Local (UCL) ó predeterminador de llenado (preset).

Todas las Unidades de Control Local se encuentran unidas a través de un lazo de comunicación que envía sus señales al siguiente nivel de acuerdo con la arquitectura del Sistema de automatización de operaciones, en este caso el controlador de planta.

Si alguna de las unidades de control local llegara a fallar, no deberá interrumpirse el funcionamiento de las otras, ni la comunicación de estas con el controlador de planta.

El área entrega de la terminal marítima de recepción, almacenamiento y entrega de petrolíferos en Baja California, se efectuará por los siguientes medios:

Autotanques, para lo cual se construirán 10 islas de llenado en Etapa 1 y 04 para la Etapa2.

**Tabla 11. Área de entrega de petrolíferos (auto-tanque), para lo cual se construirán 10 islas de llenado en Etapa 1 y 4 islas de llenado para la Etapa 2 a futuro.**

Nº de Llenaderas Autotanques	Producto	Nº de posiciones de llenado Etapa 1	Nº de posiciones de llenado Etapa 2
5 (sencillas)	Gasolina Regular,	06, 07, 08, 09, 10	11
2 (sencillas)	Gasolina Premium	04, 05	12
2 (sencillas)	Diésel	02, 03,	13
1 (sencillas)	Turbosina	01	14

**Fuente:** Memoria descriptiva de T.M.R.A. y E.P.B.C.

#### PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS.

Para las etapas de recibo, almacenamiento y entrega de productos serán elaborados observando los principios operativos generales a ser considerados en el diseño de la instalación y requerimientos particulares para arranque, paro y manejo de emergencias.

#### **DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES.**

Las instalaciones de la T.M.R.A. y E.P.B.C., estarán compuestas por dos áreas de recibo, una para buque tanques y otra para autotanques, las cuales se componen de brazos de descarga, válvulas de bloqueo, filtros, equipo de bombeo, patines de medición y toda la instrumentación necesaria para su correcto funcionamiento, de acuerdo con la NOM-006-ASEA 2017.

1) La operación en la zona de recepción de producto de la terminal marítima de almacenamiento recepción y Entrega de combustibles en Baja California, se realizará principalmente mediante buque tanques y alternativamente podrá realizarse mediante autotanques, lo que hará más eficiente la cadena de Entrega y ofrecerá mayor confiabilidad en el abasto en la zona de influencia.

2) La operación de la zona de entrega de producto a autotanque, en su Etapa 1 se realizará en 10 posiciones en total de llenado de autotanques, con capacidad cada una de 1,514 lpm (400 GPM) para gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel y Turbosina.

3) En la 2da., etapa futura, está proyectado 04 posiciones de llenado de autotanques, con capacidad cada una de 1,514 lpm (400 GPM).

4) En la 2da., etapa futura, de igual 01 sistema de envío y medición por ducto para interconexión al poliducto de Pemex Rosarito-Ensenada para entrega por lotes de gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel a las terminales de Pemex de Ensenada y Rosarito a razón de 800 barriles /hora (2,117 LPM).

#### **Descripción del proceso de recepción de petrolíferos.**

En la Etapa 1, la T.M.R.A. y E.P.B.C., **recibirá por dos medios** la gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel y Turbosina.

- Buque tanque como medio principal, contando para el atraque, amarre y descarga, un sistema de brazos de carga marino para cada producto instalados en la plataforma de operación del muelle de tipo marginal La operación de descarga de buque tanques para gasolinas, diésel y turbosina tendrá la capacidad de operar 24 horas al día con (1) posiciones de descarga desde el muelle marginal, facilitando la descarga de los 75,000 BPD (11,925,000 litros por día) de entrada. Para este proyecto se considera 04 Brazos de carga Marino de 10" de diámetro para flujos de 596 m<sup>3</sup>/hr (4,000 barriles/hora) cada uno.

- Autotanques como medio alterno en caso de que las condiciones climáticas no permitan la descarga de buque tanques o por razón de mantenimiento del sistema principal de recibo.

Todas las posiciones de descarga cuentan con la instrumentación propia para la medición del producto y temperatura, así como para el control de la descarga de producto, en lo que se denomina "patín de medición", el cual se conforma de unidad de control local, pinza de conexión a tierra física, filtro, bomba principal, filtro tipo "y", bomba auxiliar, tanque eliminador de aire, válvula Check, medidor de flujo, válvula electrohidráulica VOS, sensor de temperatura, válvula de bloqueo a TV's, interruptor de flujo y válvula de bloqueo de autotanques.

El equipo encargado de controlar la descarga y registrar todas las variables del patín de medición en cada posición de descarga se denomina Unidad de Control Local (UCL) ó predeterminador de llenado (Present).

Todas las Unidades de Control Local se encuentran unidas a través de un lazo de comunicación que envía sus señales al siguiente nivel de arquitectura del Sistema de automatización de operaciones, en este caso el controlador de planta.

Si alguna de las unidades de control local llegara a fallar, no deberá interrumpirse el funcionamiento de las otras, ni la comunicación de estas con el controlador de planta.

### **Descripción del proceso de entrega de petrolíferos.**

La entrega de gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel y Turbosina, será a través de autotanques, contando con llenaderas que permitirá medir volumen, presión y temperatura del producto a cargar, mediante un patín de medición desde que inicia hasta que termina la carga.

Cada una de las posiciones de llenado de auto tanque tendrá la capacidad de llenar el producto que corresponda. En el caso inicial de la carga de 10, 285 BPD (1, 635,120 litros por día) a autotanques, la capacidad de las bombas será de un caudal de 400 GPM (1,514 LPM) por posición de carga en una operación de 18 horas al día.

También para la segunda Etapa se tiene contemplado la entrega de productos a través de la interconexión al poliducto de Pemex Rosarito-Ensenada.

Para la entrega de gasolinas y Diésel por el ducto el flujo considerado es a razón de 800 barriles /hora (2,117 LPM).

En este caso, el sistema de automatización de operaciones contempla la instalación de instrumentos y equipos en las áreas de envío y medición en casa de bombas para el poliducto,

llenaderas de autotancques, la cual agrupa las posiciones de carga en islas de llenado, ubicadas en una nave o cobertizo dentro de las instalaciones.

Todas las posiciones de llenado cuentan con la instrumentación propia para la medición del producto y temperatura, así como para el control de la carga, en lo que se denomina "patín de medición" el cual se conforma de válvula de bloqueo, filtro, medidor de flujo, válvula electrohidráulica VOS, sensor de temperatura, unidad de control local, monitor de prevención de sobrellenado y detector de conexión a tierra.

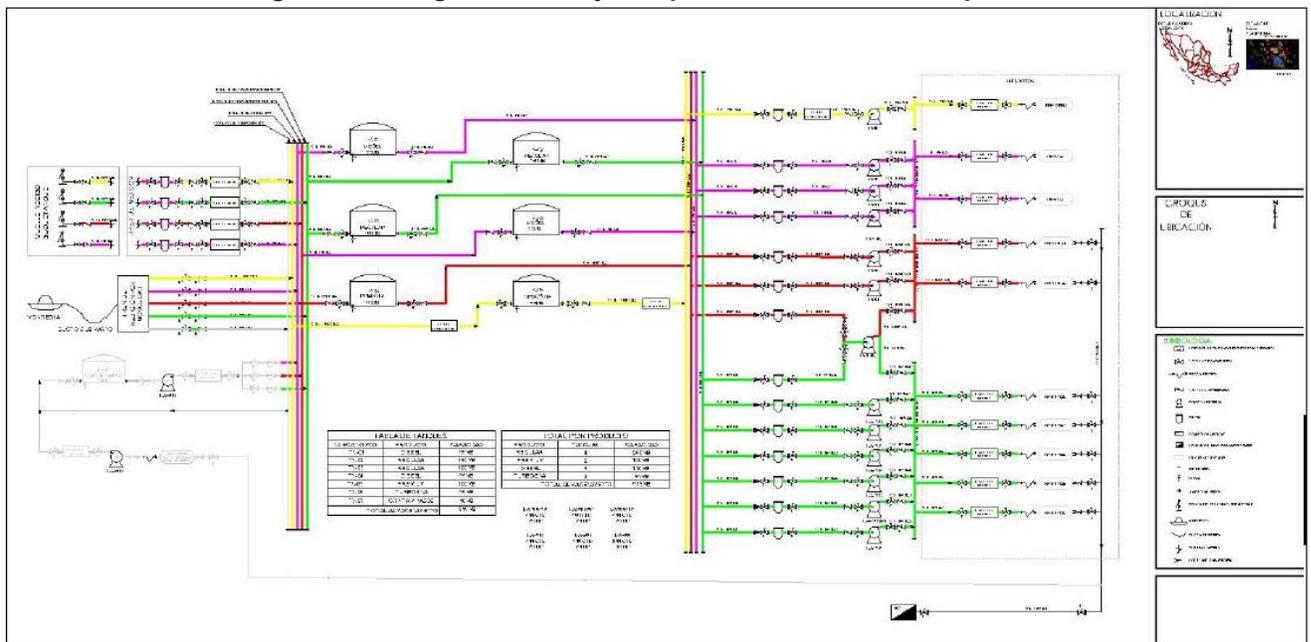
El equipo encargado de controlar la carga y registrar todas las variables del patín de medición en cada posición de llenado se denomina Unidad de Control Local (UCL) ó predeterminador de llenado (preset).

Todas las Unidades de Control Local se encuentran unidas a través de un lazo de comunicación que envía sus señales al siguiente nivel de acuerdo a la arquitectura del Sistema de automatización de operaciones, en este caso el controlador de planta.

Si alguna de las unidades de control local llegara a fallar, no deberá interrumpirse el funcionamiento de las otras, ni la comunicación de estas con el controlador de planta.

En el siguiente Plano A-001 Plano Diagrama de flujo de proceso, Rev. 0, de fecha diciembre del 2018, se muestra la propuesta de proceso de la zona de almacenamiento, recepción y entrega de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

**Figura 12. Diagrama de flujo de proceso de la T.M.R.A. y E.P.B.C.**



**Fuente:** Plano A-001 Diagrama de flujo de proceso 81,885 m<sup>3</sup> (515 MBLS.)

**Tanques de almacenamiento.**

En este subsistema incluye la instalación de instrumentación y equipo (de nivel y temperatura) en cada uno de los tanques de almacenamiento, los cuales se encuentran unidos punto a punto hasta la Unidad de Control instalada en un gabinete ubicado en la oficina de operación y torre de control, esta unidad de control está enlazada con una Estación de Adquisición de Datos para el monitoreo y control de inventarios. Se construirán tanques del tipo API cilíndrico vertical de cúpula fija del tipo domo geodésico, con membrana interna flotante de contacto completo fabricada en aluminio y sello perimetral de zapata, resistente a las gasolinas oxigenadas, MTBE y TAME.

**Flujo.** - En esta sección no se lleva a cabo el monitoreo o control de flujo, éste se llevará a cabo en oficinas de recibo y medición.

**Presión.** - En esta sección no se lleva a cabo el monitoreo o control de Presión, debido a que la operación de los tanques es atmosférica, la variación de la presión en las líneas de alimentación y de descarga de los tanques es únicamente afectada por el nivel del combustible dentro de los tanques.

**Temperatura.** - Como parte del sistema de temperatura se tendrán instalados transmisores e indicadores en cada uno de los tanques de almacenamiento como parte del sistema de tele medición de los tanques que se encontrarán unidos a través de un lazo de comunicación hacia la unidad de control local de los tanques de almacenamiento que concentra las señales y está instalada en la Torre de control y Oficina de Operación.

**Nivel.** - Como parte del sistema de tele medición de Tanques de Almacenamiento, se tienen instalados transmisores e indicadores de nivel de combustible y agua en cada uno de los tanques, cuyas señales se unen punto a punto hacia la unidad de control local que concentra las señales de tanques de almacenamiento y estará instalada en la torre de control y Oficina de Operación, asimismo, se instalaran indicadores de nivel a pie de cada uno de los tanques.

**Subsistema de MOVs.**- En cumplimiento con lo indicado en el SISTEMA DE AUTOMATIZACION Y CONTROL se instalarán válvulas operadas eléctricamente a la entrada y salida de cada uno de los tanques de almacenamiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C., localizadas a pie de los diques. Cada válvula motorizada cuenta con un selector de operación Manual/Fuera/Auto, una perilla de operación local para apertura/cierre de la válvula, actuador e interruptores de posición, tarjeta de comunicaciones y bloqueo de alimentación eléctrica.

#### **Operaciones de emergencia y paro de emergencia.**

El diseño de la T.M.R.A. y E.P.B.C., contará con un sistema de paro de emergencia, el cual permitirá la suspensión del proceso operativo en las áreas de almacenamiento, recepción, entrega y sistemas adicionales de seguridad, con excepción del Sistema Contra incendio, el cual cumple con la normatividad internacional, las mejores prácticas de la industria, así como con las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales y las especificaciones del código API 2610, y las normas NFPA 30, IEC 61511.

En el diseño de la "terminal marítima de recepción, almacenamiento y entrega de petrolíferos en Baja California" se considera la instalación de botones de paro de emergencia en las áreas de almacenamiento, recepción, entrega, oficina de operación y torre de control.

El sistema de control debe ejecutar el paro de emergencia operativo a solicitud del subsistema de seguridad y contra incendios, cuando se presente un evento no deseado.

El paro de emergencia operativo deberá ejecutar las siguientes acciones:

**(Recepción, almacenamiento y entrega):**

**Área de Recibo.**

- a) Suspensión de las operaciones de recibo por tubería.
- b) Suspensión de las operaciones de descarga de buquetanque y paro del equipo de bombeo del buque.
- c) Cierre de las válvulas de recibo de productos del sistema de recepción por tubería hacia los tanques de almacenamiento.
- d) Suspensión de las operaciones de recibo por autotanque y paro del equipo de bombeo en el patín de descarga.
- e) Cierre de las válvulas de recibo de gasolina Regular, gasolina Premium, Diesel y Turbosina del sistema de recepción por autotanque hacia los tanques de almacenamiento.

**Área de Almacenamiento.**

- a) Suspensión de las operaciones de recibo (Buquetanque o autotanque) y paro del equipo de bombeo.
- b) Cierre de las válvulas, manifold de entrada de producto a tanques.
- c) Cierre de válvulas a pie de dique y pie de tanques.

**Área de Entrega.**

- a) Suspensión de las operaciones de carga de autotanques y paro del equipo de bombeo.
- b) Suspensión de las operaciones de envío por ducto y paro del equipo de bombeo
- c) Cierre de las válvulas en casa de bombas descarga a llenaderas de autotanques y poliducto en los tanques de almacenamiento.
- d) Cierre de válvulas a pie de dique y pie de tanques que se está despachando.

**I.1.2. Proyecto mecánico.**

Dentro del proyecto mecánico de la T.M.R.A. y E.P.B.C. se incluyen tanques de almacenamiento, equipo de bombeo y tuberías:

- a) **Equipo Estático (tanques de almacenamiento)**, ver las características y especificaciones en el apartado I.1. Bases de Diseño del presente estudio.

Se construirán tanques del tipo API cilíndrico vertical de cúpula fija del tipo domo geodésico, con membrana interna flotante de contacto completo fabricada en aluminio y sello perimetral de zapata, resistente a las gasolinas oxigenadas, MTBE y TAME. Se considera también la instalación de instrumentación y equipo (de nivel y temperatura) en cada uno de los tanques de almacenamiento, los cuales se encuentran unidos punto a punto hasta la Unidad de Control instalada en un gabinete ubicado en la oficina de operación y torre de control, esta unidad de control está enlazada con una T. A. R. B.C.E.T de Adquisición de Datos para el monitoreo y control de inventarios.

La nueva Terminal de Almacenamiento contará con las siguientes características técnicas:

#### **ÁREA DE ALMACENAMIENTO.**

##### **Se construirán 6 tanques de almacenamiento:**

Un tanque (tv-02) de 150,000 BLS para gasolina regular.

Un tanque (tv-03) de 100,000 BLS para gasolina regular.

Un tanque (tv-05) de 100,000 BLS para gasolina Premium.

Dos (2) tanques (tv-01 y tv-04) de combustible Diésel de 55,000 BLS C/U.

Un tanque (tv-06) de 55,000 BLS de Turbosina.

En segunda etapa un tanque más **tipo vertical (tv) 1,590 m<sup>3</sup> 10,000 barriles** para Producto no conforme.

##### **Capacidad de Almacenamiento de 515,000 BLS.**

**En total serán 14 posiciones de llenado de autotanques, con capacidad de 1,514 lpm (400 GPM):**

Se construirán 10 **posiciones de llenado de autotanques** s en la 1ra, etapa.

Se construirán 4 **posiciones de llenado de autotanques** s en la 2da, etapa.

Los tanques de almacenamiento de gasolinas contarán con membrana interna flotante tipo pontones, y estarán equipados con sistema de tele-medición. Contaran con diques de contención para confinar derrames, cuya capacidad volumétrica mínima será la necesaria para contener la capacidad total nominal del tanque mayor, más el volumen que otros tanques ocupen hasta la altura que tenga el muro de contención por la parte interior del dique, más el volumen de otros elementos que se encuentren en su interior, tales como tubería y soportes. Se diseñarán y construirán para contener y resistir la presión lateral que les pueda transmitir la altura hidrostática considerando el líquido almacenado como agua, serán de concreto armado en función del tipo de suelo y zona sísmica, con juntas de expansión de acero inoxidable para absorber las contracciones y expansiones térmicas, conservando la hermeticidad en estas y los cruces de tubería a través del emboquillado con materiales resistentes a los hidrocarburos y al fuego. Los patios internos de los diques de contención serán de concreto armado con una pendiente mínima de 1 % que permita el libre escurrimiento de líquidos hacia registros de drenaje pluvial. En el patio interior de los diques que contengan varios tanques de almacenamiento, se construirán muros intermedios de concreto

armado de 0.45 m de altura con el fin de prevenir que un pequeño derrame ponga en peligro la integridad de los otros tanques dentro del dique. Cada una de las subdivisiones señaladas debe tener un sistema de drenaje pluvial y aceitoso independientes.

El combustible será almacenado en tanques cilíndricos verticales de 10 Mbls, 20 Mbls y 30 Mbls de capacidad nominal, tipo API, con domo geodésico, con membrana interna flotante, anillos de enfriamiento, sistema de inyección de espuma y toda la instrumentación necesaria para su monitoreo y control, ubicados dentro de diques de concreto armado, de 5 capacidad volumétrica suficiente y con sistemas de drenaje aceitoso y pluvial. Como parte del sistema de tele medición de tanques de almacenamiento, se tienen instalados transmisores e indicadores de nivel de combustible y agua en cada uno de los tanques, cuyas señales se unen punto a punto hacia la unidad de control local que concentra las señales de tanques de almacenamiento y estará instalada en la torre de control y oficina de operación, asimismo, se instalaran indicadores de nivel a pie de cada uno de los tanques.

- **CAPACIDADES.**

La T.M.A.R. y E. P.B.C., tendrá una capacidad de almacenamiento nominal de **81, 885 m<sup>3</sup> (515,000 Barriles)** y contará en su diseño con la construcción de **06 tanques para el almacenamiento tipo vertical (tv)** en la 1er. Etapa para gasolinas (Regular y Premium), así como Diésel, Turbosina y en segunda etapa un tanque más **tipo vertical (tv) 1,590 m<sup>3</sup> 10,000 barriles** para Producto no conforme.

El proyecto será considerado y desarrollado para las siguientes etapas:

- **Primera etapa:** Capacidad de almacenamiento de 81,885 m<sup>3</sup> (515,000 barriles): tv-02 de 23,850 m<sup>3</sup> (150,000 barriles) y tv-03 de 15,900 m<sup>3</sup> (100,000 barriles) para gasolina Regular; tv-05 de 15,900 m<sup>3</sup> (100,000 barriles) para gasolina Premium; tv-01 y tv-04 de 8,745 m<sup>3</sup> (55,000 barriles) cada uno para Diésel; y tv-06 de 8,745 m<sup>3</sup> (55,000 barriles) para Turbosina.

- **Segunda etapa:**

I. Descarga de petrolíferos por buque - tanques de mayor capacidad a **través de monoboja**; gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel y Turbosina.

II. Construcción del tv-07 de 1,590 m<sup>3</sup> (10,000 barriles) para interfases monoboja a tanques y producto no conforme.

b) **Equipo dinámico (bombas)**, ver las características y especificaciones en el apartado I.1. Bases de Diseño del presente estudio.

Los Procedimientos Operativos para el proceso de llenado de autotanques tanto gasolinas y diésel serán elaborados de acuerdo a la normatividad vigente. Se utilizarán bombas centrifugas de 1,514 LPM (400 GPM), calculadas, fabricadas e instaladas de acuerdo a los códigos API, ASME, y ASTM.

Los equipos que integrarán al subsistema para el llenado de autotanques son de 19 bombas centrifugas de tipo horizontal, distribuidas como sigue:

- 10 bombas principales para gasolina Regular, gasolina Premium, Diesel y Turbosina; considerándose, además, 03 de relevo para la Etapa 1.
- 04 bombas para gasolina Regular, gasolina Premium, Diesel y Turbosina para la Etapa 2.

- 01 bomba para envío por poliducto para gasolina Regular, gasolina Premium y Diesel más 01 de relevo para la Etapa 2.

Cada una de estas bombas tienen arrancadores estáticos, selectores automáticos/manual/fuera, para sus arrancadores ubicados en el centro de control de motores y la conexión al sistema de control supervisorio.

Las bombas centrifugas serán calculadas, fabricadas e instaladas de acuerdo con el código API 2610. Las llenaderas estarán equipadas con brazos de carga, válvulas de bloqueo, válvula electrohidráulica, sensor de temperatura, unidad de control local, filtros, monitor de prevención de sobrellenado, detector de conexión a tierra y toda la instrumentación necesaria para su correcto funcionamiento, de conformidad con las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

c) La **tubería de conducción** cumplirá con las especificaciones estándar de la industria de la tubería para servicio de producto refinado conforme a los requisitos establecidos en las normas ANSI/ASME B36.10 y ASMI B31.3, en lo que resulten aplicables. Se usará tubería superficial, en trincheras y pasos elevados entre las estaciones de carga de auto tanques y los tanques de almacenamiento, entre los tanques de almacenamiento y las plataformas de descarga de auto tanques, al igual que en la de carga de auto tanques.

El **diseño de la tubería**, los materiales, la soldadura, la fabricación, las pruebas no destructivas y las pruebas de presión deberán cumplir con los requisitos para líquidos de baja presión de vapor de las normas aplicables para tubería de proceso. Todos los materiales deberán cumplir estrictamente con el código API 650 vigentes y demás códigos, especificaciones y normatividad que resulte aplicable. Se deberán acatar estrictamente todos los requisitos de prueba de impacto. Se realizarán las pruebas de presión de la tubería en base a la especificación ASME B31.3, recipientes sujetos a presión al ASME Sección VIII Div. I y pruebas no destructivas como lo marca el API, ASME Sección V Edición 2015. La fabricación en taller, pruebas no destructivas y pruebas de presión serán maximizadas para limitar el alcance de trabajo en campo. Se realizarán pruebas no destructivas para un 10% de partes superficiales y 100% de partes subterráneas para el caso de las partes humedecidas por el proceso y las partes de retención de presión.

Al terminar la instalación en campo, se realizarán las pruebas no destructivas en todas las soldaduras de conexión y se ejecutará una verificación de hermeticidad para fugas y de servicio neumático en los sistemas de tubería de drenaje y proceso.

Los soportes para tubería fabricados de concreto, mampostería o similares, deben tener una placa o elemento estructural ahogado y sobresaliente al paño del soporte, el cual debe ser la superficie de contacto y deslizamiento entre el soporte y la tubería. Los apoyos y soportes para tubería deben resistir las acciones y combinaciones de acciones de la tubería, incluyendo las cargas por la prueba hidrostática, entre otras. El arreglo de tubería debe tener los soportes necesarios para asegurar que las conexiones no transmitan esfuerzos excesivos a los equipos y mantengan la alineación de la tubería. La tubería debe tener apoyos y soportes permanentes, solo se permiten

soportes temporales para la prueba hidrostática. Todos los apoyos se deben fabricar con material que resista las condiciones de servicio y ambientales. El hierro fundido, dúctil y maleable no se permite para apoyos y soportes para tubería, los apoyos se deberán colocar sobre elementos estructurales, no se permiten apoyos sobre rejillas, placas antiderrapantes, barandales, escaleras, sobre el piso sin dados de concreto, entre otros.

#### **d) Equipo de maniobra y mantenimiento.**

Se debe instalar en el taller de mantenimiento una grúa viajera con monorrieles con carro de movimiento, para las maniobras de mantenimiento de las válvulas y motores, por lo que en el desarrollo de la ingeniería se determinaran los detalles técnicos.

#### **I.1.3. Proyecto sistema contra-incendio.**

La T.M.A.R. y E. P.B.C., contará un Sistema Contra incendio en las áreas de almacenamiento, recepción, entrega y sistemas adicionales de seguridad, diseñado y construido con base a las recomendaciones del Análisis de Riesgos y Análisis de Consecuencias, así como en las normas NFPA 11, Sección 7 API 2610, NFPA 14, NFPA 15, NFPA 20, NFPA 22, NFPA 25 Y NFPA 30 y con las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

#### ***Criterios de diseño del sistema contraincendio.***

El Sistema Contra incendio en su diseño, contará con un tanque de almacenamiento de agua dulce dentro de la instalación terrestre de la Terminal únicamente para la bomba jockey, misma que debe tener una presión de descarga igual a la presión a gasto cero de las bombas contraincendio principales y redundantes (relevo); estar instrumentadas con un paro automático, que actúe cuando en la red contraincendio se registre una presión igual a la presión de gasto nulo (140 por ciento máximo de la presión nominal) más la presión estática de la bomba principal; así como un arranque automático que se accione cuando dicha red registre una presión al menos de 68,9 kPa (0,7 kg/cm<sup>2</sup>;10 lb/pulg<sup>2</sup>) debajo de la presión de paro de la bomba de mantenimiento de presión "jockey".

Un cobertizo contra incendio, sistema de bombeo, instrumentación, red de agua contra incendio, equipo generador y de aplicación de espuma, extintores que estará ubicado en la parte sur este del muelle marginal.

En todo el proyecto se seguirá lo establecido en la Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales, y en lo que esta no establezca se estará a lo indicado en términos del API 2610.

### **Cobertizo contra incendio:**

La terminal marítima de recepción, almacenamiento y entrega de petrolíferos en Baja California considera en su diseño un área de cobertizo contra incendio, donde estará ubicado el equipo de bombeo para el suministro de agua y espuma, con las siguientes características:

Considera un espacio para el personal de operación, cuarto eléctrico, sanitarios, área para el equipo de protección personal de la cuadrilla de bomberos, área para el equipo de bombeo principal, paquete de presión balanceada, bomba jockey, bodega cerrada con estantería para los accesorios contra incendio (mangueras, boquillas, extintores, trajes contra incendio, equipo de respiración autónomo) y una bodega abierta para almacenamiento de tambores de líquido espumante AR AFFF.

### **I.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO.**

A continuación, se describe a detalle la operación de la T.M.R.A. y E.P.B.C.:

1) La **Recepción de los productos** a la T.M.R.A. y E.P.B.C., en un área de recibo por Buque tanque como medio principal, contando para el atraque, amarre y descarga con un sistema de brazos de carga marino para cada producto instalado en la plataforma de operación del muelle de tipo marginal. La operación de descarga de buque tanques para Gasolinas, Diésel y Turbosina tendrá la capacidad de operar 24 horas al día con (1) posiciones de descarga desde el muelle marginal, facilitando la descarga de los 75,000 BPD (11,925,000 litros por día) de entrada. Para este proyecto se considera 04 Brazos de carga Marino de 10" de diámetro para flujos de 596 m<sup>3</sup>/hr (4,000 barriles/hora) cada uno.

2) Para el **almacenamiento de los productos (Hidrocarburos)**, en la T.M.R.A. y E.P.B.C., tiene contemplada un área de tanques estacionarios verticales, debidamente identificados de acuerdo al producto que contienen **06 tanques para el almacenamiento tipo vertical (tv)** en la 1er. Etapa para gasolinas (Regular y Premium), así como Diésel, Turbosina y en segunda etapa un tanque más **tipo vertical (tv) 1,590 m<sup>3</sup> 10,000 barriles** para Producto no conforme. (Ver Tabla 2. Relación de Tanques de Almacenamiento en la T.M.R.A. y E.P.B.C.).

**Tabla 12. Tanques de Almacenamiento la 1er. Etapa.**

<b>Gasolina Regular</b>		
<b>No. TANQUE</b>	<b>CAPACIDAD (m<sup>3</sup>)</b>	<b>CAPACIDAD (BARRILES)</b>
tv-02	23,850	150,000
tv-03	15,900	100,000
<b>Gasolina Premium</b>		
tv-05	15,900	100,000
<b>Diésel</b>		
tv-01	8,745	55,000
tv-04	8,745	55,000
<b>Turbosina</b>		
tv-06	8,745	55,000
<b>Total 1er Etapa</b>	<b>81,885</b>	<b>515,000</b>

**Fuente:** Memoria técnica descriptiva T.M.R.A. y E.P.B.C.

4) **Entrega** a los auto tanques para entrega a los clientes por medio de equipo de bombeo, medición y control en las llenaderas. La T.M.R.A. y E.P.B.C., se hará mediante auto tanques a razón de 30 a 40 camiones diarios. Con capacidad de **40, 000.00 Litros**. Para lo cual se contará con las siguientes instalaciones:

La operación de la zona de entrega de producto a autotanque, **en su Etapa 1** se realizará en **10 posiciones en total de llenado de autotanques**, con capacidad cada una de 1,514 lpm (400 GPM) para gasolina regular, gasolina premium, diésel y turbosina.

En la **Etapa 2**, está proyectado **04 posiciones de llenado de autotanques**, con capacidad cada una de 1,514 lpm (400 GPM).

**Área de recibo de buque tanque** con capacidad de operar 24 horas al día con (1) posiciones de descarga desde el muelle marginal, facilitando la descarga de los 75,000 BPD (11,925,000 litros por día) de entrada. Para este proyecto se considera 04 Brazos de carga Marino de 10" de diámetro para flujos de 596 m<sup>3</sup>/hr (4,000 barriles/hora) cada uno.

El **área de recepción por autotanque**, se llevará a cabo mediante la operación de:

Una posición de descarga, totalmente instrumentada e integrada al sistema de medición y control, en esta sección debe incluir un paquete de medición para gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel y Turbosina a descargar.

El medidor de flujo será de desplazamiento positivo, con este equipo se controla la cantidad de producto que se descarga, la información se almacena en la unidad de control local (UCL). La descarga será a través de bombas centrifugas que serán calculadas, fabricadas e instaladas de acuerdo con el código API 2610. Cada posición, se compone de brazos de descarga, válvulas de bloqueo, filtros, equipo de bombeo, tanque eliminador de aire, válvula controladora de flujo, medidor y conexión a tierra física (patines de medición) y toda la instrumentación necesaria para su correcto funcionamiento, de acuerdo con los requerimientos Normas Oficiales Mexicanas, NOM - 006-ASEA-2017, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

**Área de llenado de auto tanques** con **10 islas de llenado en Etapa 1** y **4 islas de llenado para la Etapa 2 a futuro**, equipadas con filtro, válvulas, brazos de carga y cabezales de tubería de acero al carbón ASTM, patín de medición y control automático.

El área entrega de la T.M.R.A. y E.P.B.C., se efectuará por los siguientes medios:

**Tabla 13. Área de entrega de petrolíferos (auto-tanque), para lo cual se construirán 10 islas de llenado en Etapa 1 y 4 islas de llenado para la Etapa 2 a futuro.**

Nº de Llenaderas Autotanques	Producto	Nº de posiciones de llenado Etapa 1	Nº de posiciones de llenado Etapa 2
5 (sencillas)	Gasolina Regular,	06, 07, 08, 09, 10	11
2 (sencillas)	Gasolina Premium	04, 05	12
2 (sencillas)	Diésel	02, 03,	13
1 (sencillas)	Turbosina	01	14

**Fuente:** Memoria descriptiva de T.M.R.A. y E.P.B.C.

Los equipos que integrarán al subsistema para el llenado de autotanques son de 19 bombas centrífugas de tipo horizontal, distribuidas como sigue:

- 10 bombas principales para gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel y Turbosina, considerándose, además, 03 de relevo para la Etapa 1.
- 04 bombas para gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel y Turbosina para la Etapa 2.
- 01 bomba para envío por poliducto para gasolina Regular, gasolina Premium y Diésel más 01 de relevo para la Etapa 2.

Cada una de estas bombas tiene arrancadores estáticos, selectores automáticos/manual/fuera, para sus arrancadores ubicados en el centro de control de motores y la conexión al sistema de control supervisorio.

**Tabla 14. Bombas Operación.**

POSICIONES DE A/T	BOMBAS OPERACIÓN ETAPA 1	BOMBAS OPERACIÓN ETAPA 2	BOMBAS DE RELEVO
Gasolina Regular	5	1	1
Gasolina Premium	2	1	
Diésel	2	1	1
Turbosina	1	1	1
Poliducto		1	1
<b>Totales</b>	10	5	4

**Fuente:** Memoria descriptiva de T.M.R.A. y E.P.B.C.

Las bombas centrífugas serán calculadas, fabricadas e instaladas de acuerdo al código API 2610. Las llenaderas estarán equipadas con brazos de carga, válvulas de bloqueo, válvula electrohidráulica, sensor de temperatura, unidad de control local, filtros, monitor de prevención de sobrellenado, detector de conexión a tierra y toda la instrumentación necesaria para su correcto funcionamiento, de conformidad con las Normas Oficiales Mexicanas, NOM - 006-ASEA-2017 Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

De acuerdo a los requerimientos para el Estudio de Riesgo Ambiental, el proyecto será evaluado bajo uno o más métodos especiales para identificar, analizar, evaluar, jerarquizar y generar alternativas de mitigación y control de riesgos significativos asociados con equipos y procedimientos críticos, empleando metodologías aceptadas tanto nacional como internacionalmente para el cumplimiento de la normatividad vigente.

### **I.2.1. Hojas de seguridad.**

En la T.M.R.A. y E.P.B.C. proyectada como se ha citado se manejarán combustibles como son: gasolina regular (Regular), gasolina Premium, diésel, así como Turbosina, los cuales son considerados como peligrosos de acuerdo a la clasificación CRETI (inflamabilidad), por lo anterior es necesario contar para la operación de la T.M.R.A. y E.P.B.C. con las hojas de seguridad a fin de disponer de información sobre los compuestos químicos de las gasolinas, turbosina y diésel, donde se especifican detalles sobre el uso, el almacenaje, el manejo, los procedimientos de emergencia y los efectos potenciales a la salud relacionados con estos materiales (Ver Hojas de Seguridad en anexo).

ANEXO 9. HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD:

- 9.1.- Gasolina Regular (Magna).
- 9.2.- Gasolina Premium.
- 9.3.- Diésel.
- 9.4.- Turbosina

### **I.2.2. Almacenamiento.**

Para el **almacenamiento de los productos (Hidrocarburos)**, en la T.M.R.A. y E.P.B.C., tiene contemplada un área de tanques estacionarios verticales, debidamente identificados de acuerdo al producto que contienen **06 tanques para el almacenamiento tipo vertical (tv)** en la 1er. Etapa para gasolinas (Regular y Premium), así como Diésel, Turbosina y en segunda etapa un tanque más **tipo vertical (tv) 1,590 m<sup>3</sup> 10,000 barriles** para Producto no conforme. (Ver Tabla 2. Relación de Tanques de Almacenamiento en la T.M.R.A. y E.P.B.C.)

### **I.2.3. Equipos de proceso y auxiliares.**

**Las condiciones y disponibilidad de sistemas y servicios auxiliares.**

- Agua de servicios y usos sanitarios.  
Esta se suministrará por la red municipal existente en la zona; lo cual lo determinará en la etapa de diseño.
- Agua contra incendio.

El Sistema Contra incendio en su diseño, contará con un **tanque de almacenamiento de agua dulce** dentro de la instalación terrestre de la Terminal únicamente para la bomba jockey, misma que debe tener una presión de descarga igual a la presión a gasto cero de las bombas contraincendio principales y redundantes (relevo); estar instrumentadas con un paro automático, que actúe cuando en la red contraincendio se registre una presión igual a la presión de gasto nulo (140 por ciento máximo de la presión nominal) más la presión estática de la bomba principal; así como un arranque automático que se accione cuando dicha red registre una presión al menos de 68,9 kPa (0,7

---

kg/cm<sup>2</sup>;10 lb/pulg<sup>2</sup>) debajo de la presión de paro de la bomba de mantenimiento de presión "jockey".

Un cobertizo contra incendio, sistema de bombeo, instrumentación, red de agua contra incendio, equipo generador y de aplicación de espuma, extintores que estará ubicado en la parte sur este del muelle marginal.

- Aire de instrumentos y de planta.

Estos se requieren para el accionamiento de válvulas de control contra incendio y los tapones fusibles de las líneas contra incendio de los tanques de almacenamiento la presión a utilizar es de 0 a 10 kg/cm<sup>2</sup>.

- Requerimiento de facilidades de manejo de residuos sólidos.

Dispositivos deben ser tipo paquete de tratamiento y se debe definir en la etapa de diseño.

Como medida de prevención en la etapa de construcción se cuidará el manejo de los cementantes, los cuales deberán resguardarse en bodegas y el personal de obra evitará el derrame accidental o irresponsable de los aglutinantes como cemento, cal, morteros, las bolsas de estos materiales deberán recolectarse y depositarse en un lugar específico para evitar su dispersión.

Los residuos sólidos de acero (varilla, alambre, alambazón), deberán ser recolectados y enviados a un área de acopio para su reutilización o en su caso serán confinados para su traslado a los sitios que determinen las autoridades municipales, los desechos de madera para cimbra que ya no sea útil para la actividad constructiva, se recolectará y enviará al área de acopio de residuos de obra para su disposición final.

Los materiales de desecho producto de los trabajos realizados con morteros y concretos serán recolectados permanentemente durante el tiempo que dure la obra hasta su limpieza y entrega de obra, estos desechos sólidos serán confinados para sus traslados a los sitios que determinen las autoridades municipales, cumpliendo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos.

#### ***Residuos peligrosos (criterios de diseño).***

Se debe diseñar el área para el almacén de residuos sólidos y peligrosos de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

#### **I.2.4. Pruebas de verificación.**

La ingeniería, procura, construcción, pruebas y puesta en marcha, y en general todo el proceso del proyecto, cumplirá con las Normas oficiales vigentes y con las Especificaciones establecidas para el proyecto de la, **T.M.R.A. y E.P.B.C.**, (ver subcapítulo I.1 bases de diseño; las Leyes y normas que se aplicaron al diseño de las instalaciones y equipo).

Las pruebas de campo a los equipos del sistema eléctrico se realizarán por laboratorios especializados y autorizados con los formatos de pruebas de campo especificados para cada caso.

Resultados y documentos:

Se entregarán junto con los resultados de las pruebas, los planos (última revisión) y documentos solicitados en las Normas antes mencionadas de ser el caso.

La T.M.R.A. y E.P.B.C., comprobará la calibración y operación de los equipos e instalaciones, de acuerdo a los resultados proporcionados por el contratista.

En caso de transferencia automática en los tableros de distribución o centro de control de motores la secuencia de operación será verificada de acuerdo a la filosofía de operación del sistema de transferencia automática.

Se levantarán reportes de las pruebas, observaciones y datos de operación de los equipos una vez instalados.

Los equipos que no cumplan con las pruebas serán rechazados. El licitante ganador deberá corregir los defectos encontrados en forma inmediata y comunicar a la supervisión el nuevo programa de pruebas respectivas.

### **I.3. CONDICIONES DE OPERACIÓN.**

#### **Para la Operación de la T.M.R.A. y E.P.B.C., los Tanques de almacenamiento.**

En este subsistema incluye la instalación de instrumentación y equipo (de nivel y temperatura) en cada uno de los tanques de almacenamiento, los cuales se encuentran unidos punto a punto hasta la Unidad de Control instalada en un gabinete ubicado en la oficina de operación y torre de control, esta unidad de control está enlazada con una Estación de Adquisición de Datos para el monitoreo y control de inventarios. Se construirán tanques del tipo API cilíndrico vertical de cúpula fija del tipo domo geodésico, con membrana interna flotante de contacto completo fabricada en aluminio y sello perimetral de zapata, resistente a las gasolinas oxigenadas, MTBE y TAME (Ver en anexo Plano de arreglo general, como Plano de tubería de proceso, así como Diagrama de flujo de proceso de la T.M.R.A. Y E.P.B.C.).

**Flujo.** - En esta sección no se lleva a cabo el monitoreo o control de flujo, éste se llevará a cabo en oficinas de recibo y medición.

**Presión.** - En esta sección no se lleva a cabo el monitoreo o control de Presión, debido a que la operación de los tanques es atmosférica, la variación de la presión en las líneas de alimentación y

---

de descarga de los tanques es únicamente afectada por el nivel del combustible dentro de los tanques.

**Temperatura.** - Como parte del sistema de temperatura se tendrán instalados transmisores e indicadores en cada uno de los tanques de almacenamiento como parte del sistema de tele medición de los tanques que se encontrarán unidos a través de un lazo de comunicación hacia la unidad de control local de los tanques de almacenamiento que concentra las señales y está instalada en la Torre de control y Oficina de Operación.

**Nivel.** - Como parte del sistema de tele medición de Tanques de Almacenamiento, se tienen instalados transmisores e indicadores de nivel de combustible y agua en cada uno de los tanques, cuyas señales se unen punto a punto hacia la unidad de control local que concentra las señales de tanques de almacenamiento y estará instalada en la torre de control y Oficina de Operación, asimismo, se instalaran indicadores de nivel a pie de cada uno de los tanques.

**Subsistema de MOVs.** - En cumplimiento con lo indicado en el SISTEMA DE AUTOMATIZACION Y CONTROL se instalarán válvulas operadas eléctricamente a la entrada y salida de cada uno de los tanques de almacenamiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C., localizadas a pie de los diques. Cada válvula motorizada cuenta con un selector de operación Manual/Fuera/Auto, una perilla de operación local para apertura/cierre de la válvula, actuador e interruptores de posición, tarjeta de comunicaciones y bloqueo de alimentación eléctrica.

La **Recepción de los productos** a la T.M.R.A. y E.P.B.C., en un área de recibo por Buque tanque como medio principal, contando para el atraque, amarre y descarga con un sistema de brazos de carga marino para cada producto instalado en la plataforma de operación del muelle de tipo marginal. La operación de descarga de buque tanques para Gasolinas, Diésel y Turbosina tendrá la capacidad de operar 24 horas al día con (1) posiciones de descarga desde el muelle marginal, facilitando la descarga de los 75,000 BPD (11,925,000 litros por día) de entrada. Para este proyecto se considera 04 Brazos de carga Marino de 10" de diámetro para flujos de 596 m<sup>3</sup>/hr (4,000 barriles/hora) cada uno, que forma parte de un patín de medición (Los patines de medición serán instrumentados de acuerdo al SISTEMA DE AUTOMATIZACION Y CONTROL, además de los sistemas de seguridad y control adecuados para tal fin.

**Flujo.** - En esta sección debe incluir un paquete de medición para cada una de las posiciones de descarga. El flujo está determinado por la curva de operación de las bombas y el tipo de combustible que esté siendo descargado, una pequeña variación del flujo puede darse debido a la variación del nivel del tanque al cual estén descargando. El medidor de flujo que será empleado, es un medidor de desplazamiento positivo, con este equipo se controla la cantidad de producto que se descarga, la información se almacena en la unidad de control local (UCL).

**Presión.** - En esta sección únicamente se tiene la indicación de presión local a la descarga de las bombas de combustibles mediante manómetros que son parte de las descargas de las bombas respectivamente.

**Densidad.**- Como parte integrante del sistema de medición y control se utiliza la densidad o gravedad API para la conversión de volumen a volumen corregido por temperatura, por lo que se instalarán instrumentos de medición en línea.

**Temperatura.** - Como parte de los sistemas de medición dentro del equipo paquete se tienen los instrumentos de temperatura tipo RTD. Mediante estos instrumentos se hace la corrección del volumen de los combustibles.

**Nivel.** - Al terminar la operación de carga de un autotanque, con el fin de poder utilizar este sistema para la descarga de un tipo de combustible diferente se cuenta con una bomba de desplazamiento positivo pequeña para vaciar la sección de tubería, la bomba y el tanque eliminador de aire enviando el líquido corriente abajo de la válvula check ubicada en el patín de medición. La operación de la bomba para el vaciado del sistema se efectúa a través de los interruptores de nivel tipo flotador localizados en el separador de aire.

### **1.3.1. Especificación del cuarto de control.**

El sistema de control de la "terminal marítima de recepción, almacenamiento y entrega de petrolíferos en Baja California", está diseñado para monitorear y controlar todas las variables de proceso de operación, en las áreas de almacenamiento, recepción, entrega y sistemas adicionales de seguridad, cumpliendo con las recomendaciones del análisis de riesgos y con las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

En su diseño se instalará la infraestructura, instrumentación y equipos, para las funciones de medición y control de las variables de proceso operativo, los cuales se encuentran unidos punto a punto hasta la unidad de control, instalada en un gabinete ubicado en la oficina de operación y torre de control. El medio de control será local y remotamente.

El sistema de control tiene la capacidad de comunicarse con los sistemas de medición y control para la transferencia en las zonas de almacenamiento, recepción y entrega de petrolíferos, medios para control del paro y arranque de los equipos, control de las operaciones de volumétricas de los petrolíferos, registros de las actividades.

### **1.3.2. Sistemas de aislamiento.**

Sistemas de contención para derrames:  
DIQUES DE CONTENCIÓN.

---

El área de almacenamiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C., en su diseño contará con diques de contención contra derrames.

La capacidad volumétrica del dique de contención que en su interior albergue un solo tanque de almacenamiento de Producto debe ser como mínimo 1.1 veces la capacidad del tanque, incluyendo mochetas, tuberías, válvulas y escaleras.

Para el dique de contención que en su interior albergue varios tanques de almacenamiento, su volumen de contención debe ser la capacidad nominal del mayor tanque, más la cantidad de agua anticipada ante un mayor evento pluvial típico en la zona.

El área de almacenamiento de la "T.M.R.A. y E.P.B.C., en su diseño contará con diques de contención contra derrames.

La capacidad volumétrica del dique de contención que en su interior albergue un solo tanque de almacenamiento de Producto debe ser como mínimo 1.1 veces la capacidad del tanque, incluyendo mochetas, tuberías, válvulas y escaleras.

Para el dique de contención que en su interior albergue varios tanques de almacenamiento, su volumen de contención debe ser la capacidad nominal del mayor tanque, más la cantidad de agua anticipada ante un mayor evento pluvial típico en la zona.

Se diseñarán y construirán para contener y resistir la presión lateral que les pueda transmitir la altura hidrostática, considerando el líquido almacenado como agua.

Para el diseño de los diques de contención serán calculados acorde con la memoria de cálculo y diseño estructural, elaborado y aprobado por el proyectista, en base al resultado del estudio de mecánica de suelos, sismicidad de la zona, vientos dominantes y los factores de seguridad correspondientes, con juntas de expansión de acero inoxidable para absorber las contracciones y expansiones térmicas, conservando la hermeticidad en estas. En los cruces de tubería a través del muro de contención se realizará sellando el claro alrededor de las tuberías por medio de emboquillado, con materiales resistentes a los hidrocarburos y al fuego.

Los patios internos de los diques de contención serán de concreto armado con una pendiente mínima de 1 % que permita el libre escurrimiento de líquidos hacia registros de drenaje industrial. En el patio interior de los diques que contengan varios tanques de almacenamiento, se construirán muros intermedios de concreto armado de 0.45 m de altura con el fin de prevenir que un pequeño derrame ponga en peligro la integridad de los otros tanques dentro del dique. Cada una de las subdivisiones señaladas debe tener un sistema de drenaje pluvial y aceitoso independientes. De conformidad con las Normas Oficiales Mexicanas, NOM - 006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

Sistemas de aislamiento eléctricos:

El aislamiento en las instalaciones eléctricas es por medio de dispositivos para protección contra incendio, los cuales se describen a continuación:

---

Todos los motores eléctricos deben ser de eficiencia premium, el aislamiento del devanado de los motores debe ser clase F, los ventiladores deben ser metálicos, deben tener tratamiento anticorrosivo con lubricación.

Conductores con Aislamiento termoplástico para Instalaciones hasta 600 Volts. – Especificaciones (NMX-J-010-ANCE-2011).

### **Sistema de tierras:**

La Terminal de T.M.R.A. y E.P.B.C., contará con un sistema de puesta a tierra y sistema de protección atmosférica (pararrayos) para las instalaciones y equipos de las diversas áreas tomando como base lo indicado en la NFPA77, NFPA y NOM-006-ASEA-2017.

Se debe efectuar el estudio de resistividad del terreno donde se ubicarán las instalaciones de la Terminal una vez que el terreno esté debidamente compactado; el estudio de resistividad del terreno se debe desarrollar y presentar de acuerdo a la normatividad señalada en el párrafo anterior.

Todos los accesorios para la instalación de los sistemas de puesta a tierra y protección atmosférica deben cumplir con los lineamientos establecidos en la NOM-001-SEDE, NFPA 70, NFPA 77 y NFPA 780 y NOM-006-ASEA-2017.

La resistencia de la red de tierras para el cobertizo de llenaderas de autos tanque debe ser 5 ohm máximo.

La malla de la red general del sistema de puesta a tierra integrara todas las instalaciones que conforman la Terminal con objeto de evitar gradientes de potencial que afecten las instalaciones o generen riesgos a las personas y dar cumplimiento al Artículo 250-86 de la norma NOM-001-SEDE.

La malla de la red general del sistema de puesta a tierra estará construida con conductor de cobre desnudo, temple semiduro, con un calibre de acuerdo a cálculos, pero no menor de 2/0 AWG excepto para la subestación eléctrica que debe ser de 4/0AWG.

Para conexiones subterráneas de la red de puesta a tierra se deben utilizar conectores del tipo de soldadura exotérmica.

Todos los Tanques de almacenamiento de Productos, se deben poner a tierra cuando menos en cuatro puntos opuestos del tanque.

Para conexiones subterráneas de la red de puesta a tierra se utilizarán conectores del tipo de soldadura exotérmica.

Sistema de pararrayos:

La T.M.R.A. y E.P.B.C., contara con un sistema de protección atmosférica (pararrayos) para los edificios mayores de 7.5 m, estructuras de más de 15.0 m y edificios con áreas clasificadas, tomando como base lo indicado en la NOM-001-SEDE, NFPA 780 y NOM-006-ASEA-2017.

El sistema de protección contra descargas atmosféricas debe ser independiente de la red general de tierras, sin embargo, las dos redes de tierras deben interconectarse entre ellas en un punto de la red con cable aislado de un tamaño (calibre) menor al de la red, no menor a 6 AWG, para evitar diferencias de potenciales entre ellas, tal interconexión debe considerarse desde etapa de proyecto y permanecer interconectadas a menos que exista un requerimiento específico en contra.

El sistema de protección contra descargas atmosféricas, debe ser diseñado mediante la metodología de la esfera rodante de acuerdo a lo establecido en la NOM-001-SEDE y NFPA 780.

Para el sistema de protección atmosférica no se deben utilizar sistemas de emisión de flujo o sistemas disipadores de energía.

Los tanques de almacenamiento verticales con espesor de pared y de techo de 4,6 mm (3/16 pulg), o mayores, se consideran auto protegidos contra descargas atmosféricas y no se requiere incluir el sistema contra descargas atmosféricas.

Todos los accesorios para la instalación de los sistemas de puesta a tierra y protección atmosférica deben cumplir con los lineamientos establecidos en la NOM-001-SEDE, NFPA 70 y NFPA 780.

---

## **I.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.**

### **I.4.1. Antecedentes de accidentes e incidentes.**

De los accidentes ocurridos en Terminales de Almacenamiento y Reparto (T.A.R.) se encontraron los registros, siendo en su mayoría por motivos de fallas humanas y no por fallas en el proceso o equipos.

- Incendio (bola de fuego) en las llenaderas de autotanques, generada por chispa en una masa de vapores de gasolina.
- Choque de autotanque contra algún elemento de la zona de llenaderas sin generar derrame de combustible.
- Desprendimiento de conexiones por avance del autotanque sin desconectar, produciendo un derrame de combustible de algunos litros que quedan en la tubería.
- Caídas y atropellamientos en las zonas operativas y de maniobras vehiculares.
- Choques entre vehículos de consecuencias leves.
- Accidentes laborales por motivos de remodelación o mantenimiento de las instalaciones (caídas, machucones, descargas eléctricas).

Eventos registrados de carácter catastrófico:

#### **ACCIDENTE DE BUNCEFIELD, REINO UNIDO, 2005.**

*Sobre las 6 de la mañana del día 11 de diciembre de 2005 tuvo lugar una explosión de nube de vapor no confinada en el "Buncefield Oil Storage Depot" (terminal de almacenamiento de Buncefield). Como resultado de la explosión que se produjo a partir de la pérdida de contenido de unos de los depósitos de almacenamiento, se sucedieron otras explosiones y un importante incendio, en el que estuvieron involucrados varios depósitos de la instalación.*

#### *Características de las instalaciones*

*La terminal de almacenamiento de combustible conocida como "Buncefield Oil Storage Depot", se encuentra en Hemel Hempstead, en el condado de Hertfordshire (Inglaterra), al norte de la ciudad de Londres. En diciembre de 2005, dentro de la terminal se encontraban tres establecimientos distintos, todos ellos afectados por la legislación de accidentes graves en su nivel superior y dedicados al almacenamiento de combustibles:*

- *Hertfordshire Oil Storage Ltd (HOSL), cuyas instalaciones se encontraban divididas en dos partes, una al este y otra al oeste de la terminal.*
- *British Pipeline Agency (BPA), cuyas instalaciones se encontraban igualmente divididas en dos partes, una ubicada en la zona norte de la terminal y otra situada en el centro de la misma, entre la HOSL este y la HOSL oeste.*
- *BP Oil UK Ltd, en la zona sur de la terminal.*

---

*En total, la terminal de Buncefield almacenaba unas 194.000 toneladas de combustibles.*

*Los hidrocarburos se recibían en la terminal a través de tres tuberías y se expedían fuera mediante camiones cisterna, excepto en el caso del jet de aviación, para el que existía un sistema de tuberías que lo distribuía a los aeropuertos de Gatwick y Heathrow.*

*La terminal se encontraba en una zona industrial, en cuyos alrededores había edificios de negocios y residencias.*

#### *Descripción 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 sábado 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.*

*La devastación producida por la explosión fue enorme. Afortunadamente, no hubo pérdidas humanas, puesto que el accidente ocurrió en la madrugada del domingo y, al tratarse de una zona industrial, se encontraba relativamente tranquila en esos momentos. Aun así, unas 40 personas resultaron heridas. El fuego que se produjo tras la explosión afectó a unos 20 tanques ubicados en la zona y ardió durante varios días. El agua y las espumas utilizadas para apagar el fuego, junto con*

---

parte del combustible derramado, llegaron al subsuelo a través de desagües y pozos de drenaje, produciendo daños importantes al medioambiente de la zona.

*Análisis de las causas del accidente.*

Los fallos en el diseño y mantenimiento de los sistemas de protección para evitar el sobrellenado de tanques deben considerarse como las causas técnicas de la explosión inicial y de la dispersión de contaminantes posterior. Sin embargo, debajo de estas causas inmediatas deben buscarse otras, que afectan al sistema organizativo y al planteamiento de trabajo, y que son realmente las culpables del accidente:

1. El mantenimiento y la gestión de los sistemas ubicados en las instalaciones de HOSL en relación con el sobrellenado de tanques eran deficientes y no tenían un seguimiento continuo, a pesar del hecho de que ambos sistemas eran auditados de forma independiente. En concreto, el sistema de bloqueo por alto nivel se encontraba inoperativo por falta de conocimiento sobre su funcionamiento.

2. La plantilla no disponía de suficiente información para manejar de forma apropiada la entrada de combustible en los almacenamientos, sobre todo datos relacionados con la velocidad de entrada y tiempos de recepción de los hidrocarburos.

3. La producción del establecimiento había aumentado, lo que imponía más presión sobre la plantilla y rebajaba el control de ésta sobre el proceso de almacenamiento de combustible y su monitorización.

Todas estas presiones habían creado en el establecimiento una cultura donde el proceso de operación era prioritario, sin prestar demasiada atención a los procesos de seguridad, para poder cumplir los objetivos de productividad.

*Lecciones aprendidas:*

El accidente de Buncefield no identifica ni presenta novedades sobre las que investigar o trabajar, sino que este suceso viene a reforzar los principios básicos de la gestión de la seguridad:

1. Debe existir un claro conocimiento de los riesgos de accidente grave en los establecimientos, así como del equipamiento crítico y los sistemas diseñados para el control de los mismos.

Esta comprensión y conocimiento debe existir a todos los niveles de la organización y es necesario que se establezca entre todas las secciones y grupos involucrados en el aprovisionamiento, instalación, mantenimiento y operación.

2. Deben existir sistemas y cultura en el establecimiento para detectar las señales de fallo en los sistemas de seguridad críticos y responder ante ellos de forma rápida y efectiva.

---

En este caso, hay claros signos de que el equipo no se estaba utilizando correctamente para el propósito para el que había sido diseñado y nadie cuestionaba por qué, o qué debía hacerse para cambiarlo.

3. El tiempo y los recursos para los procesos de seguridad deben estar disponibles.

La presión sobre la plantilla y los mandos debe ser entendida y gestionada de forma que éstos tengan capacidad para aplicar procedimientos y sistemas básicos para las operaciones de seguridad.

4. Cuando todo lo anterior esté implantado, deben implantarse sistemas de auditoría efectivos que pongan a prueba los sistemas de gestión y aseguren que estos sistemas están siendo usados y son efectivos.

**Fuente:** <https://www.unizar.es/guiar/1/Accident/Buncefield.html>

### **ACCIDENTE EN UNA PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE EN PUERTO RICO (CARIBBEAN PETROLEUM CORPORATION EN BAYAMÓN).**

El accidente de Caribbean Petroleum Corporation ocurrido por una simple falla en los sensores de nivel de llenado en uno de los tanques de almacenamiento ocasionó el mayor incendio visto en Puerto Rico hasta la fecha. La carencia de redundancia en el sistema de monitoreo y la deficiencia en la seguridad y en el control de procesos en la planta condujeron a una situación catastrófica.

a) Cuatro años después de la ocurrencia del accidente de Buncefield, Inglaterra, se repite prácticamente el mismo escenario de falla en Bayamón, Puerto Rico. El origen del accidente, el mecanismo de liberación de combustible y la fuente de ignición coinciden en ambos casos, a pesar de que los estándares de diseño, construcción y operación de tanques de almacenamiento no son del todo iguales, ni mantienen el mismo nivel de rigurosidad en Europa y América

b) Resulta interesante destacar que la fuga de combustible que desencadenó la catástrofe ocurrió en una región de la planta distinta a la región donde se desarrolló el incendio y se generaron las explosiones. El contenedor sobrellenado ubicado en la zona sur (tanque 105) contribuyó de manera activa en el origen del accidente ocurrido en la zona norte, y luego pasó a un rol pasivo durante el desarrollo del mismo. Así pues, se observa que el mecanismo de falla no estuvo situado dentro de la zona de desastre.

c) La falla en el funcionamiento y monitoreo de sensores de llenado en el nivel primario de contención muestra la falta de seguridad y de redundancia del sistema de control de la planta. Ni los empleados en turno, ni el sistema de monitoreo computarizado pudieron notar oportunamente el sobrellenado de uno de los contenedores. Parece ser que tampoco existía algún control de la cantidad de combustible expedido desde la barcaza en la Bahía de San Juan, desde donde se envió combustible aun después de que el tanque 105 se encontraba lleno, hasta que uno de los bomberos

---

cerró la válvula de flujo del oleoducto. Así pues, una falla momentánea en un sensor de llenado originó el trágico accidente que llevó a CAPECO a declararse en bancarrota.

d) Por otro lado, se cuestiona el desempeño del nivel de contención secundario de la granja de almacenamiento, puesto que no fue útil para contener y manejar adecuadamente el combustible en estado gaseoso que se había escapado del nivel primario. La mezcla volátil de combustible y aire identificada como "neblina", debido a sus propiedades en estado gaseoso, pudo fácilmente sobrepasar los diques de contención del nivel secundario.

e) El equipo de investigación del caso expresó que en la planta había varias posibles fuentes de ignición, lo cual podría indicar que las instalaciones no eran totalmente seguras. Nótese que en su vida de más de 50 años (1955- 2009) CAPECO reflejaba un historial considerable de irregularidades en el sistema de seguridad que incluía fugas de combustible y un incendio dentro de la planta, anterior al de 2009. Además, de acuerdo con la información publicada por integrantes del equipo de investigación, el sistema de drenaje diseñado para conducir aguas pluviales jugó un papel perjudicial, posiblemente permitiendo que la mezcla combustible alcanzase alguna fuente de ignición.

f) La cantidad de personas desalojadas y refugiadas, y de viviendas y negocios afectados está estrechamente relacionada a la ubicación geográfica de la planta de almacenamiento, la cual se sitúa en una zona urbana con una densidad de población relativamente alta. Otro aspecto cuestionable en relación a la ubicación de la planta es su cercanía a cuerpos de agua como ríos y acuífero, los cuales fueron contaminados como consecuencia del accidente de 2009.

### **ACCIDENTE DE JAIPUR, INDIA**

Sólo seis días después de la catástrofe de CAPECO, el depósito de de Indian Oil Company ubicado en Jaipur, India, estuvo envuelto en un accidente que involucró explosiones y fuego en los 11 tanques que conformaban la granja de almacenamiento de petróleo, queroseno y diésel. El accidente inició a las 7:36 pm el jueves 29 de octubre 2009 con una gran explosión que generó un movimiento telúrico superficial de magnitud Richter 2.3 y un incendio que se mantuvo ardiendo durante 11 días.

Alrededor de 500 mil personas fueron evacuadas, 300 resultaron heridos y 12 fallecieron por causa del accidente. El origen del desastre está asociado a la aparición de una neblina (vapor de petróleo) observada por testigos a partir de las 4:00 pm del mismo jueves. La falla inicial corresponde a una fuga de combustible ocurrida durante la transferencia de líquido entre un tanque de almacenamiento de la planta de Jaipur hacia otro tanque ubicado en una granja cercana, debido a la falla de una válvula de control. Unos 60 mil metros cúbicos de combustible fueron consumidos en el siniestro. Las instalaciones de la compañía petrolera en Jaipur contaban con una granja de almacenamiento, oficinas administrativas, un área de carga y descarga de camiones cisterna, una

---

caseta de bombeo y una cabina de control. Tras sólo 12 años en funcionamiento, las instalaciones quedaron totalmente destruidas y se observó daño en las estructuras de la zona en un radio de unos 2 km. Este accidente fue similar a los ocurridos en Buncefield, Inglaterra y en Bayamón, Puerto Rico en 2005 y 2009, respectivamente.

### **ACCIDENTE EN LA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO (TAD) DE SALAMANCA, GUANAJUATO.**

EXCELSIOR

CIUDAD DE MÉXICO

**Petróleos Mexicanos (Pemex)** lamentó el fallecimiento este lunes del trabajador de la empresa que permanecía internado en el Hospital Central Sur de Alta Especialidad de Picacho, en la Ciudad de México, como consecuencia del **accidente ocurrido el pasado día 15 de marzo en su Terminal de Almacenamiento y Despacho (TAD) de Salamanca, Guanajuato.**

En un comunicado, la empresa productiva del Estado expresó sus condolencias a familiares y amigos, y reiteró que brindará todo el apoyo necesario a sus deudos.

Señala que desafortunadamente los ocho trabajadores, tres de Pemex y cinco de las compañías externas que fueron hospitalizados tras la explosión en el área de llenaderas de dicha terminal, han fallecido.

Pemex aclara que continúa la investigación del accidente para determinar las causas que lo provocaron.

### **OTROS ACCIDENTES REGISTRADOS EN MÉXICO EN INSTALACIONES DE PEMEX.**

El pasado 15 de marzo, la empresa reportó una explosión e incendio en el **área de llenaderas de la TAD**, que se encuentra fuera de la refinería de Salamanca, mientras se realizaban maniobras de carga a un autotanque.

Lamentablemente fallece otro trabajador de Pemex hospitalizado por el accidente en la terminal de Salamanca <https://t.co/jNnWCW0mtGpic.twitter.com/V3dIR9m4fa>.

Por último, el 29 de marzo pasado, 17 trabajadores sufrieron lesiones leves debido a un flamazo ocurrido en el interior de un tanque de carga del Chalán Pemex 580, ubicado en la Terminal de Almacenamiento y Servicios Portuarios Madero, en Tamaulipas, mientras realizaban trabajos de corte y retiro de serpentines de calentamiento.

<http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2017/05/03/frecuencia-de-accidentes-en-pemex-aumento-20-9>

---

De la anterior información registrada se concluye con el siguiente párrafo igualmente encontrado de una investigación:

## **INVESTIGACIÓN DE CAUSAS DE EXPLOSIONES EN UNA PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE EN PUERTO RICO<sup>1</sup>**

**Jean Batista Abreu<sup>2</sup> y Luis A. Godoy<sup>3</sup>**

Durante los últimos años, las explosiones e incendios en granjas de almacenamiento de petróleo han ocasionado daños y perjuicios enormes, tanto desde el punto de vista ambiental como económico, causando pérdidas humanas y financieras, y generando altos niveles de contaminación en el medio ambiente.

Chang y Lin (2006) estudiaron y analizaron las causas de 242 accidentes de tanques de almacenamiento de hidrocarburos en instalaciones industriales. Según Chang y Lin, la mayoría de los accidentes estudiados pudieron evitarse si se hubiesen aplicado los principios ingenieriles adecuados. Las causas identificadas de los accidentes son: caída de rayos durante tormentas eléctricas, errores en las labores de mantenimiento, errores operacionales, falla en los equipos mecánicos, sabotaje, rotura o fisura de elementos estructurales, fugas de combustible, problemas en el sistema eléctrico, acción de desastres naturales, y otros, de las cuales los errores humanos provocaron el 30% de las eventualidades, aproximadamente. Un 85% de los accidentes involucran explosiones e incendios, la mayoría ocurridos en terminales o granjas de almacenamiento de productos y en más de 50% de los casos el contenido de los tanques era crudo y productos derivados del petróleo. Asimismo, una revisión de 480 accidentes que involucran fuego en tanques de almacenamiento ocurridos entre 1950 y 2003 (Persson y Lönnermark, 2004) muestra que la cantidad de accidentes crece entre un 20% y un 80% en cada década, reportándose en promedio 16 accidentes anuales en la década de 1990. En muchos de los casos las pérdidas económicas oscilan en cientos de millones de dólares. Es notable que en ambos estudios alrededor de la mitad de los casos registrados ocurrieran en los Estados Unidos de América.

<sup>1</sup> Artículo recibido el 10 de mayo de 2011 y aceptado para publicación el 15 de julio de 2011.

<sup>2</sup> Ex estudiante de Maestría, Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura, Universidad de Puerto Rico en Mayagüez, Puerto.

Rico 00680-9000. Actualmente estudiante doctoral, JohnHopkins University. E-mail: jbatist1@jhu.edu

<sup>3</sup> Catedrático, Director del Centro de Investigaciones en Infraestructura Civil, Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura,

Universidad de Puerto Rico en Mayagüez, Puerto Rico 00680-9000, E-mail: luis.godoy@upr.edu

#### **I.4.2. Metodologías de identificación y jerarquización.**

##### IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS EN ÁREAS DE PROCESO, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE.

De acuerdo a los requerimientos para el Estudio de Riesgo Ambiental, el proyecto será evaluado bajo uno o más métodos especiales para identificar, analizar, evaluar, jerarquizar y generar alternativas de mitigación y control de riesgos significativos asociados con equipos y procedimientos críticos, empleando metodologías aceptadas tanto nacional como internacionalmente para el cumplimiento de la normatividad vigente.

Este análisis considera el volumen total del petrolífero a almacenar, cantidad y tipo de tanques de almacenamiento y su ubicación con respecto a otras instalaciones dentro de la planta y límite de propiedad, cantidad, tipo de instalaciones y equipo para operaciones de recepción y entrega de producto, así como su frecuencia, ubicación y capacidad de la red de agua y espuma contra incendio, así como los diversos sistemas de prevención, alarma y supresión.

Considera también la proximidad y densidad de asentamientos humanos, así como de instalaciones especiales que contribuyan a incrementar el riesgo o en su defecto que sean susceptibles al riesgo de la instalación.

Por la naturaleza del proyecto se estableció una zona buffer de protección de 500 metros de acuerdo a los Criterios de Desarrollo Urbano de Gobierno Federal; por su parte la **NOM-006-ASEA-2017** de acuerdo a la capacidad de almacenamiento del tanque con mayor capacidad de la T.M.R.A. y E.P.B.C., de 30,000 barriles, **se establece un radio de protección de 40.15 metros** (Tabla 1 de la Norma) con el fin de salvaguardar la seguridad de la zona. Además de lo anterior también **se establecerá un muro de protección en el perímetro del predio con un mínimo de 2.5 metros de altura a base de concreto armado o material similar resistente al fuego y sobrepresión por explosión;** de tal manera de funcione como muro de abatimiento en caso de que ocurra un evento (incendio o explosión catastrófico en toda el área de almacenamiento) y que por sus características éste llegue a rebasar la superficie de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

En forma más específica se determinarán los riesgos más probables mediante la siguiente metodología y técnicas:

El estudio **Estudio de falla y efecto (HAZOP)** que se lleva a cabo asumió que los procesos de las áreas antes mencionadas son esenciales y el diagnóstico preliminar determinó que la opción de eliminar las sustancias con las que trabaja está fuera del enfoque del estudio debido a que son irremplazables ya que es su materia prima.

El análisis se concentra a las áreas de las cuales la concentración de gases o vapores existen de manera continua, intermitente o periódicamente en el ambiente, bajo condiciones normales de operación, según la **NOM-01-SENER-2012, Instalaciones Eléctricas**, en su artículo 515 PLANTAS DE

ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES, la clasificación eléctrica de las áreas se da en la Tabla 515-3 misma que se muestra a continuación:

**Tabla 515-3.- Clasificación eléctrica de las áreas**

Lugar	NOM Clase I, División	Zona	Extensión del área clasificada
Equipo interior cuando puedan existir mezclas inflamables de aire - vapor bajo funcionamiento normal.	1	0	La totalidad del área asociada con dicho equipo cuando hay gases o vapores inflamables continuamente o por largos periodos de tiempo.
	1	1	Area dentro de 1.50 metros de cualquier borde de tal equipo, que se extiende en todas las direcciones.
	2	2	Area entre 1.5 y 2.5 metros de cualquier borde de tal equipo, que se extiende en todas las direcciones; también el espacio hasta 90 centímetros por encima del piso o el nivel del suelo desde 1.50 hasta 7.50 metros horizontalmente desde cualquier borde del equipo. <sup>1</sup>
Equipo exterior cuando pueda haber mezclas inflamables de aire - vapor bajo funcionamiento normal.	1	0	La totalidad del área asociada con dicho equipo cuando hay gases o vapores inflamables continuamente o por largos periodos de tiempo.
	1	1	Area dentro 90 centímetros de cualquier borde de tal equipo, que se extiende en todas las direcciones.

**Fuente:** NOM-01-SENER-2012, Instalaciones Eléctricas

**Tabla 515-3. (Continuación) Clasificación eléctrica de las áreas.**

Lugar	NOM Clase I, División	Zona	Extensión del área clasificada
	2	2	Area entre 90 centímetros y 2.50 metros de cualquier borde de tal equipo, que se extiende en todas las direcciones; también el espacio hasta 90 centímetros por encima del piso o el nivel del suelo desde 90 centímetros hasta 3.00 metros horizontalmente desde cualquier borde del equipo
Instalaciones de tanques de almacenamiento dentro de edificios	1	1	Todo el equipo localizado debajo del nivel del suelo.
	2	2	Cualquier equipo localizado en o por encima del suelo .
Tanque - sobre el suelo	1	0	Interior del techo fijo del tanque.
	1	1	Area dentro del dique, en donde la altura del dique es mayor que la distancia desde el tanque hasta el dique por más del 50 por ciento de la circunferencia del tanque.
Casco, extremos o techo del tanque y área del dique	2	2	Dentro de 3.00 metros desde el casco del tanque, los extremos o el techo del tanque. También el área dentro del dique hasta el nivel superior de la pared del dique.
Ventilación	1	0	Area dentro de la abertura o tubería de ventilación.
	1	1	Area dentro de 1.50 metros del extremo abierto de la ventilación, extendiéndose en todas las direcciones.
	2	2	Area entre 1.50 y 3.00 metros desde el extremo abierto de ventilación, extendiéndose en todas las direcciones.
Techo flotante con techo exterior fijo	1	0	Area entre las secciones del techo flotante y el techo fijo y dentro del casco del tanque.
Techo flotante sin techo exterior fijo	1	1	Area por encima del techo flotante y dentro del casco del tanque.
Abertura para llenado del tanque subterráneo	1	1	Cualquier foso o espacio bajo el nivel del suelo, si cualquier parte está dentro de un lugar clasificado como División 1 o 2 o Zona 1 o 2.
	2	2	Hasta 45 centímetros sobre el nivel del suelo, dentro de un radio horizontal de 3.00 metros desde cualquier conexión de llenado floja y dentro de un radio horizontal de 1.50 metros desde una conexión de llenado apretada.
Ventilación - Descargando hacia arriba	1	0	Area interior de la abertura o tubería de ventilación.
	1	1	Hasta 90 centímetros del extremo abierto de ventilación, extendiéndose en todas las direcciones.
	2	2	Area entre 90 centímetros y 1.50 metros del extremo abierto de ventilación, extendiéndose en todas las direcciones.
Llenado de tambores de 200 litros y contenedores – en exteriores o interiores	1	0	Area dentro del tambor o contenedor.
	1	1	Dentro de 90 centímetros de las aberturas de ventilación y llenado, extendiéndose en todas las direcciones.

**Fuente:** NOM-01-SENER-2012, Instalaciones Eléctricas



Tabla 515-3. (Continuación) Clasificación eléctrica de las áreas.

Lugar	NOM Clase I, División	Zona	Extensión del área clasificada
	2	2	Área entre 90 centímetros y 1.50 metros desde la abertura de ventilación o llenado, extendiéndose en todas las direcciones. Además, hasta 45 centímetros sobre el piso o el nivel del suelo dentro de un radio horizontal de 3.00 metros desde las aberturas de ventilación o llenado.
Bombas, purgadores, accesorios de vaciado,			
En el interior	2	2	Dentro de 1.50 metros de cualquier borde de estos dispositivos, extendiéndose en todas las direcciones. Además, hasta 90 centímetros sobre el nivel del piso o suelo, y dentro de 7.50 metros horizontalmente desde cualquier borde de tales dispositivos.
En el exterior	2	2	Dentro de 90 centímetros de cualquier borde de estos dispositivos, extendiéndose en todas las direcciones. Además hasta 45 centímetros sobre el nivel del suelo y dentro de 3.00 metros horizontalmente desde cualquier borde de tales dispositivos.
Fosos y sumideros			
Sin ventilación mecánica	1	1	Toda el área dentro del foso o sumidero si cualquier parte está dentro de un lugar clasificado como División 1 o 2, o Zona 1 o 2.
Con ventilación mecánica adecuada	2	2	Toda el área dentro del foso o sumidero si cualquier parte está dentro de un lugar clasificado como División 1 o 2, o Zona 1 o 2.
Que contengan válvulas, accesorios o tuberías y no estén dentro de un lugar clasificado de la División 1 o 2, o Zona 1 o 2.	2	2	Todo el foso o sumidero.
Zanjas de drenaje, separadores, fosa de contención.			
En el exterior	2	2	Área hasta 45 centímetros sobre la zanja, separador o fosa. Además, área hasta 45 centímetros sobre el nivel del suelo, y hasta 4.50 metros horizontalmente desde cualquier borde.
En el interior			Misma clasificación que para los fosos.
Carga de camiones sistema y vagones sistema <sup>2</sup> por el domo abierto.	1	0	Área dentro del tanque
	1	1	Hasta 90 centímetros del borde del domo, extendiéndose en todas las direcciones.
	2	2	Área entre 90 centímetros y 4.50 metros desde el borde del domo, extendiéndose en todas las direcciones.
Carga a través de conexiones en el fondo del tanque con ventilación atmosférica	1	0	Área dentro del tanque
	1	1	Hasta 90 centímetros del punto de ventilación a la atmósfera, extendiéndose en todas las direcciones.
	2	2	Área entre 90 centímetros y 4.50 metros desde el punto de ventilación a la atmósfera, extendiéndose en todas las direcciones. Además, hasta 45 centímetros sobre el suelo dentro de un radio horizontal de 3.00 metros desde el punto de conexión de carga.

Fuente: NOM-01-SENER-2012, Instalaciones Eléctricas

**Tabla 515-3. (Continuación) Clasificación eléctrica de las áreas.**

Lugar	NOM Clase I, División	Zona	Extensión del área clasificada
Oficinas y cuartos de baño	No clasificado		Si en estos cuartos hay alguna abertura dentro de la extensión de un lugar interior clasificado, el cuarto se debe clasificar lo mismo que si la pared, reborde o tabique no existieran.
Carga a través de domo cerrado con ventilación atmosférica	1	1	Hasta 90 centímetros del extremo abierto de ventilación, extendiéndose en todas las direcciones.
	2	2	Area entre 90 centímetros y 4.50 metros desde el extremo abierto de ventilación, extendiéndose en todas las direcciones. Además hasta 90 centímetros del borde del domo extendiéndose en todas las direcciones.
Carga a través de domo cerrado con control de vapores	2	2	Hasta 90 centímetros del punto de conexión de las líneas tanto de llenado como de vapor, extendiéndose en todas las direcciones.
Carga por el fondo del tanque con control de vapor y cualquier descarga por el fondo del tanque.	2	2	Hasta 90 centímetros del punto de conexión, extendiéndose en todas las direcciones. Además, hasta 45 centímetros sobre el suelo dentro de un radio horizontal de 3.00 metros desde el punto de conexión.
Almacenamiento y taller de reparación de camiones cisterna	1	1	Todos los fosos o espacios bajo el nivel del piso.
	2	2	Area de hasta 45 centímetros sobre el nivel del piso o del suelo en todo el garaje de almacenamiento o taller.
Garajes para vehículos diferentes de camiones cisterna	No clasificado		Si en estos cuartos hay alguna abertura dentro de la extensión de un lugar exterior clasificado, todo el cuarto se debe clasificar igual que la clasificación del área en el punto de la abertura.
Almacenaje exterior de barriles	Clasificado		
Recintos internos o casilleros de almacenamiento usados para el almacenamiento de líquidos de Clase I	2	2	Todo el recinto.
Almacenamiento interior cuando no hay transferencia de líquidos inflamables	No clasificado		Si hay cualquier abertura hacia estos cuartos dentro de la extensión de un lugar interior clasificado, el cuarto se debe clasificar lo mismo que si la pared, reborde o tabique no existieran.
Muelles y embarcaderos			Ver la Figura 515-3.

**Fuente:** NOM-01-SENER-2012, Instalaciones Eléctricas

---

### **Riesgos por errores humanos:**

Se identifica a como riesgo con mayor probabilidad de ocurrencia más que las fallas de los equipos a los **errores humanos en el manejo de combustibles**, los cuales se describen a continuación:

- Uno de los **riesgos se presenta en la carga del auto tanque**, que implica tener 84,000 litros de combustibles sobre nivel de piso. Cualquier derrame o principio de incendio que no logre apagarse o controlarse de inmediato, originará un accidente grave, más aún si lo trasladamos a zonas céntricas o de alta concentración de personas.
- **Falla o deficiencia** en los **programas de mantenimiento** preventivo y correctivo, así como en la supervisión del equipo y en los diferentes procesos.
- No detección de la presencia de combustible en el pozo de absorción del sistema de drenaje.
- **Negligencia del personal operario en la zona de llenaderas y recibo**, tanto por parte de los operadores, como por parte de los clientes.
- **Derrames de combustibles** provocados por inundaciones.
- Vialidades indeterminadas dentro de las instalaciones de la T.A.R.
- **Registros azolvados** con lodo y basura (Falta de mantenimiento).
- Derrames de combustibles provocados por equivocación o negligencia (error humano).
- Falla en el diseño de cimentación de los tanques de almacenamiento.

### **Condiciones de riesgo que se deben identificar para previsión de accidentes:**

- Sistema automático de medida del nivel del tanque.
- Sistema de bloqueo por alto nivel.
- Fuga en el procedimiento de carga del auto tanque.
- Descuidos en los procedimientos de llenado de los tanques de almacenamiento.
- Fuga en el sistema de manejo, almacenamiento y despacho de combustibles (motobombas, llenaderas, mangueras y accesorios).
- Construcciones en áreas determinadas como peligrosas, sin instalaciones eléctricas en la extensión del área clasificada como peligrosa.
- Equipos eléctricos que no son a prueba de explosión como: equipos electrónicos portátiles, computadoras, celulares, etc., que son trasladados a áreas clasificadas como peligrosas.
- Realización de trabajos en áreas clasificadas como peligrosas, con flama abierta (soplete), y/o herramientas electromecánicas (máquinas, soldadoras, taladros, bombas de achique, sierras, etc.), sin tomar las medidas de seguridad y protección correspondientes.
- Llenaderas operando con equipo de bombeo, medición y control mal instaladas o sin ellas.
- Tanques de almacenamiento temporalmente fuera de operación sin cumplir las medidas de seguridad requeridas.
- Tanques y tuberías operando con vigencia vencida.
- Tanques y tuberías operando con pruebas de hermeticidad vencidas.
- Detección de combustible en contenedores de Llenaderas y/o tanques de almacenamiento.
- Llenaderas operando con mangueras sin válvula de corte.
- Falta de extintores o con carga vencida; en las diferentes áreas de la T.A.R.
- Falla en pruebas de funcionamiento de elementos de seguridad (ejemplo; Sensores de nivel, Sistema de llenado y Detección Electrónica de Fugas e interruptores de paro de emergencia que no operan).
- Sistema de drenaje aceitoso obstruido, sucio o mal diseñado.
- Cimentaciones mal diseñadas en los tanques de almacenamiento.

**Y como agentes externos se tiene los siguientes riesgos:**

- Manifestación de fenómenos naturales destructivos, como sismos, huracanes, erupciones volcánicas u otros.
- Cercanía, conexión e interrelación con otras fuentes de peligro químico, que podrían generar una calamidad encadenada.

Las Condiciones de Riesgo antes descritas deben ser atendidas de manera inmediata para prevenir un accidente; ya que para que éste ocurra, se presenta la siguiente secuencia:

Inicio: (El evento que genera el accidente).

Propagación: (El evento o cadena de eventos que sostiene o amplifica el accidente).

Término: (El (Los) evento (s) que para (n) o disminuye (n) la magnitud del accidente).

La ingeniería de seguridad procura eliminar el evento iniciador, y reemplazar los eventos de propagación por los de término.

"LA PREVENCIÓN DE POSIBLES ACCIDENTES EN TERMINALES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS CONSISTE EN ELIMINAR LOS RIESGOS Y PELIGROS DETECTADOS ANTES DE QUE OCURRAN"

Por lo anterior se hace necesaria una aplicación estricta de la normatividad, reglamentos, leyes y disposiciones aplicables durante la fase de diseño del proyecto, de construcción y operación de la T.M.R.A. Y E.P.B.C.

En forma más específica se determinarán los riesgos más probables mediante la siguiente metodología y técnicas:

Identificación de los eventos iniciadores por medio de la aplicación de la técnica denominada "**Estudio de Falla y Efecto o Hazop**", así como la potencialidad del grado de riesgo con la **Evaluación del Índice Dow (fuego y explosión)**. Se procederá a jerarquizar los riesgos, aplicándoles un valor de probabilidad de ocurrencia a cada evento identificado por **Hazop**, y combinando con la **conclusión del índice Dow se establecerá una jerarquía de los incidentes evaluados**.

Para determinar el nivel de riesgo en el caso de fugas de gasolina, se hará uso de técnicas de análisis de seguridad en procesos y en específico se utilizará "índice Dow de fuego y explosión". Se analizará la perspectiva de la confiabilidad de la T.M.R.A. y E.P.B.C., de Hidrocarburos con una técnica sencilla de planificación de contingencias.

---

### **Estudio de falla y efecto (Hazop).**

El estudio de falla y efecto HAZOP es un método sistemático y estructurado en el cual se identifican los riesgos de un proceso y los problemas de operación potenciales, usando una serie de palabras guías para investigar desviaciones del proceso, la misma técnica puede ser utilizada para identificar los riesgos derivados de fallas en seguir procedimientos y aún de la conducta inadecuada de los operarios.

La aplicación de la técnica requiere de un equipo multidisciplinario para realizar un estudio sistemático de un proceso, usando palabras guías, para descubrir cómo pueden ocurrir las desviaciones del intento del diseño en equipos, acciones, o materiales, y si las consecuencias de estas desviaciones pueden resultar en un peligro.

El objetivo de un estudio HAZOP es checar todo el diseño de un proceso **para detectar desviaciones de la operación e interacciones del proceso**, que podrían dar lugar a **situaciones peligrosas o problemas de Operatividad** como:

- Peligros para la seguridad o salud de los trabajadores.
- Daños al equipo o a la propiedad.
- Problemas para operar o para realizar mantenimiento.
- Calidad del producto.
- Emisiones ambientales.
- Peligros durante la construcción u operación.
- No disponibilidad de la planta.

Hazop provee un método para examinar sistemáticamente las interacciones entre las personas y el equipo. Esto es muy útil para identificar riesgos no detectados en el diseño de las instalaciones, o creados ya en las instalaciones existentes, por cambios en las condiciones de los diseños o en los procedimientos de operación.

Mediante esta técnica se revisará la operatividad de la T.M.R.A. y E.P.B.C., tiene la finalidad de identificar y determinar que los sitios de la instalación futura que estén sujetos a perspectivas de un error en la operación o de diseño. En seguida se desarrolla la técnica mencionada, utilizando los planos de diseño de ingeniería de detalle de la T.M.R.A. y E.P.B.C., en cuestión (ANEXOS).

A continuación, se presentan las matrices representadas mediante nodos considerando las cuatro áreas principales de proceso.

**Tabla 15. Estudio de Falla y Efecto, Nodo No. 01.**

Estudio de falla y efecto (Hazop)			
Nodo No. 01		Sección de proceso:	Área de Recepción de (gasolinas, diésel, turbosina)
Parámetro:	Flujo	Servicio:	01. Recepción de los productos petrolíferos por Muelle de recibo buque-tanque
Desviación	Causas	Consecuencias	Recomendaciones
No flujo en Área de recepción por buque-tanque.	1. Vía obstruida	Perdidas económicas por contratiempos respecto de lo programado	Despejar el área de recepción de (gasolinas, diésel, turbosina) previo al atracado del <b>buque-tanque</b> .
	2. Por falla humana (descuido de operador).	Daño en al área de recepción por <b>buque-tanque</b> .	Entrar al área de recepción en el recinto portuario de la T.M.R.A. y E.P.B.C., respetando el reglamento interno de navegación, así como de indicación de proceso de recepción visibles en el muelle de T.M.R.A. y E.P.B.C., área de recepción por <b>buque-tanque</b> .
No flujo	3. Bloqueo de línea.	No pasa el combustible al tanque de almacenamiento.	Revisar la obstrucción en la línea y reparar la falla.
	4. Ruptura de tubería	No se recibe el producto. Derrame parcial.	Detener proceso y sustituir tubería dañada.
	5. Conexión errónea.	Combustible inadecuado en línea de descarga.	Detener el proceso. Conectar a la línea adecuada.
	6. Falla de válvula de flujo.	No pasa el combustible al tanque.	Revisar y supervisar la instalación.
Menor flujo	7. Bloqueo parcial de la línea.	Tiempo excesivo del llenado.	Aplicar programa de mantenimiento.
	8. Bloqueo en buque-tanque.	Mayor tiempo de descarga.	Suspender proceso y solicitar nuevo servicio.
	9. Línea de venteo bloqueada.	Retraso en la descarga.	Suspender proceso y solicitar nuevo servicio.
Fuga/ Derrame	10. Posible impacto o sabotaje mismo que ocasiona una fisura en buque-tanque.	1. Nube explosiva en fuga de gasolina en tubería de recepción de buque tanque TAR.	Activación de alarma sonora e implementación del Programa Interno de Protección Civil (PICV).

**Fuente:** elaboración propia con metodología Estudio de falla y efecto (Hazop).

**Tabla 14. (Continuación) Estudio de Falla y Efecto, Nodo No. 02.**

Tabla 14. (Continuación) Estudio de Falla y Efecto, Nodo No. 02.

Nodo No. 02		Sección de proceso:	Área de almacenamiento de (gasolinas, diésel, turbosina) y producto no conforme.
Parámetro:	Nivel	Servicio:	02 Almacenamiento de combustibles (gasolinas, diésel, turbosina) y producto no conforme.
Desviación	Causas	Consecuencias:	Recomendaciones
Mayor nivel	11. Falla en válvula de sobre llenado.	Derrame parcial del combustible en boquilla de llenado (100 lts.).	Revisar conexión y válvula (corregir el error, cambio o reparación de válvula).
	12. Mediciones equivocadas	Derrame parcial del combustible.	Detener el servicio y revisar instrumentación del tanque.
	13. Falla del sistema de control de inventarios.	Paro del servicio.	Detener el servicio y reparar falla en el sistema de control. Ejercer su garantía de calidad o cambiar de fabricante.
Menor nivel	14. Fallas en el suministro de combustible.	Daño en las bombas dosificadores.	Incluir alarmas por bajo nivel.
	15. Falla en los controles de nivel	Paro del servicio.	Solicitar estudio de fallas de la instrumentación.
	16. Fuga en el tanque de almacenamiento.	Pérdida parcial del producto.	Accionar detectores de fuga y alarmas. Detener el servicio y proceder al vaciado del tanque, revisión y vaciado del mismo.
Fuga/ Derrame	17. Falla en el sistema automático de medida del nivel del tanque.	2. Incendio de charco confinado de 150,000 Barriles equivalentes a 23,850, 000 Litros (TV-02).	Activación de alarma sonora e implementación del Programa Interno de Protección Civil (PICV), solicitar auxilio a las dependencias del municipio, estado y región.
Fuga/ Derrame	18. Mantenimiento inadecuado, algún evento natural o sabotaje.	3. Incendio de charco confinado de 515 000 equivalentes a 81,885,000 Litros.	Activación de alarma sonora e implementación del Programa Interno de Protección Civil (PICV), solicitar auxilio a las dependencias del municipio, estado y región.

Fuente: elaboración propia con metodología Estudio de falla y efecto (Hazop).

Tabla 16. Estudio de Falla y Efecto, Nodo No. 03.

Estudio de falla y efecto (Hazop)			
Nodo No. 03		Sección de proceso:	Casa de bombas de tanques a llenaderas de autotanques
Parámetro:	Flujo	Servicio:	03. Casa de bombas de tanques a llenaderas de autotanques
Desviación	Causas	Consecuencias	Recomendaciones
No flujo en tubería de almacenamiento a área de entrega	19. Falla en la bomba de succión	Perdidas económicas por contratiempos respecto de lo programado	Revisar correcto estado de bombas (gasolinas, diésel, turbosina) previo al inicio de operación
	20. Transmisión bloqueada	Daño en al área de la casa de bombas	Contratar personal especializado para dar mantenimiento periódico a las bombas
No flujo en tubería de almacenamiento a área de entrega	21. Falla en energía eléctrica	No pasa el combustible al tanque de almacenamiento.	Revisar la obstrucción en la línea y reparar la falla.
	22.- Defectos constructivos de la bomba.	No se recibe el producto. Derrame parcial.	Detener proceso y sustituir tubería dañada.
	23. Fuga /derrame	4. Nube explosiva por efecto de sobrepresión ante fuga en casa de bombas.	Detener el proceso. Conectar a la línea adecuada.
	24. Conexión errónea.	Combustible inadecuado en línea de entrega.	Revisar y supervisar la instalación.
Menor flujo	25. Bloqueo parcial de la línea entrega.	Tiempo excesivo de la entrega.	Aplicar programa de mantenimiento.
	26. Bloqueo parcial en válvula de paso.	Mayor tiempo de entrega	Suspender proceso y solicitar nuevo servicio.

**Fuente:** elaboración propia con metodología Estudio de falla y efecto (Hazop).

Tabla 14. (Continuación) Estudio de Falla y Efecto, Nodo No. 04.

Estudio de falla y efecto (Hazop)			
Nodo No. 04		Sección de proceso:	Tubería de Entrega/suministro de (gasolinas, diésel, turbosina).
Parámetro:	Presión/Flujo	Servicio:	04. Tubería de Entrega de (gasolinas, diésel, turbosina) a los auto tanques.
Desviación	Causas	Consecuencias	Recomendaciones
No hay presión	27. Bloqueo de línea	Suspender el servicio	Revisar equipo de bombeo, corregir falla o sustituir piezas.
	28. Ruptura de tubería	Suspender el servicio	Proceder a reparación o instalar nuevas piezas
	29. Conexión errónea	Falta del servicio a automotores	Revisar planta de emergencia. Revisar instalación eléctrica
	30. Bloqueo de línea	Falta de servicio a automotores	Ejercer garantía de fabricación
	31. Fuga /derrame	5. Nube explosiva por efecto de sobrepresión ante fuga en tubería de entrega.	Suspender operación de suministro con activación de paro de emergencia e implementación de atención de fuga/derrame.
Mayor presión	32. Bloqueo en la línea de suministro	Suspender el servicio.	Revisar obstrucción en la línea de bloqueo, instalar filtro en succión
	33. Sobre-Velocidad en la bomba	Desperdicio combustible.	de Paro del motor por sobre velocidad
	34. Válvulas bloqueadas	Daño del motor.	Revisar obstrucción y corregir falla.

Fuente: elaboración propia con metodología Estudio de falla y efecto (Hazop).

Tabla 14. (Continuación) Estudio de Falla y Efecto, Nodo No. 05.

Estudio de falla y efecto (Hazop)			
Nodo No. 05		Sección de proceso:	Área de entrega/suministro de (gasolinas, diésel, turbosina)
Parámetro:	Presión/Flujo	Servicio:	05. Entrega de (gasolinas, diésel, turbosina) a autotanques
Desviación	Causas	Consecuencias	Recomendaciones
Error humano o Sabotaje en auto tanque	35. Bloqueo total de línea de entrega	No pasa el combustible al tanque de almacenamiento	Previo al inicio de operaciones revisar el correcto funcionamiento de los equipos.
	36. Bloqueo parcial de línea de entrega	Mayor tiempo del programado, pérdidas económicas por contratiempo	
	37. Conexión errónea	Combustible inadecuado en línea de entrega	Previo a la conexión para entrega, verificar orden de entrega (tipo y cantidad de combustible a suministrar)
	38. Falla de válvula de flujo	No pasa el combustible al tanque del autotanque	Revisar y supervisar la instalación.
	39. Falla del Sist. de medición	No se recibe el producto. Derrame parcial	
	40. Posible impacto o sabotaje mismo que ocasiona una fisura en autotanque	6. Incendio de charco no confinado de 396.23 barriles (16,641.66 gal) equivalentes a 63,000 Litros.	Activación de alarma sonora e implementación del Programa Interno de Protección Civil (PICV).

Fuente: elaboración propia con metodología Estudio de falla y efecto (Hazop).

Tabla 17. Aplicación de la probabilidad para jerarquizar los eventos anteriores y obtener la evaluación de resultados Hazop.

No. de nodo / sección de proceso.	Causales	Probabilidad		
		Perdida	Severidad	Riesgo
01. Recepción de los productos petrolíferos por Muelle de recibo buque-tanque	1. Vía obstruida	4	3	9
	2. Por falla humana (descuido de operador)	4	3	9
	3. Bloqueo de línea	4	3	8
	4. Ruptura de tubería	4	4	9
	5. Conexión errónea	4	4	9
	6. Falla de válvula de flujo.	4	3	9
	7. Bloqueo parcial de la línea	4	3	8
	8. Bloqueo en <b>buque-tanque</b>	4	3	9
	9. Línea de venteo bloqueada	4	3	9
	10.- Nube explosiva en fuga de gasolina en tubería de recepción de buque tanque TAR.	1	1	7

Mediciones: pérdidas: 1 a 5, de severidad: 1 a 5, riesgo 1 a 10,

Una probabilidad de riesgo de **10 implica la no ocurrencia del evento**, la probabilidad de riesgo de **1 significa la inmediata ocurrencia del evento**.

En pérdida y severidad: **1 denota alta pérdida y severidad catastrófica; 5 es pérdida muy baja y severidad nula**.

(Continuación) Tabla 15. Aplicación de la probabilidad para jerarquizar los eventos anteriores y obtener la evaluación de resultados Hazop.

No. de nodo / sección de proceso.	Causales	Probabilidad		
		Perdida	Severidad	Riesgo
02 Almacenamiento de combustibles (gasolinas, diésel, turbosina)	11.- Falla en válvula de sobre llenado	4	4	8
	12.- Mediciones equivocadas	4	4	9
	13.- Falla del sistema de control de inventarios	3	4	8
	14.- Falla en suministro de combustible	4	5	10
	15.- Falla en controles de nivel	3	4	8
	16.- Fuga en tanque almacenamiento	3	3	9
	17. Incendio de charco confinado de 150,000 Barriles equivalentes a 23,850, 000 Litros.	1	1	7
	18. Incendio de charco confinado de 515 000 equivalentes a 81,885,000 Litros.	1	1	7
03. Casa de bombas de tanques llenaderas de autotanques	19. Falla en la bomba de succión	4	4	9
	20- Transmisión bloqueada	4	4	9
	21.- Falla en energía eléctrica	4	4	9
	22.- Defectos constructivos de la bomba	3	3	9
	23. Nube explosiva por efecto de sobrepresión ante fuga en casa de bombas.	1	1	7
	24.- Conexión errónea.	3	3	9
	25. Bloqueo parcial en la línea de entrega	3	4	8
	26. Bloqueo parcial en válvula de paso	4	4	9
04. Tubería de Entrega de (gasolinas, diésel, turbosina) a los auto tanques.	27. Bloqueo de línea	4	4	9
	28. Ruptura de tubería	4	4	9
	29. Conexión errónea	4	4	9
	30. Bloqueo de línea	3	3	9
	31.- Nube explosiva por efecto de sobrepresión ante fuga en tubería de entrega.	1	1	7
	32. Bloqueo en la línea de suministro	3	4	8
	33.- Sobre velocidad en la bomba	4	4	9
	34.- Válvula bloqueadas	4	4	8
05. Entrega de auto tanques (gasolinas, diésel, turbosina) a autotanques.	35. Bloqueo total de línea de entrega	3	3	8
	36. Bloqueo parcial de línea de entrega	3	3	8
	37. Conexión errónea	2	2	8
	38. Falla de válvula de flujo	5	5	9
	39. Falla del Sist. de medición	5	5	9
	40. Incendio de charco no confinado de 396.23 barriles (16,641.66 gal) equivalentes a 63,000 Litros.	1	1	7

Mediciones: perdidas: 1 a 5, de severidad: 1 a 5, riesgo 1 a 10,

Una probabilidad de riesgo de **10 implica la no ocurrencia del evento**, la probabilidad de riesgo de **1 significa la inmediata ocurrencia del evento**.

En pérdida y severidad: **1 denota alta pérdida y severidad catastrófica; 5 es pérdida muy baja y severidad nula.**

**Jerarquización por los resultados de Hazop.**

Riesgo	Numero De eventos	Observaciones
10	2	No ocurrirá, no tiene consecuencias
9	11	Si ocurriera, consecuencias leves
8	9	Si ocurriera, consecuencias leves
7	1	Si ocurriera, consecuencias severas

Un fuego en derrames de líquido (**incendio de charco**) se define como un fuego que involucra una cantidad de **combustible líquido** tal y como la **gasolina, derramada sobre la superficie del terreno** o sobre el agua (**zona de almacenamiento**). Para este caso, los **peligros principales** para las **personas, edificios e instalaciones**, incluyen la **exposición a la radiación térmica y/o los productos tóxicos o corrosivos de la combustión**. Una complicación adicional es que el combustible líquido puede fluir, dependiendo del terreno, de manera descendente hacia las alcantarillas, drenajes, aguas superficiales y otros recipientes. Han existido casos en los que tales fuegos han encendido otros materiales combustibles en el área, o han causado BLEVEs de contenedores sometidos al fuego. En ocasiones, los charcos de líquido encendido flotando sobre el agua, han entrado a través de las tomas de agua de instalaciones industriales y ocasionado fuegos y explosiones internos. Los combustibles encendidos al entrar a alcantarillas o drenajes que no se encuentran completamente llenos de fluido han causado incendios subterráneos y/o han amenazado las instalaciones de tratamiento industriales o municipales que se encuentran en el extremo de recepción de la alcantarilla o drenaje.

Del total de **eventos estimados son 40**, seis de ellos tienen una probabilidad de **riesgo de 7**, lo que significa posibilidad de ocurrencia de 1 ocasión en 100 millones de casos por lo anterior se tienen los eventos a modelar son:

**1. NUBE EXPLOSIVA POR EFECTO DE SOBREPRESIÓN ANTE FUGA DE GASOLINA EN ÁREA DE RECEPCIÓN DE BUQUE TANQUE DURANTE LA RECEPCIÓN EN LA T.M.R.A. y E.P. B.C.**

Considerando que el buque tanque se relaciona con las actividades de la T.M.R.A. y E.P. B.C. en el momento en el que se inicia el procedimiento de descarga de combustible (recepción), se identifica un riesgo en este proceso por lo cual, se simula una fuga de combustible ocasionada por situaciones diversas con un flujo volumétrico de 9.93 m<sup>3</sup>/min. en tubería de conducción de la T.M.R.A. y E.P.B.C. con un tiempo de respuesta de los sistemas de seguridad y control en 1 min., lo cual nos da una masa liberada o derramada igual a 7,350.67 kg de gasolina misma que se gasifica/evapora formando una nube explosiva en forma de cilindro que explota por efecto de sobrepresión al encantar una fuente de ignición. Con una densidad de la gasolina de 740 kg/m<sup>3</sup>.

---

**2. Incendio de charco confinado ante derrame en dique del TV-02 con capacidad de 150, 000 BLS** la T.M.R.A. y E.P. B.C.

Suponiendo una fuga total e incendio del combustible derramado en dique de contención del tanque de gasolina con una capacidad de 1.1 veces mayor que la del tanque TV-02 (siendo el tanque de mayor capacidad en la T.M.R.A. y E.P. B.C.) resultando una capacidad del dique de 150,000 BLS, equivalentes a 23, 850, 000 L; al encontrar una fuente de ignición. Esto ante posible fractura en la pared debilitada del tanque de almacenamiento (ocasionada por mantenimiento inadecuado, falla en los sistemas de controles de nivel, algún evento natural o sabotaje).

Dicho derrame con un flujo volumétrico de  $9.93 \text{ m}^3/\text{min}$ . esto da una duración de la fuga de 2,401.81 Seg., lo cual sería un escenario catastrófico, por lo tanto, no se toma en consideración el tiempo de respuesta de los sistemas de seguridad y/o sistema- contra incendio así mismo se asume que se descargará todo el contenido ya que el evento simulado presupone una fuga incontrolada.

**3. Incendio de charco confinado ante derrame de capacidad total: 515,000 BLS equivalentes a 81'885,000 L** en Área de almacenamiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

**Suponiendo una fuga total e incendio del combustible derramado en diques de contención** de todos los tanques de almacenamiento con una capacidad de 1.1 veces mayor que la **capacidad nominal de 515,000 BLS** equivalentes a **81'885,000 L. (siendo la capacidad total en la T.M.R.A. y E.P.B.C.)**; al encontrar una fuente de ignición. Esto ante posible fractura en la pared debilitada de los tanques de almacenamiento (ocasionada por mantenimiento inadecuado, falla en los sistemas de controles de nivel, algún evento natural o sabotaje).

Dicho derrame con un flujo volumétrico de  $9.93 \text{ m}^3/\text{min}$ . en C/T esto da una duración de la fuga de 8,246.22 Seg. Lo cual se considera un escenario catastrófico, por lo tanto, no se toma en consideración el tiempo de respuesta de los sistemas de seguridad y/o sistema- contra incendio así mismo se asume que se descargará todo el contenido ya que el evento simulado presupone una fuga incontrolada.

**4. Nube explosiva por efecto de sobrepresión ante fuga en casa de bombas de la T.M.R.A. y E.P.B.C., con un flujo volumétrico de 1,514 lpm (400 GPM) liberando 1,120.36 kg de gasolina en un tiempo de respuesta de 1 min.**

Se considera una fuga con un flujo volumétrico de 1,514 lpm (400 GPM) en fuga dentro de la casa de bombas de la T.M.R.A. y E.P.B.C., con un tiempo de respuesta de 1 minuto, lo cual nos da una masa liberada o derramada igual a 1,120.36 kg de gasolina misma que se gasifica/evapora formando una nube explosiva en forma de cilindro que explota por efecto de sobrepresión al encantar una fuente de ignición. Considerando una densidad de la gasolina de  $740 \text{ kg/m}^3$ .

**5. Nube explosiva por efecto de sobrepresión ante fuga en tubería de conducción (entrega) en la T.M.R.A. y E.P.B.C., con un flujo volumétrico de 1,514 lpm (400 GPM) liberando 1,120.36 kg de gasolina en un tiempo de respuesta de 1 min.**

Se considera una fuga con un flujo volumétrico de 1,514 lpm (400 GPM) en tubería de conducción de la T.M.R.A. y E.P.B.C., con un tiempo de respuesta de 1 min., lo cual nos da una masa liberada o derramada igual a 1,120.36 kg de gasolina misma que se gasifica/evapora formando una nube explosiva en forma de cilindro que explota por efecto de sobrepresión al encantar una fuente de ignición. Considerando una densidad de la gasolina de 740 kg/m<sup>3</sup>.

**6. Incendio de charco no confinado por derrame de auto tanque en área de entrega de la T.M.R.A. y E.P.B.C.**

Incendio de charco no confinado: suponiendo una fuga total de gasolina del auto tanque de 63,000 L, con un derrame total. Esto ante un posible impacto o sabotaje mismo que ocasiona una fisura en los tanques con un flujo volumétrico de **1,514 lpm (400 GPM)** esto da una duración de la fuga de 2,496.70 Seg., se considera un escenario catastrófico, por lo tanto, no se toma en consideración el tiempo de respuesta de los sistemas de seguridad y/o sistemas de corte de emergencia en el auto tanque así mismo se asume que se descargará todo el contenido ya que el evento simulado presupone una fuga incontrolada.

**Técnica del índice Dow por fuego y explosión.**

Esta técnica tiene como finalidad clasificar los procesos según su grado de peligrosidad en caso de accidente, debido a la presencia de fuego y explosión, numéricamente los valores evaluados en un factor o índice describen la potencialidad de un accidente industrial.

**Tabla 18. Factores de riesgo para la técnica índice Dow.**

Índice Dow	Tipo de riesgo
1-60	Ligero
61-96	Moderado
97-12	Intermedio
128-158	Grave
Mayor a 158	Severo

En seguida se describen las características de riesgo de la T.M.R.A. y E.P.B.C., debido a que las instalaciones tendrán medidas de seguridad apropiadas, dicho equipamiento minimiza y reduce considerablemente el riesgo potencial.

**Medidas de seguridad o protección:**

La T.M.R.A. y E.P.B.C., contara con un sistema de seguridad con los siguientes subsistemas de prevención de riesgos:

---

Sistema de Control de Terminal con paro de emergencia operativo

Sistema de Protección Atmosférica:

- Subsistema de protección atmosférica (pararrayos).
- Subsistemas de puesta a tierra.

Sistema Contra Incendio:

- Subsistema de aspersión de agua en área de llenaderas.
- Subsistema de extintores para combate de incendios durante la carga de auto tanques y las áreas de descarga de buque tanque.
- Subsistema de protección a base de agente limpio en cuarto de telecomunicaciones, SITE del edificio administrativo, así como en el cuarto de control de operaciones.
- Subsistema de Detección de Fuego en tanques de almacenamiento por medio de Sensores de Calor tipo Tapón Fusible.

Medidas de seguridad contra fuga/derrame e incendio en el diseño e instalación de los tanques de almacenamiento:

Los tanques de almacenamiento de gasolinas contarán con membrana interna flotante tipo pontones, y estarán equipados con sistema de telemedición en cumplimiento a la NOM-006-ASEA-2017.

Los tanques de almacenamiento contarán con diques de contención para confinar derrames, cuya capacidad volumétrica mínima será la necesaria para contener la capacidad total nominal del tanque mayor, más el volumen que otros tanques ocupen hasta la altura que tenga el muro de contención por la parte interior del dique, más el volumen de otros elementos que se encuentren en su interior, tales como tubería y soportes. Se diseñarán y construirán para contener y resistir la presión lateral que les pueda transmitir la altura hidrostática considerando el líquido almacenado como agua, serán de concreto armado en función del tipo de suelo y zona sísmica, con juntas de expansión de acero inoxidable para absorber las contracciones y expansiones térmicas, conservando la hermeticidad en estas y los cruces de tubería a través del emboquillado con materiales resistentes a los hidrocarburos y al fuego. Los patios internos de los diques de contención serán de concreto armado con una pendiente mínima de 1 % que permita el libre escurrimiento de líquidos hacia registros de drenaje pluvial. En el patio interior de los diques que contengan varios tanques de almacenamiento, se construirán muros intermedios de concreto armado de 0.45 m de altura con el fin de prevenir que un pequeño derrame ponga en peligro la integridad de los otros tanques dentro del

---

dique. Cada una de las subdivisiones señaladas debe tener un sistema de drenaje pluvial y aceitoso independientes.

#### **Sistema de Protección Atmosférica:**

La T.M.R.A. y E.P. B.C., contará con un **sistema de puesta a tierra y sistema de protección atmosférica (pararrayos)** para las instalaciones y equipos de las diversas áreas tomando como base lo indicado en la NOM-001-SEDE, NFPA 70, NFPA 77 y NFPA 780 y NOM-006-ASEA-2017.

Se debe efectuar el estudio de resistividad del terreno donde se ubicarán las instalaciones de la Terminal una vez que el terreno esté debidamente compactado; el estudio de resistividad del terreno se debe desarrollar y presentar de acuerdo a la normatividad señalada en el párrafo anterior.

Todos los accesorios para la instalación de los sistemas de puesta a tierra y protección atmosférica deben cumplir con los lineamientos establecidos en la NOM-001-SEDE, NFPA 70, NFPA 77 y NFPA 780 y NOM-006-ASEA-2017.

La resistencia de la red de tierras para el cobertizo de llenaderas de autos tanque debe ser 5 ohm máximo.

La malla de la red general del sistema de puesta a tierra integrara todas las instalaciones que conforman la Terminal con objeto de evitar gradientes de potencial que afecten las instalaciones o generen riesgos a las personas y dar cumplimiento al Artículo 250-86 de la norma NOM-001-SEDE.

La malla de la red general del sistema de puesta a tierra estará construida con conductor de cobre desnudo, temple semiduro, con un calibre de acuerdo a cálculos, pero no menor de 2/0 AWG excepto para la subestación eléctrica que debe ser de 4/0AWG.

Para conexiones subterráneas de la red de puesta a tierra se deben utilizar conectores del tipo de soldadura exotérmica.

Todos los Tanques de almacenamiento de Productos, se deben poner a tierra cuando menos en cuatro puntos opuestos del tanque.

Para conexiones subterráneas de la red de puesta a tierra se utilizarán conectores del tipo de soldadura exotérmica.

#### Subsistema de protección atmosférica (pararrayos):

La T.M.R.A. y E.P.B.C., contará con un subsistema de protección atmosférica (pararrayos) para los edificios mayores de 7.5 m, estructuras de más de 15.0 m y edificios con áreas clasificadas, tomando como base lo indicado en la NOM-001-SEDE, NFPA 780 y NOM-006-ASEA-2017.

---

El sistema de protección contra descargas atmosféricas debe ser independiente de la red general de tierras, sin embargo, las dos redes de tierras deben interconectarse entre ellas en un punto de la red con cable aislado de un tamaño (calibre) menor al de la red, no menor a 6 AWG, para evitar diferencias de potenciales entre ellas, tal interconexión debe considerarse desde etapa de proyecto y permanecer interconectadas a menos que exista un requerimiento específico en contra.

El sistema de protección contra descargas atmosféricas, debe ser diseñado mediante la metodología de la esfera rodante de acuerdo a lo establecido en la NOM-001-SEDE y NFPA 780.

Para el sistema de protección atmosférica no se deben utilizar sistemas de emisión de flujo o sistemas disipadores de energía.

Los tanques de almacenamiento verticales con espesor de pared y de techo de 4,6 mm (3/16 pulg), o mayores, se consideran auto protegidos contra descargas atmosféricas y no se requiere incluir el sistema contra descargas atmosféricas.

Todos los accesorios para la instalación de los sistemas de puesta a tierra y protección atmosférica deben cumplir con los lineamientos establecidos en la NOM-001-SEDE, NFPA 70 y NFPA 780.

Procedimientos de Seguridad:

Las Instalaciones de la Terminal han sido diseñadas de forma tal que a falla o contingencias se realice un paro ordenado.

El **Sistema de Control de Terminal** debe ejecutar el paro de emergencia operativo a solicitud del Subsistema de Seguridad y Contra incendios cuando se presente un evento de fuego seguro y ataque Contra incendio.

El Paro de Emergencia Operativo deberá ejecutar las siguientes acciones:

- Suspensión de las operaciones de carga de auto tanques y paro del equipo de bombeo.
- Cierre de las válvulas de salida a llenaderas de auto tanques de los tanques de almacenamiento.
- Suspensión de las operaciones de descarga de buque tanques y paro del equipo de bombeo.
- Cierre de las válvulas de recibo de productos en descargaderas de buque tanques, auto tanques hacia los tanques de almacenamiento.

---

### **Sistema Contra Incendio:**

El sistema de almacenamiento, bombeo y distribución de agua contra incendio, se instalará de conformidad a la normatividad establecida en NFPA 20, 22, 24, 25, 30, y consta de lo siguiente (Anexo Diagrama Red VS incendio y Plano Red Contra Incendio).

Casa de bombas contra incendio, con 2 bombas del tipo centrífuga horizontal de 2,500 GPM de capacidad c/u, una accionada por motor eléctrico y otra accionada por motor de combustión interna, así como una bomba presurizadora tipo jockey para mantener la red a una presión constante, un tanque de almacenamiento de agua contra incendio de 10,000 bls de capacidad que alimenta a través de las bombas una red de tubería de acero al carbón ASTM (American Society for Testing Materials) que cubre todas las áreas operativas de la Terminal y cuenta con hidrantes, monitores y tomas para camión (Ver Anexo. Plano Red Contra Incendio en Casa de Bombas y Descargaderas).

Se contará también con una red de espuma contra incendio para aplicación de concentrado tipo AFFF (Aqueous Film Forming Foam) por medio de un paquete de presión balanceada, que cubre todas las áreas operativas y será de accionamiento manual y automático a través de un sistema de detectores de gas y fuego, enlazado a la red contra incendio por un sistema de control integral.

Almacenamiento de agua contra incendio, debiendo de considerar para el diseño un tanque de almacenamiento de agua, del tipo vertical con techo tipo cúpula fija soportado, con placa de acero al carbón ASTM-A-283-C, con recubrimiento anticorrosivo en el interior y exterior del tanque, registro de purga tipo API, boquilla de 24" de diámetro para entrada hombre en el techo, (se deberá realizar el análisis correspondiente para determinar el gasto y capacidad de agua en el riesgo mayor de acuerdo a norma) El tanque de agua contra incendio será abastecido a través de bombeo de pozo profundo o red municipal, y deberá prever tomas al exterior de la terminal para el abastecimiento por camiones cisterna.

Deberá contar con una red de agua contra incendios cumpliendo con la normatividad vigente indicada en NFPA 30 y 30A, con hidrantes, monitores y tomas de camión, mangueras, y recirculación de agua, sistema de bombeo principal.

Se construirá un cobertizo contra incendio, el cual se debe diseñar en dos niveles:

Planta Baja: Considerar un espacio para 06 personas, oficina para el ingeniero de seguridad y auxiliar, con piso falso y falso plafón, puertas y marcos de aluminio cuarto eléctrico, un sanitario para hombres y un sanitario para mujeres, y un área para el equipo de protección personal de los bomberos de la Terminal.

Planta Alta: Considerar Cuarto de cómputo para un sistema de gas y fuego, cuarto para operador de sistema automático contra incendio que deberá construirse en el segundo nivel.

Así mismo, el área de la planta baja se utilizara para la ubicación de dos equipos de bombeo principales, paquete de presión balanceada, bomba jockey compresores para equipos de tapón

---

fusible, Bodega cerrada con estantería para los accesorios contra incendio (mangueras, boquillas, extintores, trajes contra incendio, equipo de respiración autónomo) y una bodega abierta para albergar garza telescópica y monitor móvil, previendo espacio suficiente para guarda y estiba de tambores de líquido AR-AFFF.

Para el interior de este edificio se debe incluir la instalación de detectores de humo, alarmas audibles visibles interiores, estaciones manuales de alarma interiores.

El sistema de **bombeo de agua contra incendio** deberá contar con dos bombas (**Una principal y otra de relevo**) una operada con **motor eléctrico** y otra con **motor de combustión interna** con **capacidad de acuerdo al cálculo hidráulico 11,355 lpm (3,000 gpm)**, contando con su tablero de control, con sistema automático en el arranque. Este conjunto deberá cumplir con la normatividad vigente indicada en la NFPA 20, 22 y 24, Bomba "jockey" **para mantener la presión en la red de contra incendio**. Las conexiones ramal-cabezal de succión y descarga de los equipos de bombeo deberán ser con accesorios a 45°, con el fin de evitar taponamientos hidráulicos.

Las bombas de agua contra incendio, incluida la bomba de mantenimiento de presión "jockey", deben contar cada una con un controlador para el arranque automático, listado y aprobado por UL/FM o equivalente, específicamente para servicio de bombas contra incendio impulsadas por motor eléctrico o de combustión interna, según sea el caso y cumplir con los capítulos 10 y 12 del NFPA-20 o equivalente en su última edición.

Cada bomba de contra incendio, incluyendo la bomba de mantenimiento de presión "jockey", debe contar con una toma de presión para el arranque automático, conectada al controlador en forma independiente; cuya conexión debe estar entre la válvula de retención (check) y la válvula de bloqueo, sin válvulas de bloqueo y con dos válvulas de retención separadas a una distancia no menor de 1,5 m (5 pie) y cumplir con los capítulos 10 y 12 del NFPA-20 o equivalente.

Deberá contar con un paquete de presión balanceada que cuente con su tanque de almacenamiento con material resistente al líquido espumante tipo AFFF con capacidad suficiente para 6 horas de operación continua para el riesgo mayor (se deberá incluir inyección superficial e inyección subsuperficial a los tanques de almacenamiento), se deberá aplicar un recubrimiento externo e interno adecuado para evitar la corrosión en el mismo.

Contará con subsistema de aspersion de agua en área de llenaderas de auto tanques, descargaderas de buque tanques, descargaderas de auto tanques, área de bombas y tanques de almacenamiento. Se proveerán extintores de la dimensión y tipo apropiados según el análisis de riesgo para la carga de auto tanques y las áreas de descarga de buque tanques cumpliendo con lo establecido en la NOM-002-STPS vigente o la que la sustituya además de aquellas que resulten aplicables (Ver Anexos: Plano Red Contra Incendio en Llenaderas y Plano de Secciones Red Contra Incendio: Llenaderas y descarga auto tanques).

Deberá contar con un subsistema de protección a base de agente limpio en cuarto de telecomunicaciones, SITE del edificio administrativo, así como en el cuarto de control de operaciones.

---

Se deberá considerar la instalación de un Subsistema de Detección de Fuego en tanques de almacenamiento por medio de Sensores de Calor tipo Tapón Fusible, para arranque automático del Sistema Contra Incendio en los tanques de almacenamiento, considerando la instalación de un anillo de enfriamiento por la parte exterior del tanque y los tapones fusibles, así como el paquete de compresores para aire.

Tablero de detección de humo para señales de los dispositivos de detección y alarma en interior de edificios.

En su conjunto estas medidas minimizan el riesgo en las unidades de proceso que componen la T.M.R.A. y E.P.B.C.

#### **Determinación del factor de riesgo.**

Se suman los **riesgos generales** de proceso y se le da el **valor f1**, de igual forma se suman los **riesgos especiales** de procesos y se le da el valor **f2**, la multiplicación de **f1** por **f2**, nos da el valor **f3** que es el **factor riesgo de la unidad**.

#### **Determinación del índice Dow de fuego y explosión (I.F.E).**

El **I.F.E.**, se calcula al multiplicar el factor de riesgo (f3) por el **factor material** se calcula, el **radio de exposición** que la zona expuesta a riesgo.

### Aplicación de metodología índice Dow:

<b>Instalación:</b>	<b>T.M.R.A. y E.P.B.C.</b>
<b>Ubicación:</b>	Terminal Marítima, Muelle 3, El Sauzal, C.P. 22760, Ensenada, B.C.
<b>Materiales en proceso:</b>	Gasolinas (Regular, Premium), Diésel y Turbosina
<b>Condiciones de operación:</b>	Temperatura y presión ambiente

Factor material		16.00	
<b>F1.- riesgos generales del proceso:</b>			
Factor base			1.00
Reacción química exotérmica			0.00
Procesos endotérmicos			0.00
Transferencia y manejo de materiales			0.20
Unidades de proceso no confinadas			0.40
Accesibilidad			0.20
Drenaje y control de fugas			0.25
<b>Valor del factor general del proceso</b>			<b>2.05</b>
<b>F2.- riesgo especiales del proceso:</b>			
Factor base :			1.00
Materiales tóxicos			0.05
Presión negativa			0.00
Presión positiva			0.00
Rango en inflamabilidad			0.04
Líquidos en almacenamiento			0.65
Baja temperatura			0.00
Media temperatura			0.00
Alta temperatura			0.00
Corrosión – erosión			0.05
Puntos de fuga o derrame			0.05
Falla en los sistemas de protección			0.20
<b>Valor del factor especial del proceso :</b>			<b>2.04</b>
F3.- Factor global de riesgo (f1xf2): (2.05 x 2.40)			<b>4.182</b>
<b>F4.- Índice Dow de fuego y explosión (f3xfm) (4.182 x 16.00)</b>			<b>66.912</b>
Fc.- Factores de corrección al índice f4:			
<b>C1.- Control del proceso</b>		<b>C2.- Aislamiento y control</b>	
Paro en emergencia	0.90	Sistema de carga - descarga	0.90
Procedimiento de operación	0.90	Drenajes independientes	0.90
<b>Valor del factor</b>	<b>0.81</b>	<b>Valor del factor</b>	<b>0.81</b>
<b>C3.- Sistema contra incendio Red perimetral</b>		Protección del cableado	0.90
Sistema de monitores	0.90	<b>Valor del factor</b>	<b>0.81</b>
<b>Fc, total : c1 x c2 x c3 = (0.81x0.81x0.81) = 0.5314</b>			
<b>Índice Dow final Corregido (f4 x fc):</b>	<b>35.56</b>	<b>Tipo de riesgo:</b>	<b>Ligero</b>

### Evaluación del índice Dow.

De la evaluación realizada, el índice obteniendo sin corrección es de **66.912** correspondiendo a una instalación con riesgo moderado. **La aplicación de las medidas de seguridad establecidas en la NOM-006-ASEA-2017**, da un **factor de corrección de 0.5314**, lo que hace a las instalaciones con un **riesgo ligero**.

El factor final es de **35.56**, este valor representa a una instalación con riesgo intrínseco propio en las características de las Terminales de Almacenamiento y Recepción de Hidrocarburos.

Método ¿qué pasa si?

**Tabla 19. Método ¿qué pasa sí?, No.1.**

No.	PREGUNTAS/ EVENTO	RESPUESTA	CONSECUENCIAS	ACCIÓN RECOMENDADA
1	¿EL sistema de monitoreo de fugas funciona correctamente?	No	Pueden producirse fugas sin ser detectadas al subsuelo y pérdida de combustible.	Realizar inspecciones periódicas al sistema de monitoreo.

**PROBABILIDAD DE OCURENCIA: 9**

**SEVERIDAD: 5**

**FACTORES DE ANALISIS DE RIESGO: 4**

**Fuente:** elaboración propia con el **Método ¿Qué pasa sí?**

**Tabla 17. Método ¿qué pasa sí?, No.2.**

No.	PREGUNTAS/ EVENTO	RESPUESTAS	CONSECUENCIAS	ACCIÓN RECOMENDADA
2	¿Se han revisado con periodicidad las válvulas de sobre llenado?	No.	Las válvulas de sobre llenado pueden fallar y no responder por un descuido en la descarga, provocando un derrame parcial de combustible.	Realizar análisis periódicos que aseguren el buen funcionamiento de las válvulas y su adecuada calibración. Deben asegurarse que no sean remplazadas en forma impropia durante las rutinas de mantenimiento.

**PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: 8**

**SEVERIDAD: 4**

**FACTOR DE ANALISIS DE RIESGO: 4**

**Fuente:** elaboración propia con el **Método ¿Qué pasa sí?**

Tabla 17. Método ¿qué pasa sí?, No.3.

No.	PREGUNTAS/ EVENTO	RESPUESTA	CONSECUENCIAS	ACCIÓN RECOMENDADA
3	¿Se han realizado pruebas de hermeticidad a los tanques y tuberías?	No.	Pueden existir rupturas en tuberías y tanques sin ser detectados, ocasionando fugas de combustible al subsuelo.	Realizar, periódicamente (cada 10 años) y al inicio de operaciones pruebas de hermeticidad que requieren los estándares API 650.

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: 9

SEVERIDAD: 3

FACTOR DE ANALISIS DE RIESGO: 4

Fuente: elaboración propia con el Método ¿Qué pasa sí?

Tabla 17. Método ¿qué pasa sí?, No.4.

No.	PREGUNTAS/ EVENTO	RESPUESTA	CONSECUENCIAS	ACCIÓN RECOMENDADA
4	¿Qué pasa si? no se realizan adecuadamente las conexiones en la transferencia de buque tanque o auto tanque al tanque de almacenamiento.	Pueden ocurrir derrames de combustible.	Al derramarse el combustible en el suelo se puede ocasionar un incendio tipo "charco" o si se evapora y se puede formar una mezcla de gas explosiva, y si hay chispa explotar. 1. Incendio de charco no confinado de 660 barriles (27,711 gal) equivalentes a 104,940.00 Litros	Asegurarse que la transferencia del combustible de buque tanque o auto tanque al tanque se realice con la seguridad indicada en los anexos y bajo una supervisión adecuada. Asegurarse que el <b>plan de emergencia y de respuesta a contingencia</b> responda adecuadamente a situaciones reales de derrames (durante operaciones de descarga.).

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: 7

SEVERIDAD: 3

FACTOR DE ANALISIS DE RIESGO: 5

Fuente: elaboración propia con el Método ¿Qué pasa si?

Tabla 17. Método ¿qué pasa sí?, No.5.

No.	PREGUNTAS/ EVENTO	RESPUESTA	CONSECUENCIAS	ACCIÓN RECOMENDADA
5	¿Qué pasa si algún equipo de bombeo falla?	Se detiene el proceso.	Se ocasionan pérdidas económicas por paro de actividades.	Realizar mantenimiento preventivo y corregir la falla.

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: 9

SEVERIDAD: 5

FACTOR DE ANALISIS DE RIESGO: 4

Fuente: elaboración propia con el Método ¿Qué pasa sí?

**Tabla 17. Método ¿qué pasa sí?, No.6.**

No.	PREGUNTAS/ EVENTO	RESPUESTA	CONSECUENCIAS	ACCIÓN RECOMENDADA
6	¿Qué pasa si los botones de paro de emergencia no funcionan correctamente?	Una situación de emergencia (derrame, incendio) puede quedar fuera de control.	Con una emergencia fuera de control se pueden ocasionar daños materiales y humanos.	Asegurarse con una periodicidad corta que los sistemas de paro de emergencia funcionen correctamente y dar mantenimiento preventivo

**PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: 1**

**SEVERIDAD: 5**

**FACTOR DE ANALISIS DE RIESGO: 5**

**Fuente:** elaboración propia con el **Método ¿Qué pasa sí?**

**Tabla 17. Método ¿qué pasa sí?, No.7**

No	PREGUNTAS/ EVENTO	RESPUESTA	CONSECUENCIAS	ACCIÓN RECOMENDADA
7	¿Qué pasa si el operador responsable del llenado del tanque de almacenamiento, trata de sobrellenar el tanque de almacenamiento?	Esto puede ocurrir si no funciona la válvula de sobrellenado o si falla el indicador de nivel.	2. Incendio de charco confinado de 30 000 equivalentes a 4,770,000 Litros	Asegurarse que todas las válvulas de sobrellenado funcionen correctamente. Asegurarse que sistema de niveles (control de inventarios) funcione adecuadamente. Proporcionar capacitación a los operadores de descarga a los tanques de almacenamiento.

**PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: 1**

**SEVERIDAD: 5**

**FACTOR DE ANALISIS DE RIESGO: 5**

**Fuente:** elaboración propia con el **Método ¿Qué pasa sí?**

**Tabla 17. Método ¿qué pasa sí?, No.8**

No.	Preguntas/ Evento	Respuesta	Consecuencias	Acción recomendada
8	¿Qué pasa si el operador sobrellena el tanque de un auto tanque?	Derrame de combustible en área de suministro.	Si no se toman las medidas precautorias adecuadas puede existir un riesgo de incendio. 3. Incendio de charco confinado de 200 000 equivalentes a 31,800,000 Litros	Detener en servicio en ese módulo y lavar la parte con derrame inmediatamente. Asegurarse que el plan de emergencia y de respuesta a contingencia responda adecuadamente a situaciones reales de derrame de combustible. Proporcionar capacitación a los operadores de suministro a los auto tanques.

**PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: 8**

**SEVERIDAD: 4**

**FACTOR DE ANALISIS DE RIESGO: 5**

**Fuente:** elaboración propia con el **Método ¿Qué pasa sí?**

**Tabla 17. Método ¿qué pasa sí?, No.9**

No.	Preguntas/ evento	Respuesta	Consecuencias	Acción recomendada
9	Falla en el sistema automático de medida del nivel del tanque	Se derrama el combustible que existe en el tramo de manguera y se acciona la válvula de corte rápido.	5. Incendio de charco no confinado de 30,000 BLS de gasolina por fuga y derrame en tubería de conducción	Detener en servicio en ese módulo y lavar la parte con derrame inmediatamente. Reparar el equipo dañado. Proporcionar capacitación a los operadores de suministro a los auto tanques.

**PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: 7**

**SEVERIDAD: 3**

**FACTOR DE ANALISIS DE RIESGO: 4**

**Fuente:** elaboración propia con el **Método ¿Qué pasa sí?**

**Tabla 17. Método ¿qué pasa sí?, No.10.**

No.	Preguntas/ evento	Respuesta	Consecuencias	Acción recomendada
10	¿Qué pasa si la tubería es perforada por un agente externo o sabotaje de suministro está mal puesta para el suministro al auto tanque?	Se derrama el combustible que existe en el tramo de manguera y se acciona la válvula de corte rápido.	6. Nube explosiva por efecto de sobrepresión ante fuga en tubería de conducción.	Detener en servicio en ese módulo y lavar la parte con derrame inmediatamente. Reparar el equipo dañado. Proporcionar capacitación a los operadores de suministro a los auto tanques.

**PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: 7**

**SEVERIDAD: 3**

**FACTOR DE ANALISIS DE RIESGO: 4**

**Fuente:** elaboración propia con el **Método ¿Qué pasa sí?**

**Tabla 17. Método ¿qué pasa sí?, No.11.**

No	Preguntas/ evento	Respuesta	Consecuencias	Acción recomendada
11	¿Qué pasa si se vuelca un auto tanque, se fisura el tanque y se derrama parte del combustible?	Derrame de combustible	4. Fuga total del combustible contenido en el autotank, riesgo de incendio	Detener en servicio en toda la T.M.R.A. y E.P.B.C., y acordonar la zona. Asegurarse que el <b>plan de emergencia y de respuesta a contingencia</b> responda adecuadamente a situaciones reales de derrame de combustible.

**PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: 9**

**SEVERIDAD: 1**

**FACTORES DE ANALISIS DE RIESGO: 5**

**Fuente:** elaboración propia con el **Método ¿Qué pasa sí?**

Tabla 17. Método ¿qué pasa sí?, No.12.

No	Preguntas/ evento	Respuesta	Consecuencias	Acción recomendada
12	¿Qué pasa si se vuelca un auto tanque, se fisura el tanque y se derrama parte del combustible?	Derrame de combustible	4. Fuga total del combustible contenido en el autotanque, riesgo de incendio	Detener en servicio en toda la T.M.R.A. y E.P.B.C., y acordonar la zona. Asegurarse que el <b>plan de emergencia y de respuesta a contingencia</b> responda adecuadamente a situaciones reales de derrame de combustible.

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: 9

SEVERIDAD: 1

FACTORES DE ANALISIS DE RIESGO: 5

Fuente: elaboración propia con el Método ¿Qué pasa sí?

Tabla 17. Método ¿qué pasa sí?, No.13 y 14.

No	Preguntas/ evento	Respuesta	Consecuencias	Acción recomendada
	¿Qué pasa sí?:			
13	a) ¿Caen rayos en la instalación?	a) La instalación esta aterrizada y cuenta con pararrayos	a) Ninguna	a) Ninguna
	b) ¿Se presenta un choque fuerte contra isla de suministro (llenadera) a auto tanque?	b) Se acciona la válvula de corte rápido. En caso de fuga, cada llenadera cuenta con contenedor.	b) Pérdidas materiales.	b) Tomar más precauciones instalando guardas contra el tráfico, protegiendo todas las zonas que puedan accidentarse.
14	c) ¿Falla la energía durante el servicio de la T.M.R.A. y E.P.B.C.?	c) No existiría flujo.	c) Ninguna.	c) Ninguna.

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: 7

SEVERIDAD: 4

FACTOR DE ANALISIS DE RIESGO: 4

Fuente: elaboración propia con el Método ¿Qué pasa sí?

**Tabla 27. Método ¿qué pasa sí?, No.15**

No	Pregunta/ evento	Respuesta	Consecuencias /riesgo	Acción recomendada
15	¿Qué pasa si se presenta un sismo mayor de 7 grados en la escala de Richter?	<p>Pueden romperse tuberías y uniones a válvulas, accesorios y tanques.</p> <p>Pueden ocurrir fatigas que no puedan ser controladas por los operativos.</p>	Se pueden producir fugas al subsuelo.	<p>Cortar inmediatamente la energía eléctrica y suspender todo el servicio.</p> <p>Mantener en buen estado los conectores flexibles del sistema de tuberías y revisar frecuentemente el buen estado y funcionamiento de los botones de paro de emergencia. Los operarios responsables deben intentar controlar las fugas o derrames.</p> <p>Asegurar que el plan de emergencia y respuesta a contingencias responda educadamente a situaciones reales de fuga o derrame.</p>

**PROBABILIDAD DE OCURRENCIA. 9**

**SEVERIDAD: 1**

**FACTOR DE ANALISIS DE RIESGO. 4**

**Fuente:** elaboración propia con el **Método ¿Qué pasa sí?**

**Tabla 27. Método ¿qué pasa sí?, No.16**

No.	Pregunta/ evento	Respuesta	Consecuencias	Acción recomendada
16	¿Qué pasa si se presenta un exceso pluvial excesiva o una inundación en las instalaciones?	<p>Puede presentarse una acumulación excesiva de agua en diques de tanques.</p> <p>Puede presentarse una acumulación excesiva de agua en las trincheras de las tuberías.</p> <p>Si se está en operaciones de carga o descarga, se pueden presentar posibles fugas o derrames.</p>	<p>Si la cimentación de los tanques no resiste, pueden flotar los tanques por empuje hidrostático y ocasionar derrames de combustible al subsuelo y suelo.</p> <p>Pueden presentarse cortos circuitos en el equipo electrónico, que este inundado excesivamente humedecido.</p> <p>Puede presentarse fuga de combustibles</p>	<p>Suspender la operación de bombas y compresor, accionar las válvulas de cierre rápido, desconectar la energía eléctrica, desconectar bombas y llenaderas y accionar la alarma.</p> <p>Mantener en buen estado el drenaje pluvial.</p> <p>Los operarios responsables deben intentar controlar posibles fugas o derrames. Asegurarse que el plan de emergencia y respuesta a contingencias responda adecuadamente a situaciones reales de emergencia por contingencia ambiental.</p>

**PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: 9**

**SEVERIDAD: 1**

**FACTOR DE ANALISIS DE RIESGO: 4**

**Fuente:** elaboración propia con el **Método ¿Qué pasa sí?**

---

## II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.

### II.1. RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.

De los riesgos identificados en el punto anterior, los mayores riesgos con potencial catastrófico son los que se pudieran presentar por fuga/derrame de combustibles principalmente gasolina al ser ésta la que más se almacenará, por lo que a continuación se presentan los cálculos del modelo empleado para cada uno de los escenarios simulados:

#### 1. Nube explosiva por efecto de sobrepresión ante fuga gasolina en la recepción (descarga de buque tanque) en la T.M.R.A. y E.P. B.C.

Considerando que el buque tanque se relaciona con las actividades de la T.M.R.A. y E.P. B.C. en el momento en el que se inicia el procedimiento de descarga de combustible (recepción), se identifica un riesgo en este proceso por lo cual, se simula una fuga de combustible ocasionada por situaciones diversas con un flujo volumétrico de **9.93 m<sup>3</sup>/min.**, en tubería de conducción de la T.M.R.A. y E.P.B.C. con un tiempo de respuesta de los sistemas de seguridad y control en 1 min., lo cual nos da una masa liberada o derramada igual a 7,350.67 kg de gasolina misma que se gasifica/evapora formando una nube explosiva en forma de cilindro que explota por efecto de sobrepresión al encantar una fuente de ignición. Con una densidad de la gasolina de 740 kg/m<sup>3</sup>.

#### 2. Incendio de charco confinado ante derrame en dique del TV-02 con capacidad de 150, 000 BLS la T.M.R.A. y E.P. B.C.

Suponiendo una fuga total e incendio del combustible derramado en dique de contención del tanque de gasolina con una capacidad de 1.1 veces mayor que la del tanque TV-02 (siendo el tanque de mayor capacidad en la T.M.R.A. y E.P. B.C.) resultando una capacidad del dique de 150,000 BLS, equivalentes a 23, 850, 000 L; al encontrar una fuente de ignición. Esto ante posible fractura en la pared debilitada del tanque de almacenamiento (ocasionada por mantenimiento inadecuado, falla en los sistemas de controles de nivel, algún evento natural o sabotaje).

Dicho derrame con un flujo volumétrico de 9.93 m<sup>3</sup>/min., esto da una duración de la fuga de 2,401.81 Seg., lo cual sería un escenario catastrófico, por lo tanto, no se toma en consideración el tiempo de respuesta de los sistemas de seguridad y/o sistema- contra incendio así mismo se asume que se descargará todo el contenido ya que el evento simulado presupone una fuga incontrolada.

#### 3. Incendio de charco confinado ante derrame de capacidad total: 515,000 BLS equivalentes a 81'885,000 L en Área de almacenamiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

Suponiendo una fuga total e incendio del combustible derramado en diques de contención de todos los tanques de almacenamiento con una capacidad de 1.1 veces mayor que la **capacidad nominal** de **515,000 BLS** equivalentes a **81'885,000 L.** (siendo la **capacidad total** en la T.M.R.A. y

---

**E.P.B.C.);** al encontrar una fuente de ignición. Esto ante posible fractura en la pared debilitada de los tanques de almacenamiento (ocasionada por mantenimiento inadecuado, falla en los sistemas de controles de nivel, algún evento natural o sabotaje.

Dicho derrame con un flujo volumétrico de  $9.93 \text{ m}^3/\text{min.}$ , en C/T esto da una duración de la fuga de 8,246.22 Seg., lo cual se considera un escenario catastrófico, por lo tanto, no se toma en consideración el tiempo de respuesta de los sistemas de seguridad y/o sistema- contra incendio así mismo se asume que se descargará todo el contenido ya que el evento simulado presupone una fuga incontrolada.

**4. Nube explosiva por efecto de sobrepresión ante fuga en casa de bombas en la T.M.R.A. y E.P.B.C., con un flujo volumétrico de 1,514 lpm (400 GPM) liberando 1,120.36 kg de gasolina en un tiempo de respuesta de 1 min.**

Se considera una fuga con un flujo volumétrico de 1,514 lpm (400 GPM) en casa de bombas de la T.M.R.A. y E.P.B.C., con un tiempo de respuesta de 1 minuto, lo cual nos da una masa liberada o derramada igual a 1,120.36 kg de gasolina misma que se gasifica/evapora formando una nube explosiva en forma de cilindro que explota por efecto de sobrepresión al encantar una fuente de ignición. Considerando una densidad de la gasolina de  $740 \text{ kg/m}^3$ .

**5. Nube explosiva por efecto de sobrepresión ante fuga de gasolina en tubería de entrega en la T.M.R.A. y E.P.B.C., con un flujo volumétrico de 1,514 lpm (400 GPM) liberando 1,120.36 kg de gasolina en un tiempo de respuesta de 1 min.**

Se considera una fuga con un flujo volumétrico de 1,514 lpm (400 GPM) en tubería de conducción de la T.M.R.A. y E.P.B.C., con un tiempo de respuesta de 1 minuto, lo cual nos da una masa liberada o derramada igual a 1,120.36 kg de gasolina misma que se gasifica/evapora formando una nube explosiva en forma de cilindro que explota por efecto de sobrepresión al encantar una fuente de ignición. Considerando una densidad de la gasolina de  $740 \text{ kg/m}^3$ .

**6. Incendio de charco no confinado por derrame de gasolina de auto tanque en área de entrega de la T.M.R.A. y E.P.B.C.**

Incendio de charco no confinado: suponiendo una fuga total de gasolina del auto tanque de 63,000 L, con un derrame total. Esto ante un posible impacto o sabotaje mismo que ocasiona una fisura en los tanques con un flujo volumétrico de **1,514 lpm (400 GPM)** esto da una duración de la fuga de 2,496.70 Seg., se considera un escenario catastrófico, por lo tanto, no se toma en consideración el tiempo de respuesta de los sistemas de seguridad y/o sistemas de corte de emergencia en el auto tanque así mismo se asume que se descargará todo el contenido ya que el evento simulado presupone una fuga incontrolada.

---

## APLICACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS DE SIMULACIÓN.

El **software SCRI** ha sido utilizado ampliamente para elaborar análisis de consecuencias por emisiones tóxicas y/o contaminantes, sin embargo, no incluía modelos de radiación térmica o aspectos relevantes para consecuencias por fuego y/o explosiones. Este objetivo se cumple con esta primera versión del software denominada **SCRI - FUEGO Modelos de Simulación para Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones Versión 1.4**, mismo que se utilizará para la modelación de los eventos máximos probables de riesgo identificados.

Los modelos del SCRI-fuego se basan en metodologías de la Agencia de Protección Ambiental de EUA (EPA), del Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE) y de la Agencia de Administración Federal de Emergencias de EUA (FEMA).

### MODELO MATEMÁTICO PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS PROVOCADOS POR NUBES EXPLOSIVAS.

Este modelo involucra el cálculo para determinar un potencial explosivo aproximado de la sustancia empleada en el proceso (gasolinas).

Se considerará el supuesto de que la gasolina con una densidad de  $740 \text{ kg/m}^3$  fugada de la tubería que sufre un sabotaje por agente externo se derrama durante 15 minutos (considerados como el tiempo de reacción en la que se tarda en atender dicho evento) con un flujo de  $54.63 \text{ l/s}$  en su totalidad, vaporizándose de forma instantánea para formar inmediatamente una nube de  $36,383.58 \text{ kg}$ ; la vaporización y formación de la nube se efectúa de acuerdo con las propiedades termodinámicas de la gasolina antes de producirse el derrame.

Se asume una nube de forma cilíndrica cuya altura corresponde a su eje vertical. Se supone que la nube cilíndrica no es distorsionada por el viento ni por estructuras o edificios cercanos.

La composición de la nube es uniforme y su concentración corresponde a la medida aritmética de los límites superior e inferior de explosividad del material.

El calor de combustión que produce la explosión se transforma a un equivalente en peso de trinitrotolueno (TNT) (calor de combustión del TNT = **1830 Btu/lb**).

La temperatura del aire ambiente se considera constante e igual a **33.4 °C (70 °F)**.

Se considera que una nube originada en el interior de un edificio, formará una nube de las mismas dimensiones que una originada en el exterior del mismo.

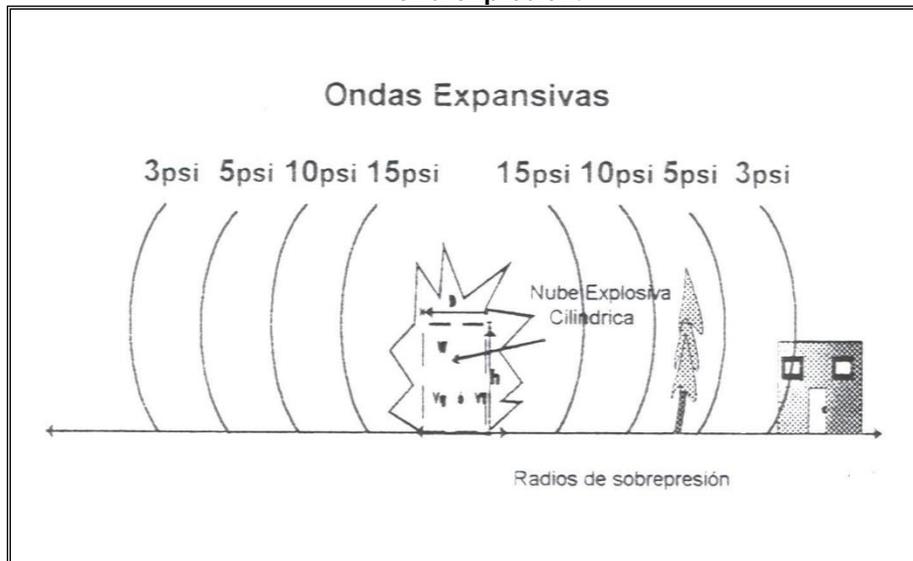
Para determinar la magnitud del derrame del material explosivo en una tubería que conecta al área de almacenamiento con el área de despacho (Llenaderas), se pueden considerar dos

criterios o tipos de daños probables: **a) El Daño Máximo Probable (D.M.P.)** y **b) El Daño Máximo Catastrófico (D.M.C.).**

Para el caso que nos ocupa, la magnitud de la fuga se estimará bajo un escenario de **D.M.P.** y **D.M.C.** considerando que el tamaño del derrame estará determinado por **el tiempo de respuesta o atención del evento de fuga en tubería que interviene en el proceso más riesgoso (tanque de 30,000 BLS al 100 %)**. Asimismo, no se considerará como limitante la formación de una nube, ni la existencia de fuentes de ignición en las cercanías de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

Una vez que se produce la explosión, se generan una serie de ondas expansivas circulares, de tal forma que las ondas de mayor presión están situadas formando una circunferencia cercana al centro de la nube, y las de menor presión se sitúan en circunferencias de diámetro mayores. El **objetivo del modelo** es entonces **determinar la magnitud de los diámetros asociados a la sobrepresión de las ondas y los daños producidos en las instalaciones de la T.M.R.A. y E.P.B.C.**, observe la figura siguiente:

**Figura 13. Imagen donde se muestra el desarrollo de ondas expansivas (sobrepresión) provocadas por una explosión.**



**Fuente:** SCRI - FUEGO Modelos de Simulación para Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones Versión 1.4

## MEMORIA DE CÁLCULO DEL MODELO MATEMÁTICO.

### CONSIDERACIONES:

El cálculo siguiente se realizará utilizando unidades del sistema de medida inglés, con cifras aproximadas hasta milésimas.

También se presentarán los **resultados de este modelo** efectuado en un **programa de cómputo (SCRI 3.1)**, donde los datos son procesados en unidades del sistema métrico, con aproximaciones hasta milésimas, ANEXO.

Los resultados del modelo en la memoria de cálculo presentada, varían respecto de los procesados en el programa de cómputo por los factores de conversión y aproximaciones utilizadas.

Tomando como ejemplo el máximo daño catastrófico que es el **derrame de líquido de una tubería con un flujo volumétrico de 9.93 m<sup>3</sup>/min.**, se presenta a continuación el procedimiento y fórmulas empleadas para el cálculo de las ondas de sobrepresión provocadas por la explosión:

#### A) Cálculo del peso de material en el sistema (wg ó wl).

Como el material analizado se encuentra en estado líquido, el peso del material se calcula con su volumen y densidad:

$$WL = 8.34 \text{ Ro VL} \quad (1)$$

Donde:

**WL** = Peso de la gasolina en el proceso (lb).

**Ro** = Densidad de la gasolina en el proceso (g/ml) a temperatura del proceso (**Tp**).

**VL** = Volumen de la gasolina en el proceso (gal).

El valor constante **8.34** es el factor de conversión (lb/g) x (ml/gal)

## B) Cálculo del peso del material en la nube (w).

El peso del material en la nube se calcula de acuerdo a las características del material en el proceso.

Como la gasolina tiene un punto de ebullición superior a 21° c, la cantidad vaporizada se calcula con la siguiente fórmula:

$$W = WL C_p ( T_p - T_{eb} ) / \Delta H_v \quad (2)$$

Donde:

**T<sub>p</sub>**= Temperatura del líquido en el proceso (°C)

**T<sub>eb</sub>**= temperatura de ebullición del líquido (°C)

**C<sub>p</sub>** = Media geométrica de los calores específicos del líquido (cal/g°C) a diferentes temperaturas entre T<sub>eb</sub> y T<sub>p</sub>

**ΔH<sub>v</sub>** = Calor de vaporización del líquido (cal/g) a la temperatura de ebullición T<sub>eb</sub>.

El valor del cociente **C<sub>p</sub> (T<sub>p</sub> - T<sub>eb</sub>) / ΔH<sub>v</sub>** representa la fracción del líquido que se vaporiza.

## C) Cálculo del diámetro de la nube formada (D).

La metodología empleada aplica únicamente para nubes de gases o vapores que sean más pesados que el aire, y como el vapor de la gasolina es más pesado que el del aire, se emplea la siguiente fórmula:

$$D = 22.181 (w/h MF)^{1/2} \quad (3)$$

Donde:

**D** = Diámetro de la nube formada (ft).

**h** = Altura de la nube formada.

**M** = Peso molecular del material.

En esta ecuación se considera que la mezcla de vapor de gasolina - aire se encuentra a 21.1°C y 1 atmósfera de presión.

El parámetro F corresponde a la fracción de la nube representada por gas o vapor, si la nube en su totalidad se encuentra a una concentración explosiva media. F se determina con:

$$F = (LIE + LSE) / (2 (100)) \quad (4)$$

Donde:

**LIE** = Límite inferior de explosividad del material (%).

**LSE** = Límite superior de explosividad del material (%).

## D) CÁLCULO DE LA ENERGÍA DESPRENDIDA POR LA EXPLOSIÓN (Ed).

Se asume que la energía desprendida por la explosión de la nube se expresa por su equivalente en toneladas de TNT.

La ecuación representativa es:

$$Ed = W \Delta H_c E / 4.03 * 10^6 \quad (5)$$

Donde:

**Ed** = Energía generada expresada en peso de TNT, que produce una fuerza equivalente a la explosividad de la nube (Ton TNT).

**$\Delta H_c$**  = Calor de combustión del material (Btu/lb).

**$4.03 * 10^6$**  = Calor de combustión del TNT (Btu/ton).

**E** = Factor de explosividad.

**E = 0.02** cuando el escenario se considera Daño Máximo Probable (D.M.P.).

**E = 0.10** cuando el escenario se considera Daño Máximo Catastrófico (D.M.C.).

## E) DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DE LAS ONDAS EXPANSIVAS (Doe).

La determinación de los diámetros de los círculos de sobrepresión se efectúa a través de funciones del tipo exponencial como la siguiente utilizada:

$$Doe = Z (Ed)^{1/3} \quad (6)$$

Donde:

**Doe** = Diámetro de la onda explosiva (ft).

**Ed** = Energía desprendida por la explosión (ton TNT).

**Z** = Distancia escalada para la sobrepresión considerada (ft/ton<sup>1/3</sup>).

**NOTA:** Las operaciones y cálculos fueron realizados mediante la aplicación del programa de cómputo denominado **SCRI FUEGO V 1.4**, por lo que los resultados de la corrida se muestran en ANEXO.

### (Criterio de SEMARNAT)

Esta operación se realizará para determinar los diámetros de las ondas expansivas considerando el 10 % de la energía total liberada, bajo el escenario de **DMC**, por lo que se tiene lo siguiente:

**Energía total liberada = 7,350.67 Kg de TNT (resultado de la simulación programa SCRI FUEGO V1.4)**

---

**10 % de la energía total liberada = 735.067 de TNT.**

Con la cantidad de energía obtenida (27455.07 Kg de TNT), se procede a realizar el cálculo de los diámetros de las ondas expansivas utilizando la misma fórmula del inciso E).

$$Doe = Z (Ed)^{1/3}$$

Donde:

**Doe** = Diámetro de la onda explosiva (ft).

**Ed** = Energía desprendida por la explosión (ton TNT) = **4680.00** ton de TNT.

Z = Distancia escalada para la sobrepresión considerada (ft/ton<sup>1/3</sup>).

**(Ed)<sup>1/3</sup> = (27455.07)<sup>1/3</sup> = 4680.00 kj/kg**

Los **fuegos en derrames** tienden a ser bien localizados y la preocupación principal es definir el potencial de efectos dominó y las zonas de seguridad para los empleados, más que por riesgos a la comunidad. Los efectos primarios de tales fuegos son debido a la radiación térmica de la fuente de la flama. Los temas de espaciamiento entre tanques y entre plantas, aislantes térmicos y especificaciones de paredes contra fuego se pueden dirigir sobre la base de análisis de consecuencias específicas para un rango de escenarios posibles de fuego en derrames.

Hay diferentes escenarios para un fuego en derrame. Se inicia típicamente con la emisión de un material inflamable de equipo de proceso. Si el material es líquido, almacenado a una temperatura por debajo de su punto de ebullición normal, el líquido se coleccionará en una pileta. La geometría del derrame está determinada por su alrededor (i.e. contención en diques), pero es posible un derrame no confinado en un área plana y abierta, particularmente si la cantidad derramada es superior a la capacidad del dique. Si el líquido se almacena bajo presión arriba de su punto de ebullición normal, entonces una fracción del líquido se convertirá inmediatamente en vapor, con el líquido no vaporizado permaneciendo para formar un charco en la vecindad del derrame.

El análisis debe considerar también la posibilidad del recorrido del derrame. Donde puede ir el líquido y que tan lejos puede desplazarse.

Una vez que se ha formado el charco con el líquido se requiere una fuente de ignición. Cada derrame tiene una probabilidad finita de ignición y ésta debe ser evaluada. La ignición puede ocurrir vía la nube de vapor (para líquidos volátiles), con la flama viajando viento arriba vía el vapor para incendiar el líquido en el derrame. Para líquidos almacenados por debajo de su punto de ebullición normal sin vaporización rápida, la ignición puede también ocurrir mediante los vapores inflamables del líquido evaporándose. Ambos casos pueden resultar en un fuego inicial por llamarada debido a los vapores quemándose – esto puede causar peligros térmicos iniciales.

Una vez que ha ocurrido la ignición, resulta el fuego en el derrame y el mecanismo de daño dominante es vía los efectos térmicos, principalmente por efecto de transferencia de calor radiante de la flama resultante. Si continua la emisión del material inflamable del equipo de proceso es probable que ocurra también un fuego de chorro ("jet fire"). Si la ignición ocurre muy pronto, habrá poco tiempo para que se forme un fuego en derrame y solo resultará un fuego de chorro.

La determinación de los efectos térmicos depende del tipo de combustible, la geometría del derrame, la duración del fuego, la localización del receptor, para nombrar los principales. Todos estos efectos son tratados en modelos separados pero entrelazados.

### **MODELO MATEMÁTICO PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS PROVOCADOS POR FUEGO EN UN DERRAME.**

#### **ANÁLISIS PARA LA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO PROYECTADA T.M.R.A. y E.P.B.C.**

En los eventos simulados los parámetros de diseño considerados son los siguientes:

- La sustancia evaluada: gasolina.
- Calor de combustión de la sustancia: 43,700.00 KJ/kg
- Calor de vaporización: 349000 J/kg
- Temperatura de ebullición: 312.0 °K (38.9 °C)
- Temperatura de combustión: 0.0550 kg/m<sup>2</sup> s
- Fracción de energía radiada: 0.4
- Temperatura ambiente: 306.6 °K (33.4 °C)
- Humedad relativa: 50 %
- Flujo volumétrico considerado es de **1.514 m<sup>3</sup>/s**
- Densidad de líquido de **740.00 kg/m<sup>3</sup>**
- Diámetro calculado del área de **161.05 m**
- Consumo vertical por combustión de **7.432 E-05 m/s**
- Área del derrame de **20370.18 m<sup>2</sup>**
- Tasa de combustión total se considera de **1120.3600 kg/s**, y
- Altura de la flama es de **109.13 m**.

#### MEMORIA DE CÁLCULO.

Hay diferentes escenarios para un fuego en derrame. Se inicia típicamente con la emisión de un material inflamable de equipo de proceso. Si el material es líquido, almacenado a una temperatura por debajo de su punto de ebullición normal, el líquido se coleccionará en una pileta. La geometría del derrame está determinada por su alrededor (i.e. contención en diques), pero es posible un derrame no confinado en un área plana y abierta, particularmente si la cantidad derramada es superior a la capacidad del dique. Si el líquido se almacena bajo presión arriba de su punto de ebullición normal, entonces una fracción del líquido se convertirá inmediatamente en

vapor, con el líquido no vaporizado permaneciendo para formar un charco en la vecindad del derrame.

El análisis debe considerar también la posibilidad del recorrido del derrame. Donde puede ir el líquido y que tan lejos puede desplazarse.

Una vez que se ha formado el charco con el líquido se requiere una fuente de ignición. Cada derrame tiene una probabilidad finita de ignición y esta debe ser evaluada. La ignición puede ocurrir vía la nube de vapor (para líquidos volátiles), con la flama viajando viento arriba vía el vapor para incendiar el líquido en el derrame. Para líquidos almacenados por debajo de su punto de ebullición normal sin vaporización rápida, la ignición puede también ocurrir mediante los vapores inflamables del líquido evaporándose. Ambos casos pueden resultar en un fuego inicial por llamarada debido a los vapores quemándose- esto puede causar peligros térmicos iniciales.

Una vez que ha ocurrido la ignición, resulta el fuego en el derrame y el mecanismo de daño dominante es vía los efectos térmicos, principalmente por efecto de transferencia de calor radiante de la flama resultante. Si continua la emisión del material inflamable del equipo de proceso es probable que ocurra también un fuego de chorro ("jet fire"). Si la ignición ocurre muy pronto, habrá poco tiempo para que se forme un fuego en derrame y solo resultará un fuego de chorro.

La determinación de los efectos térmicos depende del tipo de combustible, la geometría del derrame, la duración del fuego, la localización .del receptor de la radiación con respecto al fuego y el comportamiento térmico del receptor, para nombrar los principales. Todos estos efectos son tratados en modelos separados pero entrelazados.

### **1. Determinación de la tasa de Combustión.**

Para fuegos en derrames, con diámetros mayores a 1 m. Burgess et al. (1961) demostraron que la tasa a la que el nivel del líquido combustible disminuye en el derrame es dado por:

$$y_{\max} = 1.27 \times 10^{-6} \frac{\Delta H_c}{\Delta H^*}$$

Donde:

$y_{\max}$  = Tasa de decremento en el nivel vertical del líquido (m/s).

$\Delta H_c$  = calor neto de combustión (energía/masa).

$\Delta H^*$  = calor de vaporización modificado en el punto de ebullición.

Valores típicos de tasas verticales son  $0.7 \times 10^{-4}$  m/s (gasolina) a  $2 \times 10^{-4}$  m/s (LPG).

El calor de vaporización modificado incluye el calor de vaporización, más un ajuste para el calentamiento del líquido de la temperatura ambiente  $T_a$  a la temperatura de ebullición del líquido  $T_{BP}$ .

$$\Delta H^* = \Delta H_v + \int_{T_a}^{T_{BP}} C_p dT$$

Donde:

$\Delta H_v$  = calor de vaporización del líquido a la temperatura ambiente (energía/masa).

$C_p$  capacidad calorífica del líquido (energía/masa-grado).

La tasa de combustión de masa es determinada al multiplicar la tasa de combustión vertical por la densidad del líquido. Si la densidad del líquido no está disponible, la tasa de combustión de masa del derrame se puede estimar por:

$$m_B = 1 \times 10^{-3} \frac{\Delta H_c}{\Delta H^*}$$

Donde:

$m_B$  = tasa de combustión de masa (kg/m<sup>2</sup>.s)

El cálculo de la tasa de combustión vertical se ajusta mejor a los datos experimentales que la tasa de combustión de masa, por lo que es preferible el procedimiento de la tasa de combustión vertical y la densidad del líquido.

Las ecuaciones anteriores aplican a fuegos de líquidos en derrames en tierra. Para derrames en agua, las ecuaciones son aplicables si el líquido quemándose tiene un punto de ebullición normal muy por arriba de la temperatura ambiente. Para líquidos con punto de ebullición debajo de la temperatura ambiente, la transferencia de calor entre el líquido y el agua resultan en una tasa de combustión cercana a tres veces la tasa de combustión en tierra (Mudan y Croce, 1988).

## 2.- Tamaño del derrame.

En la mayoría de los casos el tamaño del derrame se fija por el tamaño de la emisión y por barreras físicas locales (diques, áreas de drenaje con pendiente, etc.). Para un derrame continuo en un plano liso infinito, el diámetro máximo se alcanza cuando el producto de la tasa de combustión y el área de la superficie es igual a la tasa del derrame.

$$D_{\max} = 2\sqrt{\frac{V_L}{\pi y}}$$

Donde:

- $D_{\max}$**  = diámetro de equilibrio del derrame (longitud)  
 **$V_L$**  = tasa volumétrica de derrame del líquido (volumen/tiempo)  
 **$y$**  = tasa vertical de combustión del líquido (longitud/tiempo)

La ecuación anterior asume que la tasa de combustión es constante y que la transferencia de calor dominante es de la flama.

Normalmente se asume derrames circulares; cuando los diques sean de formas cuadradas o rectangulares, se puede utilizar un diámetro equivalente. Casos especiales incluyen derrames de líquidos criogénicos en agua (mayor transferencia de calor) y derrames instantáneos no confinados.

## 3. Altura de flama.

Muchas observaciones de fuegos en derrames muestran que hay una relación aproximada de la altura de la flama al diámetro. La correlación mejor conocida es dada por Thomas (1963) para fuegos en derrames circulares

$$\frac{H}{D} = 42 \left( \frac{m_B}{\rho_a \sqrt{gD}} \right)^{0.61}$$

Donde:

- H** = altura visible de la flama (m)  
**D** = diámetro equivalente del derrame (m)  
 **$m_B$**  = tasa de combustión de masa (kg/m<sup>2</sup>s)  
 **$\rho_a$**  = densidad del aire (1.2 kg/m<sup>3</sup> a 20°C y 1 atm.)  
**g** = aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

#### 4.- Desplazamiento e inclinación de la flama.

Los fuegos de derrames son a menudo inclinados por el viento y bajo vientos fuertes, la base del fuego puede ser desplazada viento abajo. Estos efectos alteran la radiación recibida en los alrededores. La AGA (1974) propone la siguiente correlación para la inclinación de la flama:

$$\cos\theta = 1 \quad \text{para } u^* \leq 1$$
$$\cos\theta = \frac{1}{\sqrt{u^*}} \quad \text{para } u^* \geq 1$$

Donde  $u^*$  es la velocidad del viento no-dimensional dado por la siguiente ecuación a una altura de 1.6 m y theta es el ángulo de inclinación de la flama.

$$u_{10}^* = \frac{u_w}{[(g m_B D) / \rho_v]^{1/3}}$$

Donde  $u$ ; es la velocidad del viento (m/s) medida a una altura de 10 m y  $\rho_v$  es la densidad del vapor en el punto de ebullición del líquido (kg/m<sup>3</sup>).

El desplazamiento de la flama ocurre cuando el viento empuja la base de la flama viento abajo del derrame, con el lado viento arriba de la flama y el ancho de la flama permaneciendo sin cambio. Para fuegos rectangulares y cuadrados la dimensión de la base se incrementa en la dirección del viento. La radiación térmica viento abajo se incrementa porque se reduce la distancia al receptor viento abajo. Para flamas circulares, la forma de la flama cambia de circular a elíptica, resultando en un cambio en el factor de vista y en los efectos radiantes.

Los análisis de riesgo pueden incluir o ignorar estos efectos. La inclinación de la flama es más importante, el desplazamiento de la flama es un tópico avanzado. Generalmente se asume en un fuego en derrame, una flama vertical, que radia calor igualmente en todas direcciones. Si una estructura particularmente vulnerable está localizada en la cercanía y una inclinación de la flama pudiera afectarla entonces se debe de considerar.

### 5.- Potencia emitida de superficie.

Hay dos enfoques disponibles para calcular la potencia emitida de superficie: el modelo de radiación puntual y el modelo de pluma sólida. El modelo de fuente puntual se basa en la tasa de emisión de la energía total de combustión y es el que se utiliza en el SCRI-Fuego.

Para el modelo de fuente puntual, la potencia emitida de superficie por unidad de área se estima utilizando el método de fracción radiante:

1. Calcule la potencia total de combustión (basada en la tasa de combustión del área total del derrame).
  2. Multiplique por la fracción de radiación para determinar la potencia total radiada.
  3. Divida la potencia radiada por el área de superficie de la flama.
- La fracción de radiación total se estima en el rango de 0.15 a 0.35: Ver la siguiente tabla.

**Tabla 20. Fracción de energía total convertida a radiación para hidrocarburos (Mudan y Croce, 1988).**

Combustible	Fracción
Hidrógeno	0.20
Metano	0.20
Etileno	0.25
Propano	0.30
Butano	0.30
<b>C<sub>5</sub> y mayor</b>	<b>0.40</b>

**Fuente:** SCRI - FUEGO Modelos de Simulación para Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones Versión 1.4

### DETERMINACIÓN DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN Y REPRESENTACIÓN DE LAS ZONAS DE ALTO RIESGO Y AMORTIGUAMIENTO.

Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, se utilizaron los criterios propuestos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, parámetros que se indican a continuación, Ver en ANEXO PLANOS; ZR INM US. inmuebles con uso de suelo presente en el área de estudio; ZR EV-01; ZR EV-02; ZR EV-03; ZR EV-04; ZR EV-05; ZR EV-06, así como ZR- EF: Efecto de abatimiento de riesgo por muro perimetral de protección.

**Tabla 21. Criterios para definición de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento (SEMARNAT).**

DEFINICIÓN DE ZONAS	EXPLOSIBILIDAD (SOBREPRESIÓN)
Zona de Alto Riesgo	1.0 (psig)
Zona de Amortiguamiento	0.5 (psig)

**Fuente:** Guía para la presentación Estudio de Riesgo Ambiental de SEMARNAT.

**Tabla 22. Efectos de Nubes Explosivas en Instalaciones ubicadas a diferentes distancias con respecto del centro de la explosión.**

SOBREPRESIÓN (lb/in <sup>2</sup> )	EFFECTOS EN PLANTAS INDUSTRIALES
0.3	Caída de techos de asbesto, falla de mamparas.
0.5	Cuarto de control (techo metálico): rotura de ventanas y medidor. Cuarto de control (techo de concreto): rotura de ventanas y medidores.
1.0	Cuarto de control (techo de concreto): conectores dañados por colapso del techo.
1.5	Cuarto de control (techo metálico): colapso del techo. Cuarto de control (techo concreto): colapso del techo. Cubículo de instrumentos: rotura de ventanas y medidores.
2.0	Rotura de ventanas y dispensarios. Falla de paredes de concreto.
3.0	Tanque de almacenamiento (techo cónico): el equipo se levanta (50% de llenado) Cubículo de instrumentos: líneas de fuerza dañadas, controles dañados.
3.5	Cuarto de control (techo metálico): falla de paredes de concreto. Cuarto de control (techo de concreto): falla de paredes de concreto. Soporte de tuberías: marcos deformados. Trasformadores eléctricos: daño por proyección de partículas.
5.0	Zona de despacho: daño por proyección de partículas.
5.5	Soporte de tuberías de venteo: marcos colapsados tubería rota.
6.0	Equipos en el cuarto de máquinas, el equipo se mueve y la tubería se rompe. Válvulas: el equipo se mueve y la tubería se rompe.
7.5	Trasformador eléctrico: líneas de fuerza dañadas.
9.0	Compresor: Motor eléctrico: líneas de fuerza dañadas. Recipiente horizontal a presión: unidad destruida.
9.5	Cuarto de control (techo de concreto): unidad destruida. Transformador eléctrico: unidad destruida.
14.0	Equipos anclados a concreto: unidad se mueve de sus cimientos.
16.0	Elementos de concreto de mueven.
20.0	Elementos de concreto destruidos.

**Fuente:** Manual de usuario SCRI - FUEGO Modelos de Simulación para Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones Versión 1.4

### **Simulación No. 1. Nube explosiva por efecto de sobrepresión ante fuga gasolina en la recepción (descarga de buque tanque) en la T.M.R.A. y E.P. B.C.**

Considerando que el buque tanque se relaciona con las actividades de la T.M.R.A. y E.P. B.C. en el momento en el que se inicia el procedimiento de descarga de combustible (recepción), se identifica un riesgo en este proceso por lo cual, se simula una fuga de combustible ocasionada por situaciones diversas con un flujo volumétrico de **9.93 m<sup>3</sup>/min.**, en tubería de conducción de la T.M.R.A. y E.P.B.C. con un tiempo de respuesta de los sistemas de seguridad y control en 1 min., lo cual nos da una masa liberada o derramada igual a 7,350.67 kg de gasolina misma que se gasifica/evapora formando una nube explosiva en forma de cilindro que explota por efecto de sobrepresión al encantar una fuente de ignición. Con una densidad de la gasolina de 740 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 23. Resultados de la simulación efectuada por nube explosiva por sobrepresión provocada por fuga en tubería de gasolina por descarga en Buque tanque.**

DEFINICIÓN DE ZONAS	Distancia (m)	Sobrepresión (psig)
Zona de Alto Riesgo	544.73	1.0
Zona de Amortiguamiento	925.95	0.5

**Fuente:** Elaboración propia con simulación en SCRI - FUEGO Modelos de Simulación para Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones Versión 1.4

Los anteriores datos relacionados con los resultados de la simulación efectuada nos indican que la sobrepresión calculada con **1.0 psig** a una **distancia 544.73 m** el cuarto de control (techo de concreto) presentaría conectores dañados por colapso del techo, considerando esta zona como zona de alto riesgo. Mientras que la zona de amortiguamiento con **0.5 psig**, se considera a una distancia de resguardo de **925.95 m** con respecto del centro de la explosión (Ver Anexo: Planos: ZR EV-01 y así como ZR- EF: Efecto de abatimiento de riesgo por muro perimetral de protección) Nube Explosiva por Efecto de Sobrepresión ante Fuga en Tubería de recepción en la T.M.R.A. y E.P.B.C. con un Flujo Volumétrico de **9.93 m<sup>3</sup>/min.**, liberando 7,350.67 kg de Gasolina en un tiempo de respuesta al incidente de 1 Min.; plano: ZR- EF Efecto de abatimiento de sobrepresión por muro perimetral de contención del proyecto.

La posible afectación de la T.M.R.A. y E.P.B.C. por la detonación de una nube explosiva, tomando en cuenta las capacidades máximas de almacenamiento 515, 000 BLS, rebasarían las instalaciones de la T.M.R.A. y E.P.B.C., además esta consideración no es posible, aún y considerando que los sistemas de seguridad fallaran, debido a que las condiciones físicas y químicas en que se encuentra el combustible almacenado con medidas de seguridad, sin oxígeno **no se permite la formación de una mezcla explosiva**. Se consideró una eficiencia del material explosivo (gasolina) de 0.4 (dato propuesto en la guía del Software SCRI Fuego V1.4 para dicha simulación), ver planos anexos con clave ZR EV-01 así como plano ZR- EF efecto de muro de abatimiento además de la corrida de esta simulación en ANEXO y planos de representación de zonas de alto riesgo y amortiguamiento, donde se puede observar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento.

**Es importante el mencionar que las simulaciones se presentan sobre escenarios hipotéticos donde la posibilidad de que suceda es mínima**, sobre todo si se llevan a cabo las medidas de seguridad proyectadas para la T.M.R.A. y E.P.B.C., la capacitación al personal que labore en la T.M.R.A. y E.P.B.C., además de mantener todos los equipos en óptimas condiciones.

#### **Análisis de los daños producidos por fuego y radiación térmica del evento simulado.**

Es obvio que el contacto directo con una flama de cualquier tipo no es una buena idea durante cualquier periodo de tiempo prolongado debido a que el calor extremo puede incendiar los

materiales combustibles o quemar severamente y destruir el tejido vivo. Lo que puede no entenderse completamente es que el fuego también puede causar daños o lesiones a distancia a través de la transmisión de la radiación térmica, de forma no muy distinta a como el sol calienta la tierra. Tal radiación, la cual es completamente distinta a la radiación nuclear, es más potente sobre la superficie de la flama y se debilita rápidamente al alejarse en cualquier dirección. En consecuencia, durante una fuga mayor de material peligroso en donde se involucre el fuego, los daños a la propiedad y las lesiones a las personas pueden ocurrir no solo en las áreas donde se encuentra el fuego, sino también en la zona que rodea el incendio.

Los niveles de radiación térmica (también conocidos como flujos de radiación térmica) se miden y se expresan en unidades de potencia por unidad de área, del elemento que recibe la energía. Sin embargo, debido a que el daño o la lesión sostenida por el objeto receptor es una función de la duración de la exposición así como del nivel, las dosis de radiación térmica nos conciernen también. Estas dosis se determinan al combinar los niveles de radiación con los tiempos de exposición y se expresan en unidades de energía por unidad de tiempo por unidad de área de superficie receptora. La siguiente tabla lista algunos de los efectos conocidos de la radiación térmica sobre la piel como una función del nivel y el tiempo de exposición.

**Tabla 24. Criterios de lesiones por quemaduras debido a radiación térmica.**

kW/m <sup>2</sup>	BTU/hr-ft <sup>2</sup>	Tiempo para dolor severo (s)	Tiempo para quemadura de 2° grado (s)
1	300	115	663
2	600	45	187
3	1000	27	92
4	1300	18	57
5	1600	13	40
6	1900	11	30
8	2500	7	20
10	3200	5	14
12	3800	4	11

**Fuente:** Manual de usuario SCRI - FUEGO Modelos de Simulación para Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones Versión 1.4 Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, se utilizaron los criterios propuestos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, parámetros que se indican a continuación.

**Tabla 25. Criterios para definición de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento efectos de radiación térmica provocada por un incendio (SEMARNAT).**

DEFINICIÓN DE ZONAS	Radiación térmica (kw/m <sup>2</sup> )
Zona de Alto Riesgo	5
Zona de Amortiguamiento	1.4

**Fuente:** Guía para la presentación Estudio de Riesgo Ambiental de SEMARNAT.

**Simulación No. 2. Incendio de charco confinado ante derrame de gasolina en dique del TV-02 con capacidad de 150, 000 BLS** la T.M.R.A. y E.P. B.C.

Suponiendo una fuga total e incendio del combustible derramado en dique de contención del tanque de gasolina con una capacidad de 1.1 veces mayor que la del tanque TV-02 (siendo el tanque de mayor capacidad en la T.M.R.A. y E.P. B.C.) resultando una capacidad del dique de 150,000 BLS, equivalentes a 23, 850, 000 L; al encontrar una fuente de ignición. Esto ante posible fractura en la pared debilitada del tanque de almacenamiento (ocasionada por mantenimiento inadecuado, falla en los sistemas de controles de nivel, algún evento natural o sabotaje).

Dicho derrame con un flujo volumétrico de 9.93 m<sup>3</sup>/min., esto da una duración de la fuga de 2,401.81 Seg., lo cual sería un escenario catastrófico, por lo tanto, no se toma en consideración el tiempo de respuesta de los sistemas de seguridad y/o sistema- contra incendio así mismo se asume que se descargará todo el contenido ya que el evento simulado presupone una fuga incontrolada

**Tabla 26. Resultados de la simulación efectuada por inflamabilidad por radiación térmica provocada por fuego en un derrame "incendio de charco"**

DEFINICIÓN DE ZONAS	Distancia (m)	Radiación térmica (kw/m <sup>2</sup> )
Zona de Alto Riesgo	215.25	5
Zona de Amortiguamiento	399.15	1.4

**Fuente:** Elaboración propia con simulación en SCRI - FUEGO Modelos de Simulación para Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones Versión 1.4

Los anteriores datos relacionados con los resultados de la simulación efectuada nos indican que la radiación calculada con **5 kw/m<sup>2</sup>** una persona ubicada a una distancia **215.25 m** tardará **4 s** aproximadamente para sufrir dolor severo y un tiempo aproximado de exposición de **40 s** para sufrir quemaduras de segundo grado, considerando esta zona como **zona de amortiguamiento** de **399.15 m**.

Cabe aclarar que **los eventos simulados no consideran los sistemas de seguridad** (mismos tanto la probabilidad de incendio como la cantidad de derrame). ver planos anexos con clave ZR EV-02 así como plano ZR- EF efecto de muro de abatimiento además de la corrida de esta simulación en ANEXO y planos de representación de zonas de alto riesgo y amortiguamiento, donde se puede observar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento.

Otros factores que se consideran al momento de realizar la simulación son los siguientes:

1. La fuga de combustible es continua y fallan los sistemas de control.
2. El combustible una vez fugado en su totalidad se encuentra con una fuente de ignición, presentándose inmediatamente el incendio.
3. No se toman en cuenta las coladeras y drenajes de combustible existentes.
4. No se toma en cuenta para la extensión del fuego el muro perimetral de contención y concreto armado proyectado para la T.M.R.A. y E.P.B.C. y la de las construcciones colindantes.
5. No se considera la dispersión del combustible por acciones de clima.

**Simulación No. 3. Incendio de charco confinado ante derrame de capacidad total: 515,000 BLS equivalentes a 81'885,000 L** en Área de almacenamiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

**Suponiendo una fuga total e incendio del combustible derramado en diques de contención** de todos los tanques de almacenamiento con una capacidad de 1.1 veces mayor que la **capacidad nominal de 515,000 BLS equivalentes a 81'885,000 L. (siendo la capacidad total en la T.M.R.A. y E.P.B.C.);** al encontrar una fuente de ignición. Esto ante posible fractura en la pared debilitada de los tanques de almacenamiento (ocasionada por mantenimiento inadecuado, falla en los sistemas de controles de nivel, algún evento natural o sabotaje).

Dicho derrame con un flujo volumétrico de  $9.93 \text{ m}^3/\text{min.}$ , en C/T esto da una duración de la fuga de 8,246.22 Seg., lo cual se considera un escenario catastrófico, por lo tanto, no se toma en consideración el tiempo de respuesta de los sistemas de seguridad y/o sistema- contra incendio así mismo se asume que se descargará todo el contenido ya que el evento simulado presupone una fuga incontrolada.

**Tabla 27. Resultados de la simulación efectuada por inflamabilidad por radiación térmica provocada por fuego en un derrame "incendio de charco".**

DEFINICIÓN DE ZONAS	Distancia (m)	Radiación térmica ( $\text{kw}/\text{m}^2$ )
Zona de Alto Riesgo	340.42	5
Zona de Amortiguamiento	630.27	1.4

**Fuente:** Elaboración propia con simulación en SCRI - FUEGO Modelos de Simulación para Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones Versión 1.4

Los anteriores datos relacionados con los resultados de la simulación efectuada nos indican que la radiación calculada con **1.4 kw/m<sup>2</sup>** una persona ubicada a una distancia **340.32 m** tardará **4s** aproximadamente para sufrir dolor severo y un tiempo aproximado de exposición de **40 s** para sufrir quemaduras de segundo grado, considerando esta zona como **zona de amortiguamiento de 630.27 m**. ver planos anexos con clave ZR EV-03 así como plano ZR- EF efecto de muro de abatimiento además de la corrida de esta simulación en ANEXO y planos de representación de zonas de alto riesgo y amortiguamiento, donde se puede observar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento.

**Simulación No. 4. Nube explosiva por efecto de sobrepresión ante fuga de gasolina en casa de bombas en la T.M.R.A. y E.P.B.C., con un flujo volumétrico de 1,514 lpm (400 GPM) liberando 1,120.36 kg de gasolina en un tiempo de respuesta de 1 min.**

Se considera una fuga con un flujo volumétrico de 1,514 lpm (400 GPM) en tubería de conducción de la T.M.R.A. y E.P.B.C., con un tiempo de respuesta de 1 minuto, lo cual nos da una masa liberada o derramada igual a 1,120.36 kg de gasolina misma que se gasifica/evapora formando una nube explosiva en forma de cilindro que explota por efecto de sobrepresión al encantar una fuente de ignición. Considerando una densidad de la gasolina de 740 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 28. Resultados de la simulación efectuada por nube explosiva por sobrepresión provocada por fuga en casa de bombas en línea de despacho.**

DEFINICIÓN DE ZONAS	Distancia (m)	Sobrepresión (psig)
Zona de Alto Riesgo	183.30	1.0
Zona de Amortiguamiento	311.58	0.5

**Fuente:** Elaboración propia con simulación en SCRI - FUEGO Modelos de Simulación para Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones Versión 1.4

Los anteriores datos relacionados con los resultados de la simulación efectuada nos indican que la sobrepresión calculada con **1.0 psig** a una **distancia 183.30 m** el cuarto de control (techo de concreto) presentaría conectores dañados por colapso del techo, considerando esta zona como zona de alto riesgo. Mientras que la zona de amortiguamiento con **0.5 psig**, se considera a una distancia de resguardo de **311.58 m** con respecto del centro de la explosión (Ver Anexo: Planos ZR EV-04. Nube Explosiva por Efecto de Sobrepresión ante Fuga en Tubería de recepción en la T.M.R.A. y E.P.B.C. con un Flujo Volumétrico de **1,514 lpm (400 GPM)**, liberando **1,120.36 kg** de Gasolina en un tiempo de respuesta al incidente de 1 Min.; ZR-EF. Efecto de abatimiento de sobrepresión por muro perimetral de contención del proyecto.

**Es importante el mencionar que las simulaciones se presentan sobre escenarios hipotéticos donde la posibilidad de que suceda es mínima**, sobre todo si se llevan a cabo las medidas de

seguridad proyectadas para la T.M.R.A. y E.P.B.C., la capacitación al personal que labore en la T.M.R.A. y E.P.B.C., además de mantener todos los equipos en óptimas condiciones.

**Simulación No. 5. Nube explosiva por efecto de sobrepresión ante fuga de gasolina en tubería de entrega (zona de llenadoras) de la T.M.R.A. y E.P.B.C., con un flujo volumétrico de 1,514 lpm (400 GPM) liberando 1,120.36 kg de gasolina en un tiempo de respuesta de 1 min.**

Se considera una fuga con un flujo volumétrico de 1,514 lpm (400 GPM) en tubería de conducción de la T.M.R.A. y E.P.B.C., con un tiempo de respuesta de 1 minuto, lo cual nos da una masa liberada o derramada igual a 1,120.36 kg de gasolina misma que se gasifica/evapora formando una nube explosiva en forma de cilindro que explota por efecto de sobrepresión al encantar una fuente de ignición. Considerando una densidad de la gasolina de 740 kg/m<sup>3</sup>. Lo cual se considera un escenario catastrófico, por lo tanto, no se toma en consideración el tiempo de respuesta de los sistemas de seguridad y/o sistema- contra incendio así mismo se asume que se descargará todo el contenido ya que el evento simulado presupone una fuga incontrolada.

**Tabla 29. Resultados de la simulación de nube explosiva por efecto de sobrepresión ante fuga de gasolina en tubería de entrega en la T.M.R.A. y E.P.B.C.**

DEFINICIÓN DE ZONAS	Distancia (m)	Sobrepresión (psig)
Zona de Alto Riesgo	183.30	1
Zona de Amortiguamiento	311.58	0.5

**Fuente:** Elaboración propia con simulación en SCRI - FUEGO Modelos de Simulación para Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones Versión 1.4

Los anteriores datos relacionados con los resultados de la simulación efectuada nos indican que la sobrepresión calculada con **1.0 psig** a una **distancia 183.30 m** el cuarto de control (techo de concreto) presentaría conectores dañados por colapso del techo, considerando esta zona como zona de alto riesgo. Mientras que la zona de amortiguamiento con **0.5 psig**, se considera a una distancia de resguardo de **311.58 m** con respecto del centro de la explosión (Ver Anexo: Planos ZR-EV-05. Nube Explosiva por Efecto de Sobrepresión ante Fuga en Tubería de recepción en la T.M.R.A. y E.P.B.C. con un Flujo Volumétrico de **1,514 lpm (400 GPM)**, liberando **1,120.36 kg** de Gasolina en un tiempo de respuesta al incidente de 1 Min.; ZR EF. Efecto de abatimiento de sobrepresión por muro perimetral de contención del proyecto.

**Es importante el mencionar que las simulaciones se presentan sobre escenarios hipotéticos donde la posibilidad de que suceda es mínima**, sobre todo si se llevan a cabo las medidas de seguridad proyectadas para la T.M.R.A. y E.P.B.C., la capacitación al personal que labore en la T.M.R.A. y E.P.B.C., además de mantener todos los equipos en óptimas condiciones.

### Simulación No. 6. Incendio de charco no confinado por derrame de gasolina en auto tanque del área de entrega (llenaderas) de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

Incendio de charco no confinado: suponiendo una fuga total de gasolina del auto tanque de 63,000 L, con un derrame total. Esto ante un posible impacto o sabotaje mismo que ocasiona una fisura en los tanques con un flujo volumétrico de **1,514 lpm (400 GPM)** esto da una duración de la fuga de 2,496.70 Seg., se considera un escenario catastrófico, por lo tanto, no se toma en consideración el tiempo de respuesta de los sistemas de seguridad y/o sistemas de corte de emergencia en el auto tanque así mismo se asume que se descargará todo el contenido ya que el evento simulado presupone una fuga incontrolada.

**Tabla 30. Resultados de la simulación incendio en charco no confinado por derrame de gasolina de auto tanque del área de entrega.**

DEFINICIÓN DE ZONAS	Distancia (m)	Radiación térmica (kw/m <sup>2</sup> )
Zona de Alto Riesgo	431.52	5
Zona de Amortiguamiento	797.98	1.4

**Fuente:** Elaboración propia con simulación en SCRI - FUEGO Modelos de Simulación para Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones Versión 1.4

Los anteriores datos relacionados con los resultados de la simulación efectuada nos indican que la radiación calculada con **5.0 kw/m<sup>2</sup>** una persona ubicada a una distancia **431.52 m** tardará **4s** aproximadamente para sufrir dolor severo y un tiempo aproximado de exposición de **40 s** para sufrir quemaduras de segundo grado, considerando esta zona como **zona de amortiguamiento de 797.98 m**. ver planos anexos con clave ZR EV-06, así como plano ZR- EF efecto de muro de abatimiento además de la corrida de esta simulación en ANEXO y planos de representación de zonas de alto riesgo y amortiguamiento, donde se puede observar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento.

## II.2. INTERACCIONES DE RIESGO.

Para este apartado de análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo, se procedió a la caracterización de la zona de influencia comenzando con la identificación de las **colindancias inmediatas hasta un radio de 2000 m a partir del centro del predio para la T.M.R.A. y E.P.B.C. (ANEXO No. ERA-2.USO DE SUELO Y COLINDANCIAS EN LA ZONA DE ESTUDIO)**; describiendo el uso de suelo actual en dicha zona de estudio con la finalidad de identificar aquellas áreas, equipos o instalaciones próximas a la T.M.R.A. y E.P.B.C. que por su ubicación o por la naturaleza de su operación, manejo de sustancias peligrosas, pudieran tener interacción de riesgo con la T.M.R.A. y E.P.B.C., resultando la identificación de las siguientes instalaciones identificadas en las zonas de estudio:

---

Para el caso que nos ocupa no se han identificado elementos o infraestructura en el área de influencia que se pudiera considerar como situaciones de posible interacción de riesgo.

### II.3. EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL.

El objetivo de la evaluación de los riesgos vulnerables es estudiarlos a fin de considerar todas aquellas situaciones que representen un riesgo potencial tanto para el Parque Industrial como para la población, y para el caso que nos ocupa la T.M.R.A. y E.P.B.C. es la correlación de estas con el entorno y viceversa. El riesgo vulnerable será aquel que cree una condición emergente con potencial de provocar daño de los propios procesos transformadores de la ciudad según sus particularidades físicas, ambientales, económicas, demográficas, culturales y políticas. La ciudad en su ámbito urbano es un sistema complejo, dinámico, que modifica y ajusta permanentemente sus estructuras y funciones a las demandas y relaciones entre los individuos y entre estos y su entorno físico natural o construido, por lo que el avance del área urbanizada altera el entorno natural, modifica procesos naturales geomorfológicos e hidrometeorológicos y a su vez es impactado y moldeado por la dinámica natural. Eventos frecuentes de baja intensidad (ej. deslizamientos) o intensos de baja frecuencia (Ej. huracanes, terremotos) colocan a prueba las condiciones de este entorno construido en términos de los requerimientos de resistencia y funcionalidad.

En el contexto de la anterior conceptualización de riesgo urbano, se establecerá el riesgo y vulnerabilidad presente en la zona de estudio mediante la siguiente metodología.

Con el fin de establecer las bases técnicas y científicas que presentan los diversos fenómenos destructivos, así como para identificar las medidas para su reducción, conforme al marco conceptual que establece el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), por lo que para esta área de estudio en función del Sistema de Protección Civil se clasifican en cinco diferentes ámbitos para la generación de los sistemas perturbadores, los cuales son:

a) **RIESGOS GEOLÓGICOS.** Estos son fenómenos que se producen por la propia actividad de las placas tectónicas, que tienen fallas continentales y/o regionales, debiendo señalar que dentro de este tipo de fenómenos se derivan en:

- Sismos.
- Erupciones y emisiones volcánicas.
- Inestabilidad de laderas.
- Hundimientos locales, regionales y agrietamientos.

b) **RIESGOS Y VULNERABILIDAD HIDROMETEOROLÓGICA.** Estos son eventos derivados de la acción violenta de la propia naturaleza, a partir de los agentes atmosféricos.

- Ciclones tropicales (Huracanes).
- Inundaciones.
- Tormentas de granizo.
- Heladas y nevadas.
- Tornados.
- Viento.

- Sequías.
- Frente frío.

c) RIESGOS Y VULNERABILIDAD SANITARIOS – ECOLÓGICOS. Estos, se vinculan estrechamente con el mismo crecimiento de la población, sus fuentes se ubican en las grandes concentraciones humanas y derivan de condiciones insalubres.

- Epidemias o Plagas.
- Erosión.
- Contaminación de aire, agua suelo y alimentos.
- Residuos peligrosos.

d) RIESGOS Y VULNERABILIDAD QUÍMICO – TECNOLÓGICOS. Están íntimamente ligados a la compleja vida de la sociedad, al desarrollo industrial y tecnológico de las actividades humanas y al uso de diversas formas de energía, las cuales generalmente afectan en mayor medida a las grandes concentraciones humanas e industriales.

- Fugas y derrames.
- Almacenamiento de sustancias peligrosas.
- Incendios y explosiones.
- Transporte de sustancias peligrosas.

e) RIESGOS SOCIO - ORGANIZATIVOS. Estos tienen su origen en las actividades de las concentraciones humanas y/o el mal funcionamiento de algún sistema de subsistencia, lo cual afecta los servicios básicos.

- Accidentes terrestres y aéreos,
- Interrupción de servicios,
- Actos de sabotaje y terrorismo,
- Concentraciones masivas de población y
- Enfrentamientos.

Para que el análisis a realizar se anexara un punto más el cual nos permitirá saber el grado de riesgo y vulnerabilidad encontrado en el área de influencia del proyecto y zonas cercanas al mismo, por lo tanto se tiene el siguiente punto:

f) RIESGOS Y VULNERABILIDAD DETECTADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO. Una vez conceptualizados los términos de análisis se procederá a analizar y detectar los riesgos y vulnerabilidades presentes en la zona de estudio.

A continuación se analizan cada uno de los incisos antes mencionados a más detalle:

#### **a) RIESGOS GEOLÓGICOS.**

##### Topografía.

El punto para establecer los porcentajes relativos de inclinación o pendiente es para ayudar a entender las funciones ambientales y limitaciones del sitio, incluyendo la susceptibilidad a la erosión, la accesibilidad al potencial de construcción y otros factores. En general, entre más empinada la inclinación, es mayor el potencial para la erosión, deslizamiento y la fuga rápida de aguas lluvias.

Generalmente, una edificación o desarrollo urbanístico debería estar localizado en un área plana y nunca en inclinaciones más pendientes que las que se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 31. Pendientes de elementos urbanos consideradas seguras.**

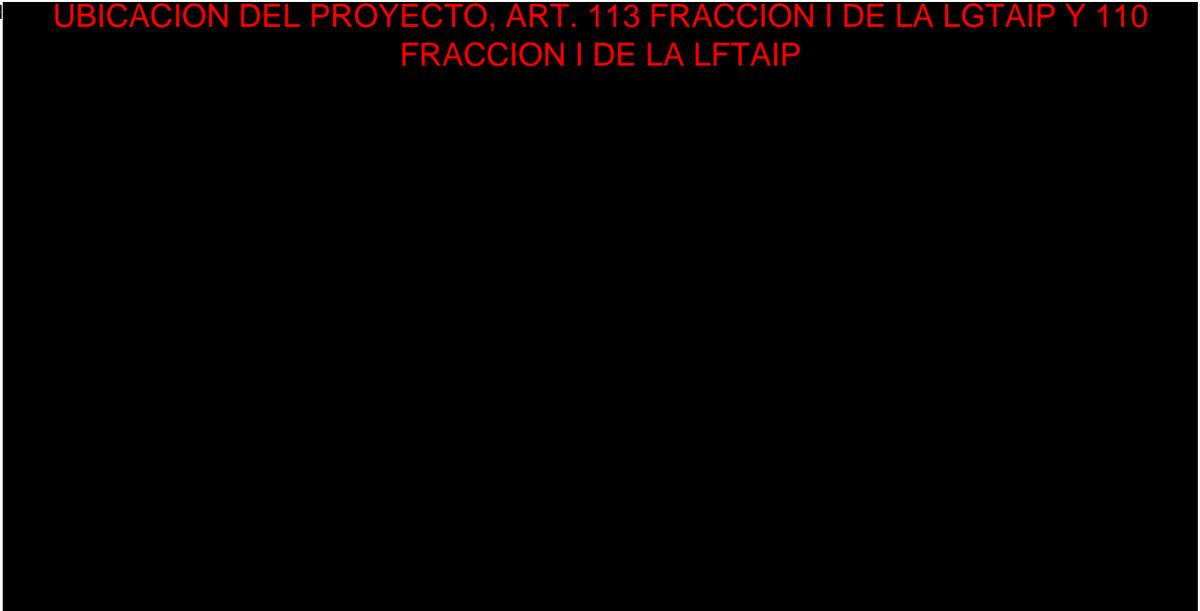
**Fuente:** adaptada de la tabla en Ingeniería del terreno para Arquitectos Paisajistas, por Strom y Nathan.

<i>Tipo de Uso</i>	<i>Alcance Extremo (porcentaje de inclinación)</i>	<i>Alcance Sugerido (porcentaje de inclinación)</i>
Calles públicas	0.5-10	1-8
Carreteras privadas	0.5-20	1-12
Conductos de servicios	0.5-15	1-10
Áreas de estacionamiento	0.5-8	1-5
Caminos para recolectores	0.5-12	1-8
Caminos para entradas	0.5-8	1-4
Rampas para peatones	Hasta 12	Hasta 8
Gradas	25-50	33-50
Patios para juegos	0.5-2	0.5-1.
Campos para juegos	1-5	2-3
Cunetas pavimentadas	0.25-100	1-50
Zanjas engramadas	0.5-15	2-10
Terrazas y áreas par sentarse	0.5-3	1-2
Terraplenes engramados	Hasta 50	Hasta 3
Terraplenes plantados	Hasta 100	Hasta 50

El proyecto se localiza sobre la unidad fisiográfica del tipo **playa o barra** topografía formada de material arenoso, desarrollada a lo largo de la costa. Banco de arena que se forma en el mar.

Específicamente el terreno que ocupa **el proyecto**, es un **terreno plano con ligera pendiente descendente norponiente-suroriente del 0.01%** en un predio con uso industrial -portuario del puerto El Sauzal.

**UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP**



En cuanto a estabilidad del suelo relacionado con el factor pendiente o inclinación este se considera seguro.

#### Inestabilidad de laderas.

La inestabilidad de laderas, también conocida como proceso de remoción en masa, se puede definir como la pérdida de la capacidad del terreno natural para autosostentarse, lo que deriva en reacomodos y colapsos. Se presenta en zonas montañosas donde la superficie del terreno adquiere diversos grados de inclinación. Los principales tipos de inestabilidad de laderas son: caídos, deslizamientos y flujos.

El grado de **estabilidad de una ladera depende** de diversas variables (factores condicionantes) tales como la **geología, la geomorfología, el grado de intemperismo, la deformación y la actividad humana**, entre otros. Los sismos, las lluvias y la actividad volcánica son considerados como factores detonantes o desencadenantes de los deslizamientos (factores externos).

De entre los fenómenos geológicos, los deslizamientos de laderas son los más frecuentes en el país y su tasa de mayor ocurrencia es en la temporada de lluvias. Aunque también pueden ocurrir durante sismos intensos, erupciones volcánicas y por actividades humanas como cortes, colocación de sobrecargas (viviendas, edificios, materiales de construcción, etc.), escurrimientos, filtraciones de agua, excavaciones, etc. Debido a que el agua juega el papel más importante en la inestabilidad de una ladera, las medidas de prevención y mitigación deben ser orientadas a reducir al mínimo su ingreso al interior de las laderas.

Siendo así y una vez considerados los anteriores argumentos correlacionados con el diagnóstico geológico de la zona de estudio, se determinarán riesgos por inestabilidad de laderas.

- La composición geológica del suelo está conformada principalmente por roca sedimentaria, como son las areniscas, conglomerados y suelos, perteneciente al periodo cuaternario y de origen aluvial.
- El estudio de mecánica de suelos arroja un estrato limo arenoso con un espesor de 1.0 m a una profundidad de 2.00 m a 3.5 m, sobre yace a este una capa de arcilla de alta plasticidad hasta el contacto con la superficie y la cual presenta una capacidad de carga moderada.
- En la zona no existen flujos naturales y artificiales superficiales de escurrimientos pluviales de importancia, así como subterráneos cercanos al proyecto que pudieran desestabilizar el suelo.
- La pendiente del suelo (0.0 al 1%) soporta la cohesión interna de este.
- La **capacidad de carga** del suelo en la partes con estructuras construidas es la suficiente para soportar éstas, aun así en la etapa de construcción el terreno al actual material se le añadirá material para mejoramiento o se sustituirá por tepetate lo cual modificara su capacidad de carga y por lo tanto será apto para la construcción del proyecto. Según el **Estudio de Mecánica de Suelos**.

- Relativo a **riesgos por hundimientos por trabajos mineros**, estos no se detectaron en el predio, donde se no se detectan anomalías naturales o artificiales que pudieran causar problemas para el desarrollo del proyecto.
- En la zona donde se desarrollará el proyecto la **probabilidad de riesgo por deslizamiento, hundimiento o colapso del suelo es muy bajo**, debido a que se ubica sobre un **suelo aluvial** con un estrato inferior limo arenoso y en una **zona sísmica de categoría C** donde se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia de sismos es muy frecuente y **las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70 % de la aceleración de la gravedad**.
- De la revisión del Atlas Nacional de Riesgos se tiene que la zona en estudio se ubica en una zonificación de **RIESGO: sin riesgo por susceptibilidad de laderas**. Como se muestra a continuación:

### UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

#### Fallas y fracturas.

el municipio de Ensenada, se destaca un paisaje geológico relativamente dominado por la formación ígnea intrusiva (aproximadamente 40% de la superficie), seguida por la ígnea extrusiva (33%), luego la sedimentaria (20%) y finalmente la metamórfica (7%).

Las fallas geológicas que se encuentran en varios lugares del municipio, inciden en la formación de grietas debido a la constante actividad de la Placa del Pacífico.

Uno de los elementos estructurales se asocia la inestabilidad originada por las fallas y fracturas y su incidencia en los factores de peligro principalmente para la ciudad, localidades y poblados.

---

La característica estructural más importante en Ensenada consiste en un ordenamiento en tres franjas semiparalelas a la orientación peninsular.

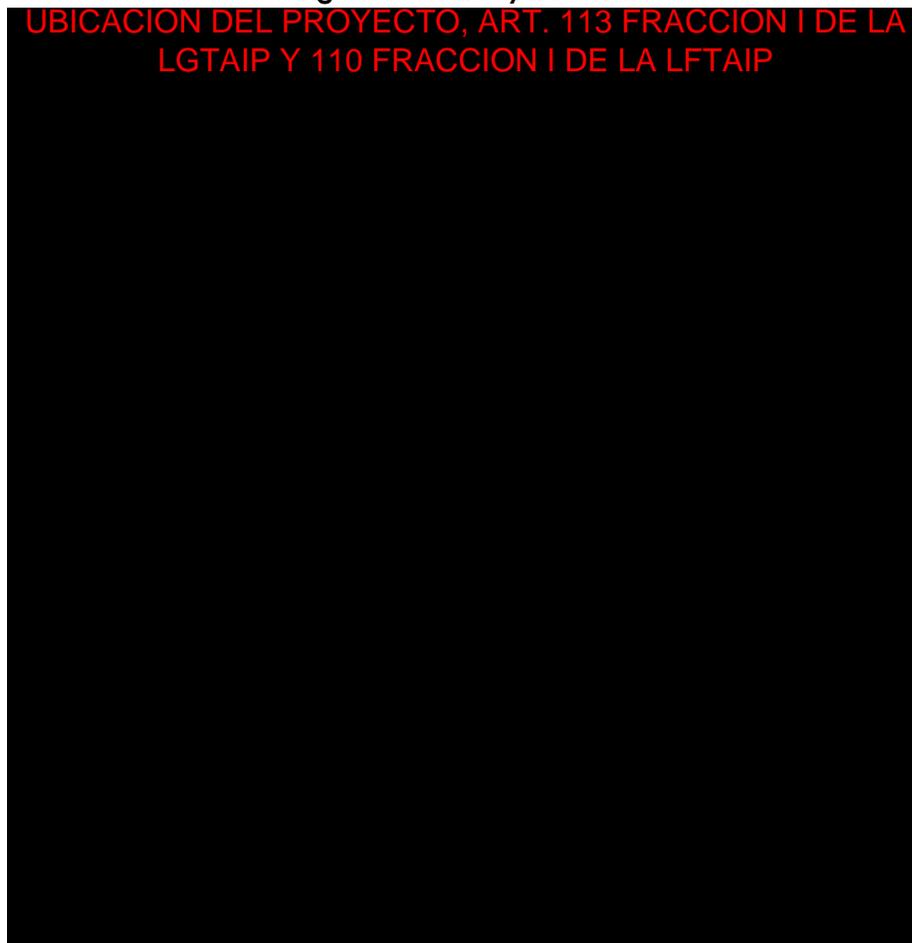
La franja del noroeste que presenta un proceso de falla normal con orientación norte-noroeste, es donde se concentra la mayor cantidad de población municipal y se ubica la falla de Agua Blanca, misma que representa un peligro al Centro de Población de la Cabecera Municipal.

La segunda franja presenta también una falla normal con orientación norte-noroeste (región de Puertecitos), en ella hay poca actividad sísmica y, al no haber localidades mayores a 2,500 habitantes, el peligro es menor.

La tercera franja deja ver una falla considerable y fracturas circulares en sentido oriente en la región de Bahía de los Ángeles, en la cual hay una intensa actividad y ha originado la mayor cantidad de sismos mayores a 6 grados en la escala de Richter.

En la se denota que las fallas terrestres se presentan longitudinalmente por la costa del Golfo de California, en especial en las delegaciones de Bahía de los Ángeles y Puertecitos. Posteriormente en las delegaciones de Valle de la Trinidad, Real del castillo y Maneadero se visualiza la principal falla denominada Agua Blanca, que dio formación a la península de Punta Banda. En el recuadro también se observa la falla secundaria que se presenta en el Cerro El Vigía en la Ciudad y Puerto de Ensenada.

**Figura 16. Fallas y fracturas.**



## UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

### Sismicidad.

**Ensenada** ha tenido el sismo de mayor magnitud en el estado 7.8 grados Richter el 12 de diciembre de 1902, además otros de 7.7 grados el 17 de octubre de 1907 y 7.1 grados el 31 de diciembre de 1934), así como 17 temblores más entre 5 y 6.9 grados Richter.

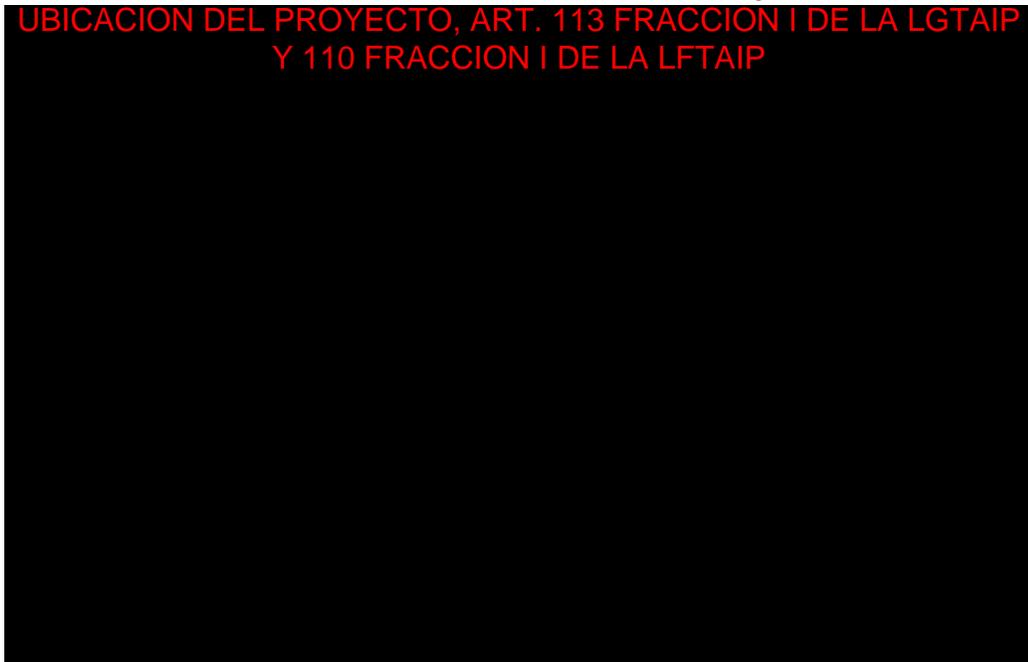
Ensenada, y por tanto la zona de estudio, se encuentran sobre una placa tectónica conocida como placa del Pacífico. Esta placa se desplaza de forma constante hacia el noroeste. La población en general no tiene una memoria aguda y pendiente en el tema de la sismicidad y considera que los movimientos más fuertes son en otros municipios como Mexicali.

Por lo tanto, al saber que hubo un sismo de 7.8 grados Richter entre Santa Rosalita y Bahía de los Ángeles, se debe considerar más la peligrosidad. De hecho, deberán incluirse como acciones preventivas realizar estudios de dinámica de suelos, determinando los períodos predominantes estructurales de las edificaciones estratégicas, ya que puede manifestar el grado de daño estructural de las mismas, así como realizar las adecuaciones a reglamentos de edificaciones.

De acuerdo con la zonificación sísmica establecida para la República Mexicana, el sitio para la T.M.R.A. y E.P.B.C. **se ubica en la zona "C" con riesgo sísmico Bajo.**

La destructividad de un sismo se determina fundamentalmente por la magnitud, naturaleza del proceso de ruptura, la distancia del epicentro a las áreas urbanas, la profundidad del foco, respuesta local del suelo, la densidad poblacional y el tipo de construcción. Para la zona suburbana en análisis la respuesta del suelo con rocas de origen ígneo disminuye el efecto destructivo de cualquier movimiento telúrico, desde este punto de vista que entre más sólido sea el suelo, menores serán los efectos sísmicos y entre mayor sea la densidad poblacional el número de víctimas se incrementa (Dir. Gral. Protección Civil 1991).

La siguiente figura muestra el mapa de la República Mexicana donde se muestra la **zonificación de acuerdo las intensidades globales de Mercalli. El Proyecto se ubica en una zona** delimitada para intensidades en la escala V la cual es descrita de la siguiente forma:



**Fuente:** Servicio Geológico Mexicano.

La siguiente figura muestra el mapa de la República Mexicana donde se muestra la **zonificación de acuerdo las intensidades globales de Mercalli. El Proyecto se ubica en una zona** sitúa en una región con categoría **C** la cual es descrita de la siguiente forma:

**La zona C** es una zona de intensidad intermedia con sismos pocos frecuentes.

En las zonas con esta categoría han ocurrido con frecuencia grandes temblores (sismos mayores a 7) y las aceleraciones del terreno pueden ser superiores al 70% de gravedad (Cenapred, 2001a) por ello se consideran zonas de muy alto peligro sísmico. La alta actividad sísmica en Mexicali, se debe principalmente a las fallas activas localizadas en la región, generadas por el desplazamiento de la placa tectónica del Pacífico con respecto a la de Norteamérica. Al respecto, Glowacka, González y Fabriol (1999), señalan que en la Zona Sísmica de Mexicali (ZSM), localizada entre las dos principales fallas transformes Cerro Prieto e Imperial, se producen enjambres de sismos de baja intensidad, mientras que los sismos de gran intensidad (de magnitud  $M \geq 6$ ), se producen a lo largo de las trazas de estas dos fallas (Rodríguez, 2002).

#### Tsunamis.

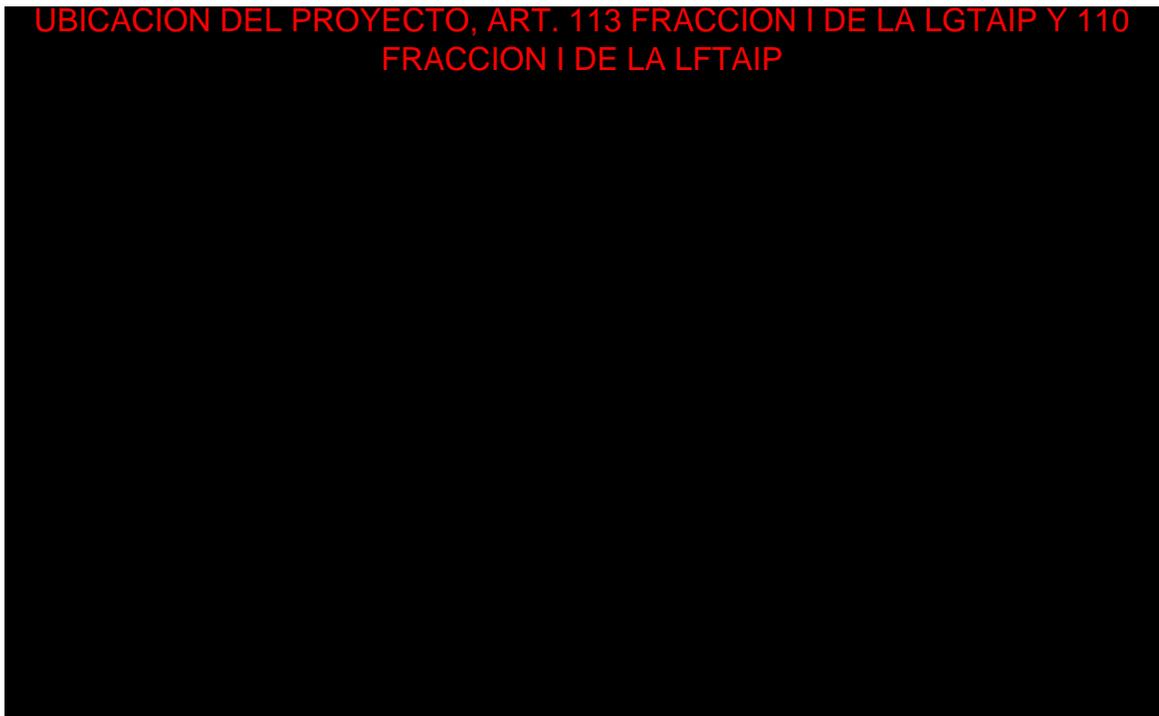
Se le denomina tsunami o maremoto a la secuencia de olas que se generan cuando cerca o en el fondo del océano se produce un sismo. Al acercarse a la costa estas olas pueden alcanzar alturas de varios metros y provocar grandes pérdidas humanas y materiales. La gran mayoría de los

---

tsunamis tiene su origen en el contorno costero del Pacífico y se generan cuando se presenta un movimiento vertical del fondo marino ocasionado por un sismo de gran magnitud cuya profundidad sea menor que 60 km. Otras causas mucho menos frecuentes de tsunamis son las erupciones de volcanes submarinos, el impacto de meteoritos o deslizamientos de tierra bajo el mar, aunque también pueden producirse por un deslizamiento de gran magnitud en el lecho de ríos caudalosos.

Los tsunamis (ver Figura 17), se clasifican en locales, cuando el sitio de arribo se encuentra dentro o muy cercano a la zona de generación; regionales, cuando el litoral invadido está a no más de 1,000 km; y lejanos, cuando se originan a más de 1,000 km. *Idem.*

En México, se cuenta con pocas estadísticas sobre este fenómeno, ya que la instrumentación para su registro comenzó a funcionar a partir de 1952. No obstante, mediante la recopilación de registros en diversas fuentes históricas, se han podido identificar 34 tsunamis locales entre 1732 y 1995, y 15 de origen lejano posteriores a 1950. *Idem.*



Las zonas de origen y arribo de tsunamis –y por tanto las de mayor susceptibilidad al Peligro frente a este tipo de fenómeno- se presentan en la **figura 19**, en donde todo el litoral de Ensenada está en Peligro, pero principalmente Bahía de los Ángeles, Puertecitos, San Quintín y la Cabecera Municipal.

En lo concerniente a los maremotos ocurridos en el municipio, se puede mencionar que se han registrado muchos de muy bajo arribo en la altura de la ola, pero deben destacarse los siguientes:

**Tabla 32. Maremotos ocurridos en el municipio.**

Fecha	Origen	Distancia Km	Magnitud	Tiempo de Viaje	Validez	Altura Arribo m
9/3/1957	Aleutianas	5,534	8.3	06:46	4	1.04
22/5/1960	Chile	9,078	8.5	13:37	4	2.47
28/3/1964	Alaska	3,843	8.4	06:06	4	2.38
16/5/1968	Japón	12,004	8.0	11:24	4	0.38
29/11/1975	Hawái	4,153	7.2	06:42	4	0.46
11/3/2011	Japón	8,824	9.0	15:06	4	0.91

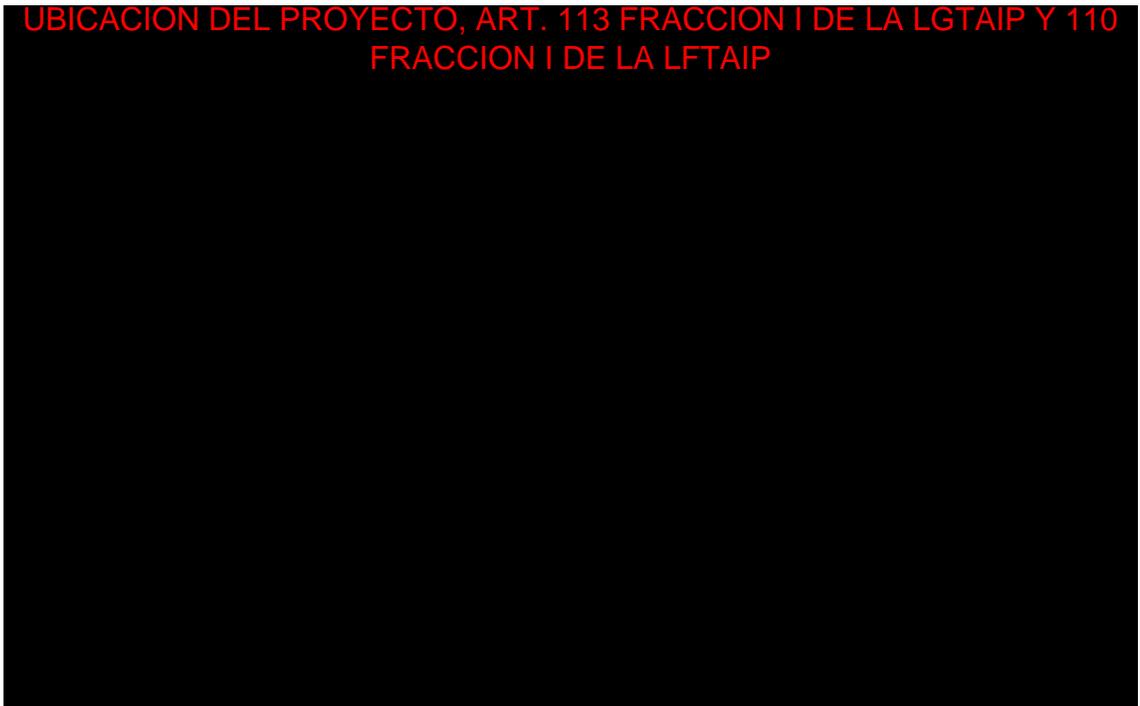
**Fuente:** Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Ensenada 2012.

En general el origen de este fenómeno es de tipo lejano, pero debe destacarse que en la cabecera municipal y por efecto de la Islas de la Bahía de Todos Santos, en vez de atenuar la altura de la ola de arribo, provoca la concentración de la misma en el centro de la bahía.

En la figura siguiente muestra el Riesgo por Tsunami, destacando la Bahía de Todos Santos, San Quintín, Villa de Jesús María, Bahía de los Ángeles y parte de Puertecitos al sur de Percebú.

En la figura siguiente denota las zonas con Peligro de Inundación por Tsunami en las dos zonas con mayor población, siendo el Centro de Población integrado por **El Sauzal**, Cabecera Municipal y Maneadero, así como la región de Vicente Guerrero-San Quintín. Resulta necesario y de vital importancia reforzar los sistemas de alerta temprana de Tsunamis.

**UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP**



---

## **b) RIESGOS Y VULNERABILIDAD HIDROMETEOROLÓGICA.**

### Sequia

Una sequía se caracteriza por un prolongado período de tiempo anormalmente seco. Se presume que en la actualidad hay mayores sequías que antaño, muestra de los efectos del cambio climático.

Este problema, traducido en desastre natural, implica un desequilibrio hidrológico y los suministros de agua presentan niveles inferiores a los normales. Su impacto puede ser aún más fuerte que el de las tormentas, puesto que son más difíciles de definir y de prever. Además, la tarea de evaluar su gravedad en términos objetivos suele ser complicada ya que se desarrollan gradualmente y de formas distintas en cada región.

Las sequías son producidas principalmente por la escasez crónica de lluvias en una región, lo que conduce a un desequilibrio hidrológico. Para entender esto mejor: el hundimiento del aire lo conduce a las zonas de alta presión, por lo que la humedad disminuye, se forman menos nubes y por ende, disminuyen las precipitaciones.

La gravedad de una sequía está relacionada con su duración, la ubicación y el tamaño de la zona perturbada y el grado de deficiencia de humedad. Si la población en una región aumenta, el suministro de agua puede ser problemático y aumentan las probabilidades de sequías.

El fenómeno de la sequía es el que ocasiona mayores pérdidas de producción agrícola y ganadera en las regiones de temporal y de riego. Tan solo en el año 2009 en el municipio de Ensenada la producción agrícola tuvo pérdidas de 18,821 hectáreas de cultivos con un valor de 158.4 millones de pesos, afectando las delegaciones de San Quintín, Vicente Guerrero, Camalú, Colonet, Santo Tomás, Valle de la Trinidad, Maneadero, San Vicente, San Antonio de las Minas, Francisco Zarco, El Porvenir, Real del Castillo, así como a la población de la Cabecera Municipal beneficiada de la producción agrícola.

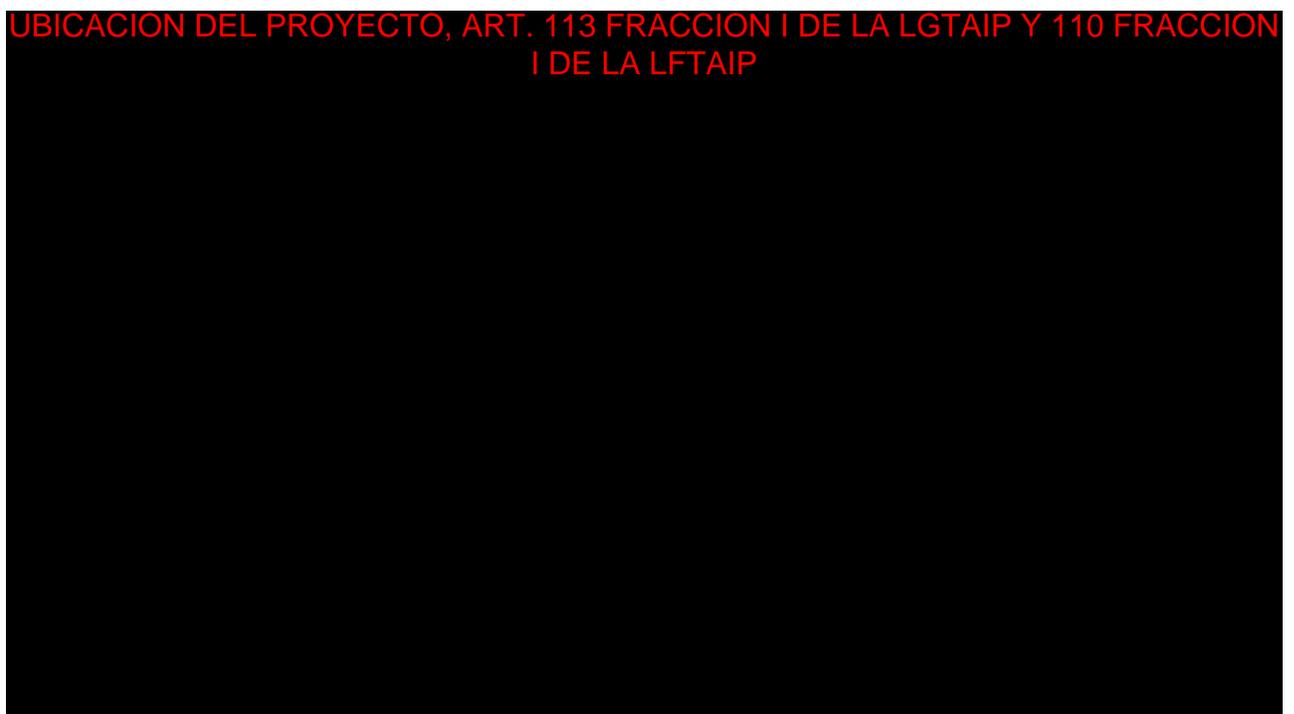
Para la zona de estudio de la consulta al Atlas Nacional de Riesgos se tienen, ver figuras siguientes:

**UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP**



El sitio para la T.M.R.A. y E.P.B.C., en la imagen. Dentro del **Déficit promedio de lluvia (%) respecto a su lluvia media anual** se ubica en el rango  $20 < \text{Déficit} (\%) \leq 30$

**UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP**



El sitio para la T.M.R.A. y E.P.B.C., en la imagen. Dentro de la **Duración de la sequía promedio D (años)** se ubica en el rango  $2 \leq D < 30$

## UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

**El sitio para la T.M.R.A. y E.P.B.C., en la imagen. Dentro del Riesgo de sequía se ubica en el rango Muy bajo.**

### Ciclones tropicales.

Los ciclones tropicales son las tormentas más violentas que puede experimentar un marino; en aguas de las Antillas se denominan huracanes; al este de la India y en aguas del Japón se conocen con el nombre de tifones, en el Océano Índico (bahía de Bengala), ciclones; cerca de las costas australianas willy-willies y por las de Filipinas, baguios, Técnicamente son todos ciclones tropicales..."; en América es normal referirse a ellos, con los nombres de huracanes (que es la etapa más intensa de un ciclón) o ciclones tropicales.

La palabra huracán se deriva de Huraken, dios de las tormentas, adorado por los indios ribereños del mar Caribe y aplicado a los vientos tropicales de violencia catastrófica. Esta palabra fue adoptada por los españoles y portugueses, los anglosajones la interpretaron como "hurricane" y los franceses como "orugan".

El municipio de Ensenada se encuentra al norte del paralelo del Trópico de Cáncer, por lo cual, la percepción de la población es que los huracanes no afectan a Ensenada. La mayoría de los huracanes y tormentas tropicales que han afectado a Ensenada se originan durante la última semana de agosto frente a las costas del estado de Colima.

La tendencia de opinión de la comunidad, es que los huracanes no llegan ni afectan en estas latitudes ensenadenses. Al analizar la base de datos de la National Oceanic and Atmospheric

---

Administration (NOAA por sus siglas en inglés), a través del CENDO (Centro Nacional de Datos Oceanográficos), para el Océano Pacífico, se pueden identificar los siguientes eventos de huracanes que han influenciado, más nunca calculado sus daños, en el municipio de Ensenada:

El 2 de octubre del año de 1858, un huracán categoría 3 de la escala Saffir-Simpson tuvo una trayectoria paralela a la costa noroccidental de Ensenada-en aquel entonces Territorio Norte-, impactando al puerto de San Diego de los Estados Unidos de Norteamérica.

Esta información es resultado de un trabajo de investigación publicado en la American Meteorological Society, y del cual se calcularon daños a la infraestructura en aquella ciudad con valor actual por quinientos millones de dólares. Sin embargo, no existen antecedentes de información nacional de ese hecho.

Las zonas de riesgo son las delegaciones del sur del municipio, ya que no hay elevaciones de terreno como en la zona norte que tiene la presencia de las sierras, las cuales brindan este servicio ambiental de protección.

El 2 de octubre del año de 1858, un huracán categoría 3 de la escala Saffir-Simpson pasó por Isla Guadalupe y frente a la cabecera municipal; otro Huracán *Sin Nombre* (foto 35), de categoría 1 impactó la costa noroccidental sur de Ensenada el 11 de septiembre de 1959, concluyendo como ciclón extratropical en el poblado el Álamo al sur de Ojos Negros.

Huracán *Sin Nombre* (Figura 20b), de categoría 1 que impactó la costa noroccidental sur de Ensenada, el 11 de septiembre de 1959, concluyendo como ciclón extratropical en el poblado el Álamo al sur de Ojos Negros; *Katrina* (Figura 20c), de categoría 1 que transitó la costa ensenadense del Golfo de California, afectó el poblado de El Barril el 1 de septiembre de 1967 y Bahía de Los Ángeles al siguiente día.

Huracán *Nora*, que arribó como categoría 1 cruzando longitudinalmente todo el municipio, el 25 de septiembre de 1997.

Por lo cual, han sido cuatro los huracanes que han afectado directamente al municipio de Ensenada, así como otras ocho tormentas tropicales en los años 1951 (*Sin Nombre*, que impacta a El Rosario), 1962 (*Claudia*, que toca tierra en Santa Rosalita), 1963 (*Jen-Kath*, que afectó Isla Guadalupe y Punta Colonet), 1965 (*Emily*, que arriba por Punta China), 1976 (*Kathleen*, que pasa frente a Isla de Cedros y entra al sur de El Rosario), 1977 (*Doreen*, que afectó a Isla de Cedros), 2001 (*Juliette*, que termina en Puertecitos); y en el 2003 (*Marty*, que viaja a lo largo del Golfo de California y afecta a Bahía de Los Ángeles y Puertecitos). En todos los casos no hay registro que cuantifique los daños.

Para la zona de estudio de la consulta al Atlas Nacional de Riesgos se tienen ver figura siguiente:

## UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

### EL 2015: MEDIO.

#### Inundaciones.

De acuerdo con el glosario internacional de hidrología (OMM/UNESCO, 1974), la definición oficial de inundación es: "aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce". En este caso, "nivel normal" se debe entender como aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños, es decir, inundación es una elevación mayor a la habitual en el cauce, por lo que puede generar pérdidas.

Por otra parte, avenida se define como: "Una elevación rápida y habitualmente breve del nivel de las aguas en un río o arroyo hasta un máximo desde el cual dicho nivel desciende a menor velocidad" (OMM/UNESCO, 1974). Estos incrementos y disminuciones, representan el comportamiento del escurrimiento en un río.

Con lo anterior, se entiende por inundación: aquel 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 del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y, generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura.

Las inundaciones producen daños materiales al afectar viviendas y avenidas, pérdidas humanas, incomunicación por colapso de puentes y roturas de la fibra óptica, erosión de márgenes de arroyos y sus bordos y arrastre de contaminantes a cuerpos receptores como el mar.

Es importante señalar que se detectaron y georreferenciaron 121 zonas con alto riesgo de inundación, y se determinaron los milímetros de lluvia que al acumularse a lo largo de un día representarán para Protección Civil lo siguiente: 24 mm acción, 44 mm inundación menor, 58 mm inundación moderada y 78 mm inundación mayor y evacuación.

Para la zona de estudio de la consulta al Atlas Nacional de Riesgos se tienen, ver figura siguiente:

### UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

El sitio para la T.M.R.A. y E.P.B.C., en la imagen. **INDICE DE VULNERABILIDAD POR INDUNDACIONES 2017:**  
**ALTA**

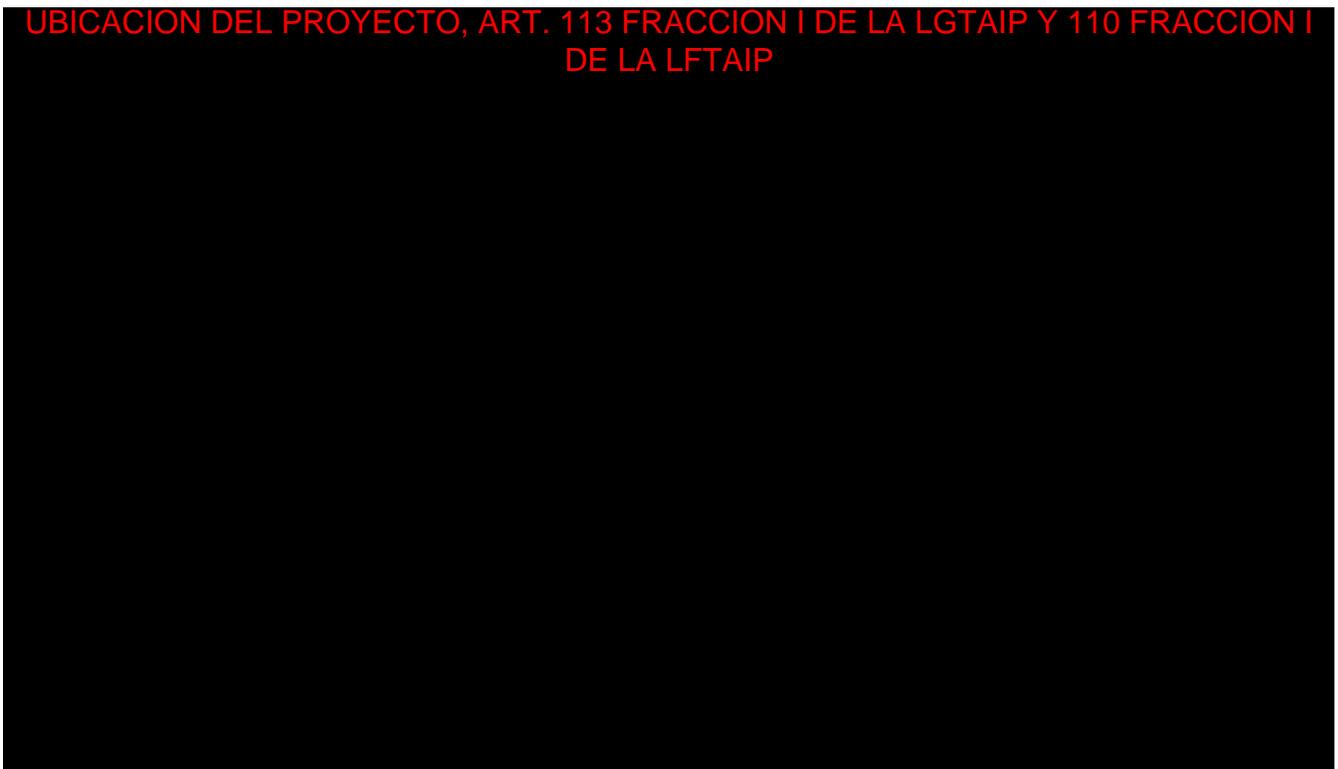
---

### Tormentas de granizo.

El granizo es un tipo de precipitación en forma de piedras de hielo y se forma en las tormentas severas cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo cumulonimbos son arrastrados por corrientes ascendentes de aire.

La magnitud de los daños que puede provocar la precipitación en forma de granizo depende de su cantidad y tamaño. En las zonas rurales, los granizos destruyen las siembras y plantíos; a veces causan la pérdida de animales de cría. En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones y áreas verdes. En ocasiones, el granizo se acumula en cantidad suficiente dentro del drenaje para obstruir el paso del agua y generar inundaciones durante algunas horas. Las zonas más afectadas de México por tormentas de granizo son el altiplano de México y algunas regiones de Chiapas, Guanajuato, Durango y Sonora.

Para la zona de estudio de la consulta al Atlas Nacional de Riesgos, ver figura siguiente:



**Fuente:** Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED

El sitio para la T.M.R.A. y E.P.B.C., en la imagen.

---

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

El sitio para la T.M.R.A. y E.P.B.C., en la imagen. **INDICE DE PELIGRO POR TORMENTAS DE GRANIZO POR MUNICIPIO: BAJO.**

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

El sitio para la T.M.R.A. y E.P.B.C., en la imagen **SIN GRANIZADAS**

## UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

El sitio para la T.M.R.A. y E.P.B.C., en la imagen. **NÚMEROS DE DIAS CON GRANIZO, AL AÑO DE LA REPUBLICA: 0-1**

### Heladas y nevadas.

La helada es la disminución de la temperatura del aire a un valor igual o inferior al punto de congelación del agua 0°C. La cubierta de hielo, es una de sus formas producida por la sublimación del vapor de agua sobre los objetos; ocurre cuando se presentan dichas temperaturas. Las heladas se presentan particularmente en las noches de invierno por una fuerte pérdida radiactiva. Suele acompañarse de una inversión térmica junto al suelo, donde se presentan los valores mínimos, que pueden descender a los 2 °C o aún más. Desde el punto de vista agroclimático, es importante considerar a dicho fenómeno, dados sus efectos en el sector agrícola. Pero es relevante, aunque en menor grado, las afectaciones a la salud de la población que es influenciada por las olas de frío.

En el norte y centro de la República Mexicana, durante los meses fríos del año (noviembre-febrero), se presentan temperaturas menores de 0 ° C debido al ingreso de aire polar continentales, generalmente secas, provenientes de Estados Unidos.

Las nevadas, se presentan en las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir. Al realizar una revisión de los años 2009 y 2010 se observaron que el total de días con presencia de nevadas fueron:

---

Año 2009 Sierra de San Pedro Mártir con 54 días y Sierra de Juárez con 14 días

Año 2010 Sierra de San Pedro Mártir con 10 días y Sierra de Juárez con 7 días

Los peligros inherentes a las nevadas son enfriamientos y daños a vías respiratorias, incomunicación de accesos a las sierras y dificultad para el recate de personas y vehículos varados.

## UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

El sitio para la T.M.R.A. y E.P.B.C., en la imagen **INDICE DE DÍAS CON HELADAS POR MUNICIPIO:**

**ALTO.**

## UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

El sitio para la T.M.R.A. y E.P.B.C., en la imagen. **NÚMERO DE DIAS CON HELADAS POR MUNICIPIO: >120.**

### **c) RIESGOS Y VULNERABILIDAD SANITARIO - ECOLÓGICOS.**

#### Erosión.

La erosión se define como la remoción de partículas de suelo debido a la acción de fenómenos climatológicos, como son la lluvia, el viento y el oleaje. La magnitud del material removido depende del grado de intemperismo del suelo.

El Municipio de Ensenada presenta erosión principalmente de dos tipos: pluvial y costera. Desde los parte-aguas hacia abajo, las precipitaciones pluviales originan el contacto y acarreo de sedimentos aguas abajo, originando cárcavas y erosión cuyos materiales son finalmente depositados en aluviones o llevados hasta las playas.

En la costa la erosión depende de los siguientes factores: (a) la geología y geomorfología costera, (b) el oleaje, (c) el incremento del nivel medio del mar; (d) las condiciones climatológicas y el aporte de sedimento pluvial.

La erosión costera es un proceso natural y continuo en las costas. Ensenada a nivel nacional cuanta con la mayor extensión territorial municipal y litorales costeros del país, lo cual implica un fuerte sometimiento a la erosión, principalmente en la cara occidental de las Sierras, mismas que a lo

---

largo del año atrapan la humedad y precipitaciones pluviales invernales, originando la crecida de los arroyos como Las Ánimas, San Telmo, San Rafael, Santo Domingo, San Simón y El Socorro.

A nivel del Centro de Población de la Cabecera Municipal, el proceso de erosión es más evidente en la zona norte, entre Punta San Miguel y el Puerto de Ensenada.

Por otra parte, desde el punto de vista antrópico, las altas tasas de extracción para exportación de áridos (arenas y gravas), que son utilizadas para relleno de arroyos en el Estado de California, así como en la construcción de terracerías en grandes vialidades de los Estados Unidos de Norteamérica, aceleran la erosión costera, ya que el promedio de toneladas de sedimentos que desembocan a las playas mediante dichos arroyos, son menores debido a una razón básica: los sedimentos extraídos al estar en la parte superior de los arroyos son de menor tamaño y, por lo tanto, los sedimentos que no son extraídos, al ser de mayor tamaño, resulta más difícil su transporte por los escurrimientos temporales pluviales. En consecuencia, las playas no reciben la misma cantidad de sedimentos y el oleaje aumenta la erosión.

En la zona de estudio **no se presenta riesgo por erosión**, dada la condición de estar inmersa en un **suelo urbano**, el cual con mucha anterioridad ya ha sido alterado en sus condiciones naturales.

#### Contaminación de aire, agua, suelo y alimentos.

Se caracteriza por la presencia de sustancias en el medio ambiente que causan un daño a la salud y al bienestar del hombre o que ocasiona desequilibrio ecológico. Esto sucede cuando las sustancias contaminantes exceden ciertos límites considerados tolerables; se trata en general de fenómenos que evolucionan lentamente en el tiempo y su efecto nocivo se manifiesta por un deterioro progresivo de las condiciones ambientales. La contaminación puede darse en aire, agua y suelo, y en cada caso presenta características propias que requieren medidas de prevención y combates peculiares, que son prerrogativa del sector de protección al ambiente, y normalmente quedan fuera del ámbito de la protección civil.

De las consultas y visorías realizadas en campo se tiene que para la zona de estudio se tienen los siguientes reportes:

- Aire. No se reportan datos de contaminación del aire.
- Agua. No se reporta contaminación por agua.
- Suelo. No se reporta contaminación del suelo.
- Alimentos. No se reporta contaminación de alimentos.
- Residuos peligrosos. no se reporta residuos que sean peligrosos.

#### **d) RIESGOS Y VULNERABILIDAD QUÍMICO – TECNOLÓGICOS.**

Fugas, derrames, almacenamiento de sustancias peligrosas, incendios o explosiones.

**Fuga:** se presenta cuando hay un cambio de presión debido a rupturas en el recipiente que contenga el material o en la tubería que lo conduzca.

**Derrame:** es el escape de cualquier sustancia líquida o sólida en partículas o mezcla de ambas, de cualquier recipiente que la contenga, como tanques, tuberías, equipos, camiones cisterna, buque tanque, furgones, etc.

El **almacenamiento** consiste en el conjunto de recintos y recipientes usados para contener productos químicos, incluyendo los recipientes propiamente dichos, los diques de contención, las calles o pasillos intermedios de circulación y separación, las tuberías de conexión, y las zonas e instalaciones de carga, descarga y trasiego anexas, así como otras instalaciones para el almacenamiento.

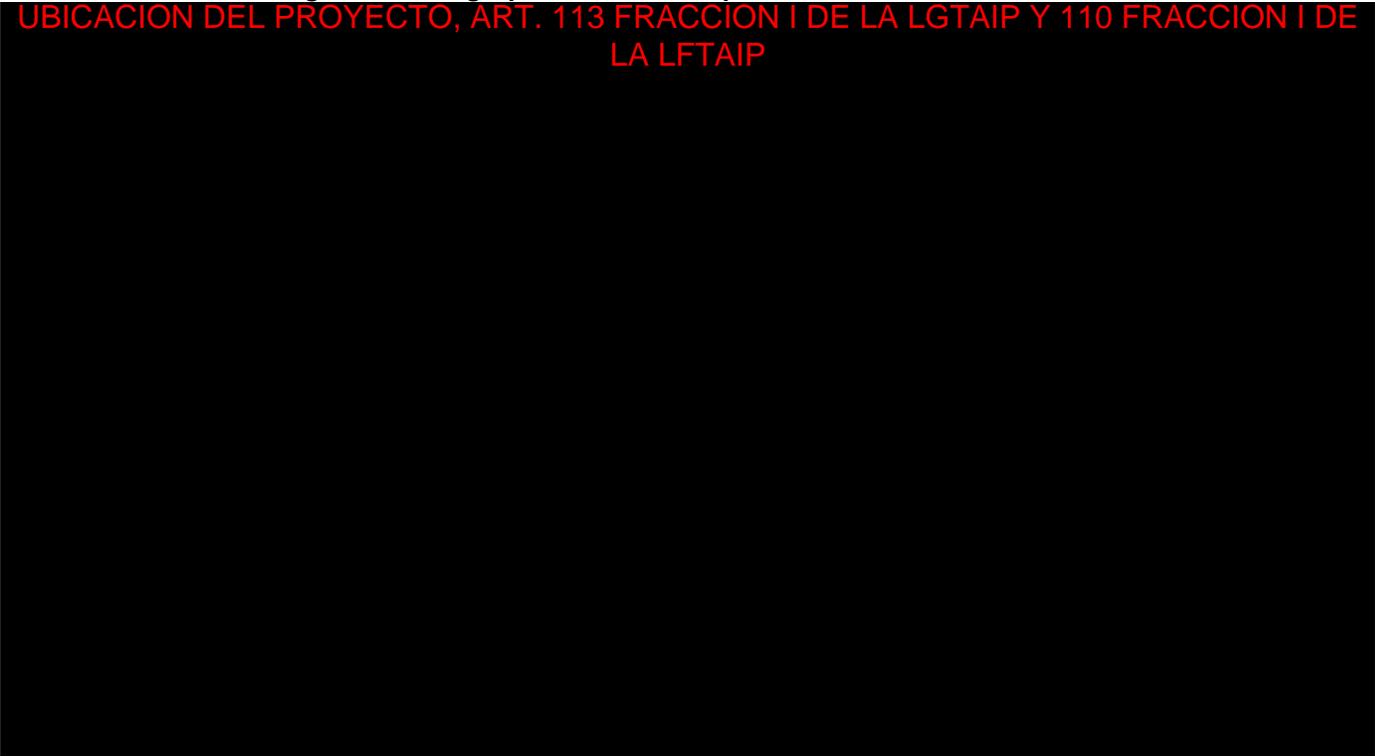
**Incendio:** es un fuego no controlado de grandes proporciones, que puede presentarse en forma súbita o gradual, en general produce daños materiales, lesiones, pérdida de vidas humanas y/o deterioro al ambiente.

**Explosión:** es la liberación de una cantidad considerable de energía en un lapso de tiempo muy corto, debido a un impacto fuerte, por reacción química o por ignición de ciertas sustancias o materiales.

Para la zona de estudio de la consulta al Atlas Nacional de Riesgos se tienen, ver figura siguiente:

**Figura 34. Riesgo y vulnerabilidad por QUÍMICO-TECNOLÓGICOS.**

**UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP**



El sitio para la T.M.R.A. y E.P.B.C., en la imagen. **GAS LP: sin explosiones ni fugas, incendios**

## UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

**Fuente:** Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED

El sitio para la T.M.R.A. y E.P.B.C., en la imagen. **GASOLINA: sin ningún evento**

**En cuanto al riesgo químico tecnológico, en la zona para el proyecto** de la T.M.R.A. y E.P.B.C., actualmente se encuentra principalmente expuesta a **riesgo por fuga de Amoniaco**, mismo que es utilizado para sistema de refrigeración por las industrias pesqueras en su colindancia norte, así como al oeste y suroeste.

### e) RIESGOS SOCIO-ORGANIZATIVO.

Calamidad generada por motivo de errores humanos o por acciones premeditadas, que se dan en el marco de grandes concentraciones o movimientos masivos de población y/o el mal funcionamiento de algún sistema de subsistencia, lo cual afecta los servicios básicos.

Para la zona de estudio de la consulta al Atlas Nacional de Riesgos se tienen, ver figura siguiente:

#### Accidentes terrestres y aéreos.

El predio en cuestión para el desarrollo y operación de la T.M.R.A. y E.P.B.C., se encuentra ubicado en la zona Industrial de la capital de Bajo tráfico vehicular respectivamente el proyecto se ubica en un parque industrial no afectando las vialidades internas.

---

Interrupción de servicios.

En la zona de estudio no se ha observado cortes de los servicios públicos de manera frecuente o prolongada. Se deduce que al estar en una zona completamente urbana no se carece de servicios únicamente cuando se pudiera dar mantenimiento a los mismos.

Actos de sabotaje y terrorismo.

En la zona de estudio no se ha observado ni se considera susceptible a actos de sabotaje o terrorismo. Concentraciones masivas de población y enfrentamientos.

**UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP**

**UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP**

**Fuente:** Atlas Nacional de Riesgos. CENAPRED.

Las posibles concentraciones de multitudes que se pudieran generar dentro de la zona de estudio y/o relativamente cercanas a ella pudieran darse dentro de los mismos fraccionamientos, privadas, escuelas, bares, restaurantes, entre otros. f) RIESGOS Y VULNERABILIDAD DETECTADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO.

Los incisos mencionados anteriormente tanto en riesgo geológico, hidrometeorológicos, sanitario-ecológicos, químico-tecnológico, socio organizativos aplican al predio en donde está ubicado el proyecto.

Por lo que se presenta a manera de resumen lo mencionado anteriormente:

a) RIESGOS GEOLÓGICOS.

Topografía en el sitio del proyecto es plana con 1 % de pendiente, por lo que no representa riesgo alguno.

Riesgo por deslizamiento, hundimiento o colapso del suelo **es muy bajo**

Riesgo por susceptibilidad de laderas: **sin riesgo**

Fallas y fracturas: el sitio del proyecto **no presenta riesgo por fallas o fracturas.**

Zona sísmica de categoría C: **de intensidad intermedia con sismos poco frecuentes.**

Tsunamis: el sitio del proyecto se ubica dentro de un área receptora de Tsunamis. zonas **con Peligro de Inundación por Tsunami** en las dos zonas con mayor población, siendo el Centro de Población integrado por **El Sauzal**, Cabecera Municipal y Maneadero

b) RIESGOS Y VULNERABILIDAD HIDROMETEOROLÓGICA.

Sequía:

- Déficit promedio de lluvia (%) respecto a su lluvia media anual: **20 < Déficit (%) ≤ 30**
- Duración de la sequía promedio D (años): **2 ≤ D < 30**
- Escenario de riesgo por sequía: Muy **Bajo**.

Ciclones tropicales:

- El grado de riesgo por presencia de ciclones tropicales: **Medio**.

Inundaciones.

- Índice de vulnerabilidad de inundación (2016): **Alta**.

Tormentas de granizo.

- Escenario de Riesgos por Tormenta de Granizo: **Muy Bajo**.
- Zonificación de granizadas: **sin granizadas**.
- Índice de peligro por tormentas de granizo por municipio: **Bajo**.
- Número de días con granizo, al en la República Mexicana: **0-1**

Heladas.

- Número de días con heladas por municipio: **>120**.
- Índice de días con heladas por municipio: **Alto**.

- c) RIESGOS Y VULNERABILIDAD SANITARIOS – ECOLÓGICOS.
- Aire. No se reportan datos de contaminación del aire.
  - Agua. No se reporta contaminación por agua.
  - Suelo. No se reporta contaminación del suelo.
  - Alimentos. No se reporta contaminación de alimentos.
  - Residuos peligrosos. no se reporta residuos que sean peligrosos.
- d) RIESGOS Y VULNERABILIDAD QUÍMICO – TECNOLÓGICOS.
- Sustancias inflamables **Gas LP, CENAPRED: no se reportaron eventos**
  - Sustancias inflamables Gasolina, CENAPRED: **no se presentaron eventos**
  - **En cuanto al riesgo químico tecnológico, en la zona para el proyecto** de la T.M.R.A. y E.P.B.C., actualmente se encuentra principalmente expuesta a **riesgo por fuga de Amoniaco**, mismo que es utilizado para sistema de refrigeración por las industrias pesqueras en su colindancia norte, así como al oeste y suroeste.
- e) RIESGOS SOCIO – ORGANIZATIVOS
- Centros de concentraciones masivas de población (INEGI, 2016).
  - Grado de vulnerabilidad social (Indicadores Socioeconómicos) **Muy Bajo.**

#### **Riesgo sociorganizativos.**

Son los ocasionados por concentraciones masivas de población y enfrentamientos o calamidad generada por motivo de errores humanos o por acciones premeditadas, que se dan en el marco de grandes concentraciones o movimientos masivos de población y/o el mal funcionamiento de algún sistema de subsistencia, lo cual afecta los servicios básicos. No se tienen centros de concentración masiva dentro del área de estudio del proyecto únicamente se tienen la colonia Manchuria al oeste.

#### **Riesgos de transporte vial.**

Son los ocasionados sobre las vialidades cuando no se toman las medidas preventivas para ese. La colindancia al este del proyecto con calle acceso al recinto portuario, al sur con calle cinco de acceso al recinto portuario y calle o camino de acceso al **Centro Regional investigaciones Pesqueras del Instituto de Pesca El Sauzal, B.C., mismo que hace esquina con calle doce por la que se tendrá acceso y salida a la T.M.R.A. y E.P.B.C.,** en algún momento podría ocasionar algún riesgo vial, sin embargo, en el tramo correspondiente a la T.M.R.A. y E.P.B.C. se tendrá el **proyecto** el cual deberá sujetarse a la normativa aplicable y a lo requerido por el municipio.

#### **Otros Riesgos:**

Las líneas de alta tensión, poliductos, subestaciones eléctricas, flujos, plantas de almacenamiento y distribución de PEMEX, y estacionamientos nocturnos, así como fosas, basureros o tiraderos, hospitales y centros de salud; **NO se encontraron en el área de estudio elementos de esta que pudieran poner en riesgo y hacer vulnerable la instalación del proyecto.**

---

Dentro del área de estudio NO se encontraron **instalaciones ajenas a la T.M.R.A. y E.P.B.C., con posibles interacciones de riesgo.**

Ver plano anexo ERA-3: RIESGO Y VULNERABILIDAD EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

### III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL.

#### III.1. RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS.

##### Medidas preventivas para la reducción de riesgos.

La T.M.R.A. y E.P.B.C. proyectada como **medida de seguridad y protección** contará como se ha mencionado anteriormente con una **barda perimetral** en todas sus **colindancias**, con una **altura mínima de 2.5 m** construida a base de concreto armado o material similar con resistencia al fuego. Esta barda absorbería en su totalidad el calor (radiación térmica) que se generaría un incendio como los simulados. **Los muros de block o concreto primeramente son materiales incombustibles** y tienen la **capacidad de resistir al fuego sin sufrir deformaciones** (variaciones en su resistencia mecánica) temperaturas de **hasta 100 °C por un periodo de tiempo de 120 minutos.**; por lo que con estas condiciones hace al elemento muro como una **medida de protección contra el fuego altamente eficiente**, protegiendo tanto elementos físicos como personas que pudieran ubicarse en las edificaciones colindantes. Lo anterior aún sin considerar las construcciones vecinas al contar igualmente con muros en sus colindancias, que de igual manera actuarían como elementos protectores. Ver en ANEXO PLANOS; ZR INM US. inmuebles con uso de suelo presente en el área de estudio; ZR EV-01; ZR EV-02; ZR EV-03; ZR EV-04; ZR EV-05; ZR EV-06, así como ZR- EF: Efecto de abatimiento de riesgo por muro perimetral de protección.

Una medida de protección y prevención que aplica para la seguridad interna y externa de la T.M.R.A. y E.P.B.C. es la contemplada para el caso de la ocurrencia de algún derrame, es la implementación **de coladeras y drenaje para aguas aceitosas** en las zonas de almacenamiento, llenado y despacho, con las cuales se lograría captar parte o todo el derrame que pudiera ocurrir, evitar su vaporización (formación de nube explosiva) y posible incendio. **Se recomienda** colocar en el **emisor de las aguas aceitosas antes de la conexión al drenaje general una válvula de seguridad** que bloquee el paso de combustible en caso de derrame hacia la red externa en la vía pública y así **evitar la contaminación y riesgo en el drenaje municipal** donde se descargará finalmente.

Si ocurre un accidente se recomienda implementar el plan de contingencias y si se observa fuera de control inmediatamente dar aviso a las autoridades de protección civil y seguridad pública que pudieran prestar auxilio.

Todas las áreas peligrosas, en el sistema eléctrico cuentan con dispositivos y canalizaciones a prueba de explosión así como la colocación de sellos que impiden el flujo de vapores peligrosos en los ductos, esto con el propósito de evitar incendios por chispa o llama.

---

Cuando en la T.M.R.A. y E.P.B.C. se presente un derrame de producto, se deberán tomar las siguientes acciones encaminadas a controlar esta situación y prevenir un daño mayor:

- ✓ Suspender el suministro de combustible al equipo que esté originando el derrame.
- ✓ Eliminar todas las fuentes de ignición o que produzcan chispa que estén cerca al área de derrame:

Las fuentes de ignición o de generación de calor, es otro de los requisitos para la combustión. Las fuentes de ignición más conocidas, se pueden enumerar en mecánicas, eléctricas y químicas.

#### **Fuentes de ignición mecánicas:**

A bordo de un buque tanque, las fuentes de ignición mecánicas, como fricción y compresión, se puede dar debido a máquinas y herramientas utilizadas en reparaciones como, martillos, taladros, esmeril, etc, que puede producir fuentes de ignición, en forma de una chispa, por ejemplo. Trabajos que pueden producir fuentes de ignición mecánica, están prohibidos en las zonas de riesgo y peligro de un buque tanque.

Si los trabajos fueran urgentes, se expedirá un "Permiso de trabajo en caliente", el cual certifica que en la zona de trabajo se cumple con:

- El porcentaje de oxígeno en la atmósfera de trabajo es del 21 %.
- Que el área se encuentra desgasificada; con un resultado de gas de hidrocarburo, bajo el 1% del LIE. Y no está afectada por escapes de gases de hidrocarburo.
- No se esté realizando operaciones de manipulación de carga.
- El equipo de lucha contra incendio está disponible y listo para entrar en operación en el área de trabajo.
- La zona de trabajo tendrá una ventilación continua y apropiada.

El capitán decide si el trabajo en caliente es seguro y justificado. En puerto este tipo de trabajo es autorizado además por la Terminal.

#### **Fuentes de ignición eléctrica:**

Una fuente de ignición eléctrica se puede presentar por; electricidad estática, generación de un arco eléctrico, rayos.

Todos los equipos eléctricos, utilizados e instalados en la zona de riesgo y peligro de la nave, son del tipo "aprobado". Esto significa que son "a prueba de llamas" y posee un circuito eléctrico "intrínsecamente seguro".

**A prueba de llamas:** Se dice de un equipo eléctrico cuando se encuentra encerrado en una carcasa, que es capaz de resistir en su interior, la explosión de una mezcla inflamable (gas de hidrocarburo/oxígeno). Este equipo, además debe impedir la ignición de dicha mezcla fuera de la carcasa, sea por medio de una chispa o llama proveniente de la explosión en su interior o resultante de la temperatura que alcanzó la carcasa después de la misma. El equipo debe operar a una temperatura externa tal, que no provoque la ignición de una atmósfera inflamable a su alrededor.

**Intrínsecamente seguro:** Se dice de un circuito o parte de éste, cuando una chispa, por efecto térmico normal o accidentalmente (corto circuito), no es capaz de encender una mezcla inflamable presente.

### **Electricidad estática.**

La electricidad estática es un fenómeno que se debe a una acumulación de carga eléctrica, en un objeto. Esta acumulación puede dar lugar a una descarga eléctrica, cuando dicho objeto se pone en contacto con otro, entregándole la carga eléctrica. La electricidad estática, como fuente de ignición, puede presentarse durante la manipulación de carga y otras operaciones relacionadas.

Existen tres etapas básicas que conducen a una descarga electroestática:

- 1) Separación de carga eléctrica
- 2) Acumulación de carga eléctrica
- 3) Y la descarga electroestática, que resulta ser la fuente de ignición.

### **Separación de carga eléctrica:**

Se produce al entrar en contacto dos materiales distintos. Se produce una separación de carga eléctrica en la interfase (superficie de separación). Electrones se separan y se reubican en la superficie del otro material, que ofrece mejores niveles energéticos (conductor). La interfase puede darse entre dos sólidos, un sólido y un líquido o entre dos líquidos no mezclables.

### **Acumulación de carga eléctrica:**

Las cargas que fueron separadas, intentan recombinarse y neutralizarse, en un proceso llamado "relajación de cargas", el tiempo de este proceso, es inversamente proporcional a la conductividad del material. En materiales "no conductores", el tiempo de relajación es largo, por lo que la recombinación se ve impedida, acumulando la carga eléctrica en el material "no conductor". Los materiales "conductores" debido a sus propiedades, son incapaces de

retener carga eléctrica, pero esto cambia, si el material “conductor” esta aislado por un material “noconductor”.

La acumulación de carga eléctrica se pueda presentar entonces en:

- Materiales no-conductores, sólidos o líquidos.
- Materiales conductores sólidos o líquidos, eléctricamente aislados.

#### **Descarga electrostática:**

La descarga ocurrirá cuando el material cargado eléctricamente, se ponga en contacto con otro, produciendo la ruptura electroestática entre estos dos.

La intensidad de la descarga eléctrica, dependerá de los materiales en cuestión:

**Descarga eléctrica entre dos materiales conductores.** En el caso que un “conductor” que se encuentre aislado eléctricamente, surja una descarga eléctrica, toda la carga disponible en el “conductor” es liberada instantáneamente, provocando una chispa potente.

**Descarga eléctrica entre un “no-conductor” y un “conductor” aislado.** La carga eléctrica retenida en el material “no-conductor”, es inducida al “conductor” aislado, provocando una descarga eléctrica, de menor energía que la del primer caso.

- ✓ Eliminar el combustible derramado, lavando el área con abundante agua para recolectar el producto en las trampas de combustibles.
- ✓ Cuando las características del derrame rebasen la capacidad de control por parte de los trabajadores de la T.M.R.A. y E.P.B.C., se dará aviso a las autoridades de protección civil y seguridad pública que pudieran prestar auxilio.

El drenaje es una consideración importante en la prevención de fuegos en derrames, si el material es drenado a una localización segura, un fuego en derrame no es posible. Ver NFPA 30 (NFPA 1987) para mayor información.

Acciones importantes para la atención del sistema de drenaje en caso de fuga:

- 1) El líquido debe ser drenado a un área segura.
- 2) El líquido debe ser cubierto para prevenir la vaporización.
- 3) El área de drenaje debe estar suficientemente lejos de fuentes de fuego de radiación térmica.

- 4) Se debe suministrar protección adecuada contra fuego.
- 5) Se debe considerar la contención y drenaje del agua contra el fuego.
- 6) Se debe proporcionar detección de fugas.

#### **Zonas de aislamiento y seguridad.**

De las zonas de riesgo determinadas y con base en la *Guía de Respuesta en caso de Emergencia 2004*, editada por la S.C.T. la cual es una guía para los que responden primero en la fase inicial de un incidente ocasionado por materiales peligrosos, se tiene lo siguiente:

A la gasolina le corresponde el **número de identificación** de la **ONU: 1203**, y el número de guía **128**, donde se establece lo siguiente:

Los fuegos en derrames tienden a ser bien localizados y la preocupación principal es definir el potencial de efectos dominó y las zonas de seguridad para los empleados, más que por riesgos a la comunidad. Los efectos primarios de tales fuegos son debido a la radiación térmica de la fuente de la flama. Los temas de espaciamiento entre tanques y entre plantas, aislantes térmicos y especificaciones de paredes contra fuego se pueden dirigir sobre la base de análisis de consecuencias específicas para un rango de escenarios posibles de fuego en derrames.

El drenaje es una consideración importante en la prevención de fuegos en derrames, si el material es drenado a una localización segura, un fuego en derrame no es posible. Ver NFPA 30 (NFPA 1987) para mayor información.

#### **Recomendaciones importantes para la minimización de riesgos.**

La T.M.R.A. Y E.P.B.C. deberá contar con **equipos, materiales y suministros preventivos para atender casos de incendio, explosión, fuga y derrame que puedan originarse en sus instalaciones o en las inmediaciones de las mismas**, debiendo contar para ello con un equipo extintor móvil tipo carretilla por cada zona de tanques de almacenamiento, con material absorbente de tipo sintético o musgo natural, así como con herramienta antichispa para la atención de derrames y fugas.

La T.M.R.A. Y E.P.B.C. proyectada una vez en operación contará con una **póliza de seguros por responsabilidad civil** que garantice la completa reparación del daño en caso de situaciones de derrame o fugas de combustibles, incendio, explosión, gastos de remediación por contaminación ambiental y daños a terceros.

El propietario, representante legal, responsable o encargado de la T.M.R.A. Y E.P.B.C., deberá realizar diariamente la **medición de porcentaje de explosividad y su relación de oxígeno** en los pozos de observación, pozos de monitoreo, trampa de grasas, áreas de despacho y tanques de

---

almacenamiento, informando su registro en forma mensual a la Unidad Estatal, expidiendo una copia a la Unidad Municipal que corresponda.

El propietario, representante legal, responsable o encargado de la T.M.R.A. Y E.P.B.C. deberá **capacitar a su personal en todas las áreas de operación**, de conformidad con la Ley y demás disposiciones aplicables

Con la finalidad de prevenir accidentes por vapores de combustible fugado, la T.M.R.A. Y E.P.B.C. deberá contar, como mínimo, con un equipo detector de gases, con calibración vigente para la medición de los niveles de explosividad con su relación oxígeno.

Cuando en las mediciones realizadas se detecte la presencia de niveles de explosividad superiores al diez por ciento, se deberán implementar las medidas de mitigación de los niveles, informando de manera inmediata a la Unidad Estatal, y en lo subsiguiente remitirá a ésta un reporte de registro de las lecturas en forma semanal en tanto no descendan los niveles encontrados, expidiendo una copia a la Unidad Municipal que corresponda.

En caso de urgencia por riesgo inminente, se deberá notificar de manera inmediata a la Unidad Estatal de Protección Civil y al Ayuntamiento respectivo.

#### **Precauciones esenciales a bordo de buque tanques:**

Para evitar una descarga eléctrica entre "conductores" aislados, se enlazan juntos, todos los objetos metálicos. Los "conductores" se conectan a "masa", para evitar una descarga eléctrica. El enlace a "masa" se logra conectando los objetos metálicos, a la estructura metálica del buque, la cual está conectada a tierra a través del mar.

Las precauciones y procedimientos para evitar fuentes de ignición por electricidad estática, son detalladas en los siguientes capítulos

#### **B2 Corrientes eléctricas de buque a tierra:**

Grandes corrientes eléctricas pueden fluir en tuberías eléctricamente "conductoras" y sistemas de manguera flexible entre el buque y la tierra. Las fuentes de tales corrientes son:

Protección catódica del muelle o del casco del buque, provista ya sea por un sistema de corriente imperes DC (corriente continua) o ánodos de sacrificio.

Corrientes parásitas que surgen de las diferencias de potencial galvánico, entre buques y tierra o corrientes de fuga de fuentes eléctricas.

Un brazo o manguera de carga, provoca una conexión de resistencia muy baja, entre el buque y tierra, existiendo un peligro real de generación de un arco incendiario, cuando la "corriente" resultante es interrumpida de golpe, durante la conexión o desconexión al manifold de carga del buque. La práctica recomendada es insertar una brida aislante, en los brazos y mangueras de carga de la terminal, para evitar la continuidad eléctrica.

#### **Fuente de ignición química:**

Una fuente de ignición química que se encuentra a bordo, es la del "Sulfuro de hierro pirofosfórico". Esta fuente de ignición se da cuando se carga hidrocarburos con altos niveles sulfuro de hidrógeno. El sulfuro de hidrogeno reacciona con las superficies "oxidadas" de los tanques de carga, formando depósitos de sulfuro de hierro pirofosfórico. Debido a su composición química, estos depósitos se "calientan" al entrar en contacto con el aire. Si se esta en presencia de una atmósfera inflamable, la reacción del sulfuro de hierro pirofosfórico, se puede tomar como una potencial fuente de ignición.

La reacción entre la superficie del tanque y el sulfuro de hidrógeno, es anulado en buques que transportan cargas refinadas (costeros), ya que sus tanques de carga, poseen revestimientos que impiden su oxidación.

#### **4.8 REPORTE DEL RESULTADO DE LA ÚLTIMA AUDITORÍA DE SEGURIDAD PRACTICADA A LA INSTALACIÓN.**

##### Auditorias de seguridad.

Se realizará este procedimiento para: liderazgo y administración, entrenamiento, análisis de riesgo, análisis de accidentes, criterios de emergencia y desastre; y para capacidad y evaluación del personal.

La T.M.R.A. y E.P.B.C. está en etapa de proyecto, por lo que no se cuenta con auditorias de seguridad, una vez en operación, se practicarán las necesarias.

##### **III.1.1. Sistemas de seguridad.**

La reducción de cualquier riesgo por conflagraciones químicas es tangible implementando las medidas de seguridad y de operación necesarias para el buen funcionamiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C., por lo que a continuación se describen las medidas que serán implementadas:

##### **SISTEMA CONTRA INCENDIO.**

El sistema de almacenamiento, bombeo y distribución de agua contra incendio, se instalará de conformidad a la normatividad establecida en NFPA 20, 22, 24, 25, 30, y consta de lo siguiente:

---

Almacenamiento de agua contra incendio, debiendo de considerar para el diseño un tanque de almacenamiento de agua, del tipo vertical con techo tipo cúpula fija soportado, con placa de acero al carbón ASTM-A-283-C, con recubrimiento anticorrosivo en el interior y exterior del tanque, registro de purga tipo API, boquilla de 24" de diámetro para entrada hombre en el techo, (se deberá realizar el análisis correspondiente para determinar el gasto y capacidad de agua en el riesgo mayor de acuerdo a norma) El tanque de agua contra incendio será abastecido a través de bombeo de pozo profundo o red municipal, y deberá prever tomas al exterior de la terminal para el abastecimiento por camiones cisterna (ver en anexo de planos de Proyecto: Plano de Red contra incendio, Plano de Cobertizo de bombas contra incendio (Secciones e isométrico de sistema de presión balanceada), Plano de red contra incendio y arreglo de equipos (bombas), Plano de Red contra incendio (área de carga y descarga; aspersores de agua y espuma) así como el Diagrama de Red contra incendio).

Deberá contar con una red de agua contra incendios cumpliendo con la normatividad vigente indicada en NFPA 30 y 30A, con hidrantes, monitores y tomas de camión, mangueras, y recirculación de agua, sistema de bombeo principal.

Se construirá un cobertizo contra incendio, el cual se debe diseñar en dos niveles:

Planta Baja: Considerar un espacio para 06 personas, oficina para el ingeniero de seguridad y auxiliar, con piso falso y falso plafón, puertas y marcos de aluminio cuarto eléctrico, un sanitario para hombres y un sanitario para mujeres, y un área para el equipo de protección personal de los bomberos de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

Planta Alta: Considerar Cuarto de cómputo para un sistema de gas y fuego, cuarto para operador de sistema automático contra incendio que deberá construirse en el segundo nivel.

Asimismo, el área de la planta baja se utilizara para la ubicación de dos equipos de bombeo principales, paquete de presión balanceada, bomba jockey compresores para equipos de tapón fusible, Bodega cerrada con estantería para los accesorios contra incendio (mangueras, boquillas, extintores, trajes contra incendio, equipo de respiración autónomo) y una bodega abierta para albergar garza telescópica y monitor móvil, previendo espacio suficiente para guarda y estiba de tambores de líquido AR-AFFF.

Para el interior de este edificio se debe incluir la instalación de detectores de humo, alarmas audibles visibles interiores, estaciones manuales de alarma interiores.

El sistema de bombeo de agua contra incendio deberá contar con dos bombas (Una principal y otra de relevo) una operada con motor eléctrico y otra con motor de combustión interna con capacidad de acuerdo al cálculo hidráulico 11,355 lpm (3,000 gpm), contando con su tablero de control, con sistema automático en el arranque. Este conjunto deberá cumplir con la normatividad

---

vigente indicada en la NFPA 20, 22 y 24, Bomba "jockey" para mantener la presión en la red de contra incendio. Las conexiones ramal-cabezal de succión y descarga de los equipos de bombeo deberán ser con accesorios a 45°, con el fin de evitar taponamientos hidráulicos.

Las bombas de agua contra incendio, incluida la bomba de mantenimiento de presión "jockey", deben contar cada una con un controlador para el arranque automático, listado y aprobado por UL/FM o equivalente, específicamente para servicio de bombas contra incendio impulsadas por motor eléctrico o de combustión interna, según sea el caso y cumplir con los capítulos 10 y 12 del NFPA-20 o equivalente en su última edición.

Cada bomba de contra incendio, incluyendo la bomba de mantenimiento de presión "jockey", debe contar con una toma de presión para el arranque automático, conectada al controlador en forma independiente; cuya conexión debe estar entre la válvula de retención (check) y la válvula de bloqueo, sin válvulas de bloqueo y con dos válvulas de retención separadas a una distancia no menor de 1,5 m (5 pie) y cumplir con los capítulos 10 y 12 del NFPA-20 o equivalente.

Deberá contar con un paquete de presión balanceada que cuente con su tanque de almacenamiento con material resistente al líquido espumante tipo AFFF con capacidad suficiente para 6 horas de operación continua para el riesgo mayor (se deberá incluir inyección superficial e inyección subsuperficial a los tanques de almacenamiento), se deberá aplicar un recubrimiento externo e interno adecuado para evitar la corrosión en el mismo.

Contará con sistema de aspersión de agua en área de llenaderas de auto tanques, descargaderas de buque tanques, descargaderas de auto tanques, área de bombas y tanques de almacenamiento. Se proveerán extintores de la dimensión y tipo apropiados según el análisis de riesgo para la carga de auto tanques y las áreas de descarga de buque tanques cumpliendo con lo establecido en la NOM-002-STPS vigente o la que la sustituya además de aquellas que resulten aplicables.

Deberá contar con un sistema de protección a base de agente limpio en cuarto de telecomunicaciones, SITE del edificio administrativo, así como en el cuarto de control de operaciones.

Se deberá considerar la instalación de un **Sistema de Detección de Fuego** en tanques de almacenamiento por medio de Sensores de Calor tipo Tapón Fusible, para arranque automático del Sistema Contra Incendio en los tanques de almacenamiento, considerando la instalación de un anillo de enfriamiento por la parte exterior del tanque y los taponeros fusibles, así como el paquete de compresores para aire.

Tablero de detección de humo para señales de los dispositivos de detección y alarma en interior de edificios.

Estas estarán instaladas en las siguientes áreas:

- Oficinas administrativas generales
- Torre de control
- Caseta de vigilancia
- Subestación. eléctrica y CCM
- Oficina de mantenimiento
- Bodega de materiales
- Laboratorio de control de calidad
- Baños y vestidores generales
- Oficina de recibo y medición

#### **Detectores de mezclas explosivas**

Instalación de detectores de mezclas explosivas localizados estratégicamente en:

- Llenaderas de auto tanques (solo para Regular y Premium)
- Descargaderas de buque tanques, auto tanques.
- Áreas de bombas de proceso (solo para Regular y Premium)
- Área de tanques de almacenamiento de productos para Regular y Premium)
- Descarga del paquete integral de tratamiento de aguas aceitosas
- Almacén de residuos peligrosos
- Fosa API
- Caseta recibo y medición

#### **Detectores de flama:**

Deben de ser del tipo sensores UV/IR, localizados estratégicamente en:

- Llenaderas de auto tanques
- Descargaderas de buque tanques, auto tanques.
- Áreas de bombas de proceso
- Área de tanques de almacenamiento de productos
- Almacén de residuos peligrosos
- Caseta recibo y medición

La operación del SISTEMA AUTOMATICO CONTRA INCENDIO se hará en forma automática, independiente del SISTEMA DE AUTOMATIZACION Y CONTROL, a través de un controlador electrónico programable (CEP) , para abrir y cerrar válvulas de diluvio, arranque y paro de motores eléctricos, tanto de las bombas de contra incendio como las del equipo de presión balanceada. Esta Terminal deberá contar con un equipo móvil tipo servo comando si el estudio de riesgos lo justifica.

---

### III.1.2. Medidas Preventivas.

PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO Y PLANES DE CONTINGENCIA.

Programa de mantenimiento.

El mantenimiento es una medida de precaución y seguridad efectiva que se aplicará en la T.M.R.A. y E.P.B.C. proyectada, el programa de mantenimiento lo integran todas las actividades que se desarrollen para conservar en condiciones normales de operación equipos e instalaciones elaborado principalmente en base a los manuales de mantenimiento de cada equipo o en su caso a las indicaciones de los fabricantes.

La seguridad en la T.M.R.A. y E.P.B.C. proyectada requerirá de la participación conjunta de todo el personal que en ella labora, clientes y visitantes que acudan, la cohesión que debe haber entre estos llevará a cabo el cumplimiento de las medidas de seguridad y un ambiente totalmente seguro.

Hay situaciones generales dentro de una T.M.R.A. y E.P.B.C. en las cuales se debe tener especial cuidado e incluso algunas que se pueden anticipar. Las acciones que darán un ambiente seguro en esta son:

Mantenimiento preventivo: son las actividades que se desarrollan para detectar y prevenir a tiempo cualquier desperfecto antes de que falle algún equipo o instalación, sin interrumpir su operación.

Mantenimiento correctivo: son las actividades que se desarrollan para sustituir algún equipo o instalación de acuerdo al programa de mantenimiento o por preparación o sustitución de los mismos por fallo repentino, en este caso se interrumpe su operación. Por seguridad y para evitar riesgos, toda preparación se deberá realizar por personal de la T.M.R.A. y E.P.B.C. capacitado o por empresas especializadas. Antes de realizar cualquier actividad de mantenimiento en áreas clasificadas como peligrosas, será indispensable:

- Suspender el suministro de energía eléctrica al equipo en mantenimiento en áreas clasificadas como peligrosas.
- Delimitar el área antes de iniciar cualquier actividad.
- Eliminar cualquier punto de ignición que se encuentre dentro del área.
- Todas las condiciones o equipos eléctricos portátiles deberán ser a prueba de explosión.
- En el área de trabajo se deberán designar a dos personas capacitadas en el uso de extintores para apoyar en todo momento la seguridad de las actividades, cada una con un extintor de 9kg. De polvo químico seco tipo ABC.

Otra medida de mantenimiento importante es el colocar y vigilar el cumplimiento de la señalización de no fumar en los baños y vestidores de empleados, así como en los sanitarios para clientes y todas las áreas de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

El programa de mantenimiento debe aplicarse para revisar que el estado de los sistemas de la T.A.R. opere en condiciones normales.

En la T.M.R.A. y E.P.B.C. existirán las herramientas y refacciones necesarias que garanticen la operación continua de los sistemas.

Todos los trabajos de mantenimiento y limpieza se señalarán en las bitácoras respectivas.

Por seguridad y para evitar todo riesgo, en caso necesario de una reparación mayor de instalaciones o equipos, se recurrirá a empresas especializadas en la materia.

### **PLAN DE CONTINGENCIAS.**

#### **Generalidades:**

La T.M.R.A. y E.P.B.C. debe tener un programa interno de protección civil que involucra a todos sus trabajadores, los cuales tendrán asignadas una serie de actividades que deberán desempeñar con responsabilidad en caso de presentarse una situación de emergencia, las cuales se evaluarán y determinarán en forma específica de acuerdo a su localización.

Algunas de las actividades que debe contener:

- ✚ Uso del sistema contra incendio para atacar la emergencia.
- ✚ Suspensión del suministro de energía eléctrica.
- ✚ Evacuación de personas y vehículos que se encuentren en la T.M.R.A. y E.P.B.C.
- ✚ Control del tráfico vehicular para facilitar su retiro de la T.M.R.A. y E.P.B.C.
- ✚ Reporte telefónico a protección civil.
- ✚ Prevención a vecinos.

En cada turno debe existir el personal suficiente para cubrir cada uno de los aspectos señalados en el inciso anterior, los cuales deben conocer además lo siguiente:

- ✚ El contenido del manual de operación, seguridad y mantenimiento de las estaciones de servicio.
- ✚ El reglamento interno de labores de la T.M.R.A. y E.P.B.C. y el programa interno de protección civil.
- ✚ Ubicación y uso del equipo contra incendio.
- ✚ Nociones básicas de seguridad.
- ✚ Localización de los tableros eléctricos y circuitos que controlan.
- ✚ Ubicación de los botones de paro de emergencia.
- ✚ Ubicación de la trampa de combustibles, su funcionamiento y medidas de seguridad.
- ✚ Características de los productos.
- ✚ Nociones de primeros auxilios.

#### **1. Detección de riesgos.**

El responsable debe revisar las fuentes de peligro potencial en el área donde se ubica la T.M.R.A. y E.P.B.C.

Realizar inspección detallada de la zona donde se encuentre ubicada la T.M.R.A. y E.P.B.C., con el fin de determinar el riesgo potencial que pudiera afectar la seguridad de la T.M.R.A. y E.P.B.C. y elaborar el programa interno de protección civil relativo a esta situación.

Se deberá implantar un programa de simulacros, en el cual se ponga en práctica el programa interno de protección civil para cada situación específica de riesgo.

A continuación se mencionan algunas de las situaciones de emergencia en las estaciones de servicio con carácter enunciativo y no limitativo.

## 2. Derrames.

Cuando en una T.A.R. se presente un derrame de combustible, se deberán tomar las siguientes acciones encaminadas a controlar esta situación y prevenir un daño mayor:

- ✚ Suspender el suministro de combustible al equipo que esté originando el derrame.
- ✚ Eliminar todas las fuentes de ignición o que produzcan chispa que estén cerca al área de derrame.
- ✚ Eliminar el combustible derramado, lavando el área con abundante agua para recolectar el producto en la trampa de combustibles.
- ✚ Cuando las características del derrame rebasen la capacidad de control por parte de los trabajadores de la T.M.R.A. y E.P.B.C., se reportará de inmediato el hecho a la autoridad local correspondiente.

## 3. Sismos.

En prevención de un sismo, se deben tomar medidas tales como:

- ✚ Identificación de los lugares que sean más seguros de la T.M.R.A. y E.P.B.C., como son lugares abiertos, libre de objetos o instalaciones que pudieran desprenderse y caer en interior de oficinas.
- ✚ Contar siempre con equipos de primeros auxilios en todas las áreas operativas, una lámpara sorda y un radio con baterías de repuesto.
- ✚ Concientizar a todo el personal para actuar si esta emergencia se presenta cuando estén laborando.

Durante el sismo se deben tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- ✚ Mantener la calma y tener presente que los movimientos apresurados no siempre son los más adecuados. Es necesario infundir la confianza a las demás personas.
- ✚ Interrumpir la energía eléctrica y el sistema de abastecimiento de combustible.
- ✚ Alejarse de las fuentes de energía eléctrica.
- ✚ Ubicarse en los lugares más seguros de la T.M.R.A. y E.P.B.C. o dirigirse a los espacios abiertos.
- ✚ Mantenerse lejos de las ventanas u objetos colgantes que pudieran desprenderse.
- ✚ Después del sismo conviene atender las siguientes indicaciones:
- ✚ Comprobar que los edificios, instalaciones y equipo no hayan sufrido daño.

- ✦ No tocar los cables eléctricos que hayan caído, ni los objetos que estén en contacto con éstos.
- ✦ Atender las indicaciones de las autoridades competentes.
- ✦ Limpiar derrames de sustancias dañinas, tóxicas o inflamables, si las hubiera.
- ✦ Prepararse para temblores o réplicas, que usualmente ocurren después de un movimiento de gran magnitud.
- ✦ Notificar de inmediato a la gerencia comercial de zona respectiva sobre los daños sufridos.
- ✦ Estos hechos deben registrarse en la bitácora de control.

### 3.1 ¿Qué hacer en caso de sismo?

#### Antes.

1. Conozca las zonas de seguridad internas y externas cercanas a su lugar de trabajo.
2. Reconozca las rutas de evacuación, salida de emergencia y los puntos de reunión.
3. Conozca al personal que integra las brigadas de emergencia (si se cuenta con ellos).

#### Durante.

1. Conserve la calma y foméntela en los demás.
2. Apague cualquier fuente de incendio (cigarros, soldaduras, estufas etc.)
3. Retírese de ventanas y objetos que puedan caer.
4. Colóquese en las zonas de seguridad internas o debajo de un mueble resistente; nunca evacue un lugar mientras está temblando.

#### Después.

1. Siga las rutas de evacuación hasta los puntos de reunión.
2. No corra, no grite y no empuje.
3. Obedezca las instrucciones del personal de las brigadas de emergencia.
4. Si está capacitado, ayude a quien lo necesite.

---

## 4 Incendios.

### 4.1 Equipo contra incendio.

#### A) Características.

Los extintores deben ser portátiles de 9 kilogramos cada uno y estar dotados de polvo químico seco para sofocar incendios clase a (papel, madera); b (grasas y combustibles) y c (de origen eléctrico).

#### B) Ubicación.

Los extintores deben ubicarse de la siguiente manera:

- ✚ En columnas, muros o barandales a una altura aproximada de 1.5 metros del piso o plataforma, a la parte superior del extintor.
- ✚ El acceso a los lugares donde se localicen los extintores debe estar libre de obstrucciones.

#### C) capacitación del personal por proveedores

Los proveedores del sistema contra incendio deben proporcionar la capacitación del personal para el manejo adecuado de los mismos, ya que el conocimiento de ello es una garantía más de seguridad en la T.M.R.A. y E.P.B.C.

### 4.2 ¿Que hacer en caso de incendio?

#### Antes.

- ✚ Conozca la ubicación de los extinguidores en su área.
- ✚ Reconozca las rutas de evacuación, salidas de emergencia y los puntos de reunión.
- ✚ Aprenderse de memoria el número teléfono de la T.M.R.A. y E.P.B.C. de bomberos.

#### Durante.

- ✚ Conserve la calma y foméntela con los demás.
- ✚ Identifique que origina el incendio y de la voz de alarma.
- ✚ Si el incendio se puede controlar con un extinguidor, hágalo. En caso contrario aléjese.
- ✚ Cúbrase la nariz y la boca con trapo húmedo.
- ✚ Si el humo es denso arrástrese por el suelo.

#### Después.

- ✚ Siga las rutas de evacuación hasta los puntos de reunión.
- ✚ No corra, no grite y no empuje.
- ✚ Obedezca las instrucciones del personal de las brigadas de emergencia.
- ✚ Si está capacitado, ayude a quién lo necesite.

## 6. Plan de atención.

Es indispensable tomar en consideración las siguientes medidas:

- ✚ Cuando el incendio sea pequeño, debe sofocarse con el extintor.
- ✚ Si el incendio es causado por grasa o combustibles no debe utilizarse agua.
- ✚ Cuando el incendio no pueda ser controlado, se notificará al cuerpo de bomberos y protección civil de la localidad.
- ✚ Aplicar el plan de evacuación de usuarios y de personal evitando el pánico.
- ✚ Interrumpir el despacho de combustible y de energía eléctrica antes de atacar el incendio.
- ✚ Notificar de inmediato a la superintendencia local de ventas y/o a la gerencia comercial de zona correspondiente.

Estos hechos deben registrarse en la bitácora de control.

## 7. Seguros.

Se recomienda al franquiciatario contratar un seguro de protección civil contra riesgos ambientales para su T.M.R.A. y E.P.B.C., de acuerdo a sus necesidades y características del inmueble, así como a las condiciones geográficas y climatológicas de la zona y como mínimo para cubrir daños a terceros.

Se instalarán alarmas sectoriales (semáforos) con color verde, ámbar y rojo, a su vez identificándolos con alarmas de sonido sectoriales incluyendo generador de tonos.

Se instalarán detectores de fuego, alarmas audibles y visibles y estaciones manuales de alarma.

### FRENTE DE ATAQUE

Se denomina frente de ataque a una calle o área de cuando menos 7 m de ancho, aledaña a los tanques de almacenamiento, por donde pueden circular y maniobrar vehículos contra incendio, los tanques de almacenamiento menores de 8 745 m<sup>3</sup> (55 Mb) de capacidad, deben tener como mínimo un acceso vehicular (un frente de ataque), por calle pavimentada, por el lado donde se ubiquen las tomas de espuma para la protección contra incendio. En este proyecto se ha diseñado el área de tanques para cumplir con al menos tres frentes de ataque para el combate a incendios.

### **Equipos y sistemas de seguridad o protección:**

- Válvulas de seguridad (corte rápido) en llenaderas.
- Sistema de paro de emergencia.
- Detectores de nivel de sobre llenado en tanques de almacenamiento.
- Contenedores para derrames en tanques (diques de contención).
- Drenajes independientes (aguas pluviales y aceitosas).
- Instalaciones eléctricas a prueba de explosión en las áreas peligrosas.

---

### **Medidas de seguridad.**

- Se vigilará el cumplimiento de la prohibición de fumar dentro de la T.M.R.A. y E.P.B.C.
- Las instalaciones eléctricas se proyectan y realizan conforme a la Norma Oficial Mexicana **NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas (Utilización)**, así como en los **códigos NFPA 30, NFPA 30º, NFPA 70** (National Electrical Code), donde se establecen las características que deben cumplir las instalaciones destinadas a la utilización de energía eléctrica en las instalaciones de manejo de líquidos inflamables.
- La instalación eléctrica general será a prueba de explosión y conforme la NOM-001-SEDE-2012.
- Se implementará un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones para mantener en óptimas condiciones la T.M.R.A. y E.P.B.C.
- Se llevará a cabo un programa de minimización de riesgos, fijando un periodo operacional continuo de 10 años como vida útil y al término de este tiempo, se valorará técnicamente las instalaciones para hacer la sustitución de equipo e instrumentos.
- Aplicación a pruebas de hermeticidad a tanques y tuberías.
- Se dará capacitación y entrenamiento al personal de ingreso, sobre las formas de operación de la T.M.R.A. y E.P.B.C. y sobre los riesgos que implica esta actividad, así como medidas de protección que debe aplicar.
- El proyecto definitivo de la T.M.R.A. y E.P.B.C. estará regido por la NOM-006-ASEA-2017.
- Al inicio de la operación se revisará previamente las condiciones de la instalación, aplicando periódicamente recorridos de seguridad.
- Se aplicarán programas de capacitación y adiestramiento.
- Se aplicará un protocolo de operaciones de descarga y llenado de combustibles.
- La actitud de seguridad en la T.M.R.A. y E.P.B.C. será extensiva desde los altos mandos hasta los niveles inferiores.
- Se implementarán programas de entrenamiento para el personal, consistentes en:
  - Orientación del plan de comisión de riesgos.

- Conocimiento de las hojas de seguridad de las sustancias manejadas (gasolinas), así como la explicación de los términos técnicos, seguido de los efectos a la salud que pudieran ocasionar el mal uso de estos combustibles.
- Desarrollar técnicas de observación para prevenir incidentes en la T.M.R.A. y E.P.B.C.
- Entender y practicar los procedimientos de emergencia en caso de contingencias ambientales y otros fenómenos naturales.

**Respuesta a la lista de comprobación detallada de seguridad.**

El método aplicado es conforme a la siguiente tabla:

- A. Estudio o área completamente revisada.
- B. Estudio o área que requiere investigación.
- C. No aplica.

**Tabla 33. Lista de comprobación detallada de seguridad.**

Distancias recomendadas en separación de equipos	A
Radio de maniobra vehicular adecuados	A
Las áreas son drenadas adecuadamente	A
Espacio seguro y suficiente para almacenamiento	A

**Fuente:** Elaboración propio en base a las instalaciones y la etapa de operación y mantenimiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

**Tabla 33. (Continuación) Lista de comprobación detallada de seguridad.**

Edificios	Evaluación
Áreas suficientes para evacuación	A
Acero estructural a prueba de fuego	A
Diseño y construcción por reglamento estatal	A
Servicios generales	A
Áreas verdes	A

**Fuente:** Elaboración propio en base a las instalaciones y la etapa de operación y mantenimiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

**Tabla 33. (Continuación) Lista de comprobación detallada de seguridad.**

Proceso	Evaluación
Aplicación de hojas de seguridad de las sustancias manejadas	A
Diagrama mecánico de flujo actualizado	A
Conocimiento de riesgos potenciales	B
Programa de operación bien definido	A
Equipamiento y accesorios a prueba de explosión	A

**Fuente:** Elaboración propio en base a las instalaciones y la etapa de operación y mantenimiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

**Tabla 33. (Continuación) Lista de comprobación detallada de seguridad.**

Tubería	Evaluación
Sistema adecuado para protección contra incendio	A
Las especificaciones de diseño se aplicarán a la construcción	A
Válvulas de emergencia, rápidamente visibles y accesibles	A
Adecuada localización de válvulas de no retorno	A
Identificación correcta de válvulas y accesorios	A

**Fuente:** Elaboración propio en base a las instalaciones y la etapa de operación y mantenimiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

**Tabla 33. (Continuación) Lista de comprobación detallada de seguridad.**

Sistema de venteo	Evaluación
Líneas de venteo	A
Todos los controles son intrínsecamente seguros	A
Diámetro conveniente de la tubería	B
Sistema de detección de fugas	A
Procedimiento de emergencia y alarmas completos	A

**Fuente:** Elaboración propio en base a las instalaciones y la etapa de operación y mantenimiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

**Tabla 33. (Continuación) Lista de comprobación detallada de seguridad.**

Equipo	Evaluación
Sistema de bombeo con pruebas certificadas	A
Tanques de almacenamiento	A
Diseño para operar a máxima condición	A
Válvulas de regulación y control	A
Uso y aplicación de los dispositivos de protección	A

**Fuente:** Elaboración propio en base a las instalaciones y la etapa de operación y mantenimiento de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

Una vez en operación la lista de comprobación de seguridad se actualizará anualmente.

#### **Auditorias de seguridad.**

Se realizará este procedimiento para: liderazgo y administración, entrenamiento, análisis de riesgo, análisis de accidentes, criterios de emergencia y desastre; y para capacidad y evaluación del personal.

#### **Drenajes y afluentes acuosos**

La T.M.R.A. y E.P.B.C. estará provista de un sistema de drenaje para captar la acumulación de agua pluvial dentro de sus instalaciones, con la finalidad de que garantice un nivel de arrastre adecuado. La pendiente mínima de las tuberías de drenaje será del 2%. La pendiente mínima del piso hacia los colectores será del 1%. El diámetro de las tuberías será de acuerdo al resultado que arroje el diseño en base al estudio hidrológico. El sistema de drenaje cumplirá con lo dispuesto en las leyes estatales de agua y alcantarillado u organismos operadores que apliquen.

Para la T.M.R.A. y E.P.B.C. se contemplan tres sistemas de desagregación de drenajes: sanitario, pluvial y aceitoso.

*Patios.* Esta zona se drenará con rejillas distribuidas estratégicamente para evitar la acumulación de aguas pluviales, las cuales descargarán según el diseño establecido. Las aguas pluviales de las techumbres se canalizarán hacia el *drenaje pluvial*, quedando prohibida su caída libre.

En el sistema eliminador de combustibles el volumen de agua recolectada en las zonas con manejo de combustible, pasará por una trampa de grasa y combustibles antes de conectarse al colector municipal.

---

Por ningún motivo se mezclarán directamente los drenajes de aguas aceitosas con los de aguas negras.

Se contará con 3 tipos de drenajes: pluvial, sanitario y aceitoso. Referente al pluvial para el área de tanques, se tendrán arreglos con válvulas de seccionamiento fuera de diques conforme se indica en la normatividad vigente, para conducir el drenaje pluvial contaminado por derrames aceitosos dentro de diques, hacia el drenaje aceitoso. Todos los registros del drenaje aceitoso, deben contar con sello hidráulico. En cada uno de los diques de contención, el registro de drenaje pluvial anterior a la descarga de aguas en los ramales o tuberías troncales, debe contar con sello hidráulico. El agua pluvial libre de hidrocarburos se descargará, bajo previo análisis y control con válvulas de bloqueo con candados hacia unos registros de captación, para que de ahí y de ser posible, por medio de cuencas y considerando la permeabilidad del terreno, para que por filtración se recarguen los mantos acuíferos en el área de la zona ecológica.

Los sistemas de drenajes aceitosos se deben calcular y diseñar con la capacidad adecuada para que desalojen el volumen total de los efluentes aportados como aguas aceitosas provenientes de las purgas de equipos y maquinarias existentes en el área operativa, las cuales se deben enviar al área de tratamiento de efluentes, así mismo se debe evitar que los hidrocarburos de los drenajes aceitosos fluyan a los drenajes pluviales. Se deben diseñar cárcamos reguladores para controlar el flujo hacia los separadores de aceite del área de tratamiento de efluentes. Los registros de los drenajes aceitosos deben tener sellos hidráulicos en las tuberías de llegada a los mismos. Los patios internos de los diques de contención, deben contar con sistemas independientes de drenaje pluvial y aceitoso mediante los cuales, sea posible el manejo selectivo de los efluentes para descargarlos en las tuberías troncales de drenaje pluvial o aceitoso, según sea el caso. Los drenajes se deben construir de manera que no produzcan filtraciones al subsuelo y su diseño, debe permitir la limpieza de los depósitos y sedimentos.

En las áreas de tanques de almacenamiento, las copas y registros de purga de los drenajes aceitosos se deben diseñar de tal manera que se evite la introducción de materiales que se hayan acumulado dentro del dique.

Las copas de purga deben descargar a registros aceitosos, los cuales deben tener sellos hidráulicos para evitar la propagación de incendios.

El diámetro mínimo de las tuberías que aplica en la red de los drenajes aceitosos es de 10 cm (4 pulgadas), aunque el resultado del diseño indique un diámetro menor. En áreas de diques se debe considerar la aportación pluvial, en esta área se debe tener el sistema pluvial con válvulas de bloqueo (bypass) que permitan el control selectivo de la salida de afluentes.

La losa de piso en el área de tanques de almacenamiento será a base de concreto con una pendiente de al menos 1% para permitir el escurrimiento y recolección de derrames. El área estará

---

delimitada por un dique perimetral a base de concreto, dimensionado en función de la capacidad de los tanques de almacenamiento que rodea. Tanto el dique como la losa de piso deben estar sellados de manera que no permitan ninguna filtración y resistan el contacto con hidrocarburos.

Las áreas de carga y descarga de productos petrolíferos, deben tener drenajes aceitosos y pluviales. Cada isla y el espacio entre ellas deben contar con registros para drenajes aceitosos provistos de sellos hidráulicos que capten posibles derrames de hidrocarburos mediante pendientes diseñadas para este fin.

Las casas de bombas deben contar con drenajes aceitosos para sardineles de equipo, purgas, cobertizo principal y trincheras de tuberías y con drenajes pluviales para las demás áreas.

Los efluentes del drenaje aceitoso descargarán en el separador API.

Separador de aceite:

El separador de aceite tipo "API" fue desarrollado por el Instituto Americano del Petróleo y es una unidad que forma parte integral de las instalaciones de un sistema de tratamiento primario para las aguas residuales de la industria petrolera. En esta instalación el aceite libre que se separa y flota en la superficie del agua se retira por decantación y los sólidos finos que son arrastrados en la corriente de agua residual, por ser más densos que el agua, se depositan en el fondo por medio de una sedimentación simple para su posterior retiro por medios mecánicos. Su función está basada en el aprovechamiento de la diferencia de densidades (gravedad específica) existente entre las fases de aceite y agua.

Tuberías:

La tubería de conducción cumplirá con las especificaciones estándar de la industria de la tubería para servicio de producto refinado conforme a los requisitos establecidos en las normas ANSI/ASME B36.10 y ASME B31.3, en lo que resulten aplicables. Se usará tubería superficial, en trincheras y pasos elevados entre las estaciones de carga de auto tanques y los tanques de almacenamiento, entre los tanques de almacenamiento y las plataformas de descarga de auto tanques, al igual que en la plataforma de descarga de buque tanques.

El diseño de la tubería, los materiales, la soldadura, la fabricación, las pruebas no destructivas y las pruebas de presión deberán cumplir con los requisitos para líquidos de baja presión de vapor de las normas aplicables para tubería de proceso. Todos los materiales deberán cumplir estrictamente con el código API 650 vigentes y demás códigos, especificaciones y normatividad que resulte aplicable. Se deberán acatar estrictamente todos los requisitos de prueba de impacto. Se realizarán las pruebas de presión de la tubería en base a la especificación ASME B31.3, recipientes sujetos a presión al ASME Sección VIII Div. I y pruebas no destructivas como lo marca el API, ASME Sección V Edición 2015. La fabricación en taller, pruebas no destructivas y pruebas de presión serán

---

maximizadas para limitar el alcance de trabajo en campo. Se realizarán pruebas no destructivas para un 10% de partes superficiales y 100% de partes subterráneas para el caso de las partes humedecidas por el proceso y las partes de retención de presión.

Al terminar la instalación en campo, se realizarán las pruebas no destructivas en todas las soldaduras de conexión y se ejecutará una verificación de hermeticidad para fugas y de servicio neumático en los sistemas de tubería de drenaje y proceso.

Los soportes para tubería fabricados de concreto, mampostería o similares, deben tener una placa o elemento estructural ahogado y sobresaliente al paño del soporte, el cual debe ser la superficie de contacto y deslizamiento entre el soporte y la tubería. Los apoyos y soportes para tubería deben resistir las acciones y combinaciones de acciones de la tubería, incluyendo las cargas por la prueba hidrostática, entre otras. El arreglo de tubería debe tener los soportes necesarios para asegurar que las conexiones no transmitan esfuerzos excesivos a los equipos y mantengan la alineación de la tubería. La tubería debe tener apoyos y soportes permanentes, solo se permiten soportes temporales para la prueba hidrostática. Todos los apoyos se deben fabricar con material que resista las condiciones de servicio y ambientales. El hierro fundido, dúctil y maleable no se permite para apoyos y soportes para tubería, los apoyos se deberán colocar sobre elementos estructurales, no se permiten apoyos sobre rejillas, placas anti-derrapantes, barandales, escaleras, sobre el piso sin dados de concreto, entre otros.

#### SISTEMA DE PROTECCION AMBIENTAL

Se considera en el diseño la prevención de derrame de producto y la prevención de que dicho derrame de producto alcance el medio ambiente local en apego a lo establecido en la norma de ordenamiento ecológico e impacto ambiental NOM-117-SEMARNAT-2006, así como la norma de especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, esto mediante la construcción de diques en área de tanques de almacenamiento, sardineles en casa de bombas, y una red de drenaje aceitoso que cubre la totalidad de las áreas operativas.

#### Aire

Considerando como impactos prioritarios la emisión de partículas, gases de combustión, ruido debido a la etapa de preparación de sitio, particularmente por el despalme del área donde se efectuaran las obras que comprende el desarrollo del proyecto, se consideran las siguientes medidas:

Gases de Combustión. Se tendrá especial cuidado para que los vehículos y maquinaria a contratar observen en tiempo y forma los programas de verificación vehicular que se encuentren vigentes, antes y durante la ejecución de las obras. Se evaluarán los niveles de emisión de contaminantes y se efectuarán las actividades correctivas en la unidades que no cumplan con la

---

normativa, tal y como lo establece el artículo 28 del Reglamento de la LGEEPA en materia de prevención y control de la contaminación de la atmosfera y la siguientes Normas Oficiales Mexicanas NOM-041-SEMARNAT, NOM-043-SEMARNAT, NOM-044-SEMARNAT.

Agua.

Se diseñarán las instalaciones para drenar agua contaminada de áreas de potencial derrame de hidrocarburo mediante una ruta controlada por medio de una red segregada de drenaje hacia una planta de tratamiento de aguas residuales como parte de este proyecto en el área de la terminal esta estarán acorde a las normas mexicanas NOM-001-SEMARNAT, NOM-002-SEMARNAT y NOM-003-SEMARNAT vigentes, en lo que resulten aplicables. Este sistema cumplirá con todas las regulaciones y especificaciones bajo el manual producido por API: "Manual of disposal of refinery waste API". La teoría de separación del sistema se basa en la velocidad de ascensión de los glóbulos de aceite (velocidad vertical) y su relación con la velocidad de carga superficial del separador. Esto determina con seguridad que las partículas de aceite serán suspendidas en la parte superior para su remoción. Es importante hacer notar que cualquier agua a ser descargada por el separador, será certificada mediante pruebas de laboratorio internas para asegurar que esta contiene menos de las ppm de producto contaminante de acuerdo a las Normas Mexicanas.

Suelo, subsuelo y mantos acuíferos.

Como acción preventiva, durante la etapa de preparación del sitio, en la actividad conocida como el despalme y nivelación, se recuperara la capa de materia orgánica y el horizonte de suelo con materia orgánica en proceso de degradación, para su aprovechamiento en las zonas de amortiguamiento para la regeneración de suelo, que mejore las características edafológicas del área, con la finalidad de garantizar un mejor crecimiento de las especies vegetales.

Como medida de prevención en la etapa de construcción se cuidara el manejo de los cementantes, los cuales deberán resguardarse en bodegas y el personal de obra evitara el derrame accidental o irresponsable de los aglutinantes como cemento, cal, morteros, las bolsas de estos materiales deberán recolectarse y depositarse en un lugar específico para evitar su dispersión.

Los residuos sólidos de acero (varilla, alambre, alambazón), deberán ser recolectados y enviados a una área de acopio para su reutilización o en su caso serán confinados para su traslado a los sitios que determinen las autoridades municipales, los desechos de madera para cimbra que ya no sea útil para la actividad constructiva, se recolectara y enviara al área de acopio de residuos de obra para su disposición final.

Los materiales de desecho producto de los trabajos realizados con morteros y concretos serán recolectados permanentemente durante el tiempo que dure la obra hasta su limpieza y entrega de obra, estos desechos sólidos serán confinados para su traslados a los sitios que determinen la

---

autoridades municipales, cumpliendo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos.

Control y sistema de recuperación de vapores.

En el presente proyecto de la T.M.R.A. y E.P.B.C., se considera la instalación de membranas internas flotantes en los tanques de almacenamiento de gasolinas para reducir al máximo la emisión de vapores a la atmósfera, así como la instalación de un sistema de recuperación de vapores en cada una de las posiciones de carga de auto tanques, que también estarán equipadas con el sistema de llenado por el fondo, con el fin de mantener las emisiones por debajo del límite de los 80 ppm en cumplimiento a la NOM-006-ASEA-2017, mediante tecnologías de recuperación por el proceso de adsorción-absorción.

#### IV. RESUMEN.

##### IV.1. SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.

Basados en el presente estudio se concluye que **la instalación se clasifica como de riesgo moderado (sin factor de corrección)**, tomando como base el resultado obtenido a través del **índice Dow de fuego y explosión** (indicador potencial), así como en el cálculo de la evaluación de derrames y posibles incendios que pudieran originarse. Por lo que tomando las medidas preventivas asentadas en este estudio, los riesgos serán minimizados.

La probabilidad de ocurrencia de accidentes, que arroja la técnica de **Hazop** es de **magnitud escasa a nula**.

El diseño de la T.M.R.A. y E.P.B.C. es favorable, siempre y cuando se cumplan las características constructivas indicadas en los planos y especificaciones, por lo que se llevará un control riguroso en la selección del equipo e instrumentos de medición.

Como **medida de seguridad** para absorber **impacto de las radiaciones de calor**, se cuenta con una **barda perimetral** a la instalación, que por el efecto de un incendio se absorbería por los muros perimetrales construidos, lo que se ha representado en los planos de cada simulación como efecto de abatimiento por muro perimetral.

En cuanto a los riesgos interactuantes con las dos Plantas cercanas, como ya se ha mencionado es mitigable, siempre y cuando se lleven a cabo todas las medidas recomendadas en los estudios respectivos así como las solicitadas por las autoridades con injerencia.

El análisis de la T.M.R.A. y E.P.B.C. bajo el esquema del estudio de riesgo modalidad análisis de riesgo, ha permitido determinar que el manejo de los combustibles tiene un nivel de alto riesgo, sin

---

embargo, cuando las instalaciones se diseñan, construyen y mantienen con estándares rigurosos de seguridad, se consiguen óptimos atributos de confiabilidad y beneficio.

Asimismo, se identifica que se debe asumir la responsabilidad de que las instalaciones, equipos, tuberías y accesorios (mangueras, válvulas, dispositivos de seguridad, conexiones, etc.) utilizados para el almacenamiento, manejo y transporte de los combustibles se diseñen, fabriquen y construyan de acuerdo a la Normativa NOM-001-SEDE, NFPA 70, NFPA 77 y NFPA 780 y NOM-006-ASEA-2017, así como a las condiciones que marquen las autoridades con injerencia, de esta manera las medidas preventivas de seguridad con que cuenta la T.A.R. (válvulas automáticas y manuales de seguridad, indicadores electrónicos de niveles, pruebas de hermeticidad a tuberías y tanques, sistema de alarmas y paros de emergencia, sistema de protección por medio de extintores, codificación de colores en tuberías, mantenimiento preventivo de equipos, programas de capacitación del personal en la atención de contingencias y programas de contingencias entre otros, permitirá realizar una operación segura de la T.M.R.A. y E.P.B.C., reduciendo los riesgos al mínimo con una probabilidad de ocurrencia de accidentes mínima.

Todo proyecto puede tener un riesgo ambiental implícito, por lo cual la construcción de la propuesta para la T.M.R.A. y E.P.B.C. no es la excepción, y claro está que con el derrame y explosión del combustible simulado en éste estudio por un cierto tipo de situaciones que se pueden presentar en el proceso de distribución, transporte y manejo del combustible; se observan los daños probables y por consecuencia se proponen medidas para prevenir y evitar tales eventos, reduciendo el riesgo al mínimo.

La T.M.R.A. y E.P.B.C. por su ubicación y colindancias cuenta con espacios y medidas de seguridad suficientes para evitar afectaciones a centros de población.

En materia de protección civil, se recomienda contar con programa de simulacros para dar respuesta a las distintas situaciones de emergencia identificadas tanto internamente como de manera conjunta en el caso de eventos de interacción de riesgo, con la finalidad de prever la ocurrencia y/o disminuir por completo su probabilidad de manera conjunta con los organismos gubernamentales y no gubernamentales que pudieran prestar auxilio.

---

## IV.2. HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL.

Del análisis de vulnerabilidad en resumen se identificaron los siguientes riesgos:

1. Riesgo de inundación por escurrimiento pluvial del arroyo "El Sauzal" (precipitaciones máximas en 24 hrs.).
2. Riesgo por marejada de tormenta en la desembocadura del arroyo "El Sauzal".
3. Riesgo y peligro alto de inundación por tsunami lejano en la rada portuaria del puerto "El Sauzal".
4. Riesgo industrial y químico asociado con las industrias que se ubican en la zona industrial al norte y oeste del proyecto.
5. Riesgo sanitario y generación de malos olores por la industria pesquera colindante con el predio.
6. Riesgo socio-organizativo (Col. Manchuria).
7. En general ensenada y el sauzal se encuentran en la zona de alta sismicidad en la escala de Mercali con sexto grado en el centro de población.

Por lo anterior se recomienda realizar estudios más exhaustivos a efecto de diseñar las cimentaciones de los tanques de manera segura. En cuanto al **riesgo por inundación**, se recomienda revisar el comportamiento hidrológico de la zona a efecto de considerar las medidas pertinentes. En cuanto al riesgo socio-organizativo se llevará cabo la evaluación del impacto social donde se determinarán las medidas, programas de mitigación aplicando los planes de gestión social que resulten.

### f) RIESGOS GEOLÓGICOS.

Topografía en el sitio del proyecto es plana con 1 % de pendiente, por lo que no representa riesgo alguno.

Riesgo por deslizamiento, hundimiento o colapso del suelo es **muy bajo**

Riesgo por susceptibilidad de laderas: **sin riesgo**

Fallas y fracturas: el sitio del proyecto **no presenta riesgo por fallas o fracturas.**

Zona sísmica de categoría C: **de intensidad intermedia con sismos poco frecuentes.**

Tsunamis: el sitio del proyecto se ubica dentro de un área receptora de Tsunamis. zonas **con Peligro de Inundación por Tsunami** en las dos zonas con mayor población, siendo el Centro de Población integrado por **El Sauzal**, Cabecera Municipal y Maneadero

### g) RIESGOS Y VULNERABILIDAD HIDROMETEOROLÓGICA.

Sequía:

- Déficit promedio de lluvia (%) respecto a su lluvia media anual: **20 < Déficit (%) ≤ 30**
- Duración de la sequía promedio D (años): **2 ≤ D < 30**
- Escenario de riesgo por sequía: Muy **Bajo**.

Ciclones tropicales:

- El grado de riesgo por presencia de ciclones tropicales: **Medio**.
- Inundaciones.
- Índice de vulnerabilidad de inundación (2016): **Alta**.
- Tormentas de granizo.
- Escenario de Riesgos por Tormenta de Granizo: **Muy Bajo**.
  - Zonificación de granizadas: **sin granizadas**.
  - Índice de peligro por tormentas de granizo por municipio: **Bajo**.
  - Número de días con granizo, al en la República Mexicana: **0-1**
- Heladas.
- Número de días con heladas por municipio: **>120**.
  - Índice de días con heladas por municipio: **Alto**.
- h) RIESGOS Y VULNERABILIDAD SANITARIOS – ECOLÓGICOS.
- Aire. No se reportan datos de contaminación del aire.
  - Agua. No se reporta contaminación por agua.
  - Suelo. No se reporta contaminación del suelo.
  - Alimentos. No se reporta contaminación de alimentos.
  - Residuos peligrosos. no se reporta residuos que sean peligrosos.
- i) RIESGOS Y VULNERABILIDAD QUÍMICO – TECNOLÓGICOS.
- Sustancias inflamables **Gas LP, CENAPRED: no se reportaron eventos**
  - Sustancias inflamables Gasolina, CENAPRED: **no se presentaron eventos**
  - **En cuanto al riesgo químico tecnológico, en la zona para el proyecto** de la T.M.R.A. y E.P.B.C., actualmente se encuentra principalmente expuesta a **riesgo por fuga de Amoniaco**, mismo que es utilizado para sistema de refrigeración por las industrias pesqueras en su colindancia norte, así como al oeste y suroeste.
- j) RIESGOS SOCIO – ORGANIZATIVOS
- Centros de concentraciones masivas de población (INEGI, 2016).
  - Grado de vulnerabilidad social (Indicadores Socioeconómicos) **Muy Bajo**.

#### **Riesgo sociorganizativos.**

Son los ocasionados por concentraciones masivas de población y enfrentamientos o calamidad generada por motivo de errores humanos o por acciones premeditadas, que se dan en el marco de grandes concentraciones o movimientos masivos de población y/o el mal funcionamiento de algún sistema de subsistencia, lo cual afecta los servicios básicos. No se tienen centros de concentración masiva dentro del área de estudio del proyecto únicamente se tienen la colonia Manchuria al oeste.

#### **Riesgos de transporte vial.**

Son los ocasionados sobre las vialidades cuando no se toman las medidas preventivas para ese. La colindancia al este del proyecto con calle acceso al recinto portuario, al sur con calle cinco

de acceso al recinto portuario y calle o camino de acceso al **Centro Regional investigaciones Pesqueras del Instituto de Pesca El Sauzal, B.C., mismo que hace esquina con calle doce por la que se tendrá acceso y salida a la T.M.R.A. y E.P.B.C.**, en algún momento podría ocasionar algún riesgo vial, sin embargo, en el tramo correspondiente a la T.M.R.A. y E.P.B.C., se tendrá el **proyecto** el cual deberá sujetarse a la normativa aplicable y a lo requerido por el municipio.

#### **Otros Riesgos:**

Las líneas de alta tensión, poliductos, subestaciones eléctricas, flujos, plantas de almacenamiento y distribución de PEMEX, y estacionamientos nocturnos, así como fosas, basureros o tiraderos, hospitales y centros de salud; **NO se encontraron en el área de estudio elementos de esta que pudieran poner en riesgo y hacer vulnerable la instalación del proyecto.**

Dentro del área de estudio **NO** se encontraron **instalaciones ajenas** a la T.M.R.A. y E.P.B.C., **con posibles interacciones de riesgo.**

En las áreas de la T.M.R.A. y E.P.B.C., clasificadas según la **NOM-01-SENER-2012, Instalaciones Eléctricas (ver tabla 515-3)**, que son consideradas peligrosas, las instalaciones eléctricas deben ser a prueba de explosiones.

Contar con un sistema de detectores de fugas y derrames en los tanques de almacenamiento de combustible, tuberías de trasiego de combustible que estén conectados a alarmas visibles y/o sonoras.

Organizar un plan de capacitación continua al personal sobre seguridad sobre el manejo del equipo y del combustible que se manejará en la T.M.R.A. y E.P.B.C.

Cumplir estrictamente con el programa de mantenimiento preventivo al equipo e instalaciones de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

Efectuar pruebas de hermeticidad a los tanques de almacenamiento y tuberías de flujo de combustible previo al inicio de operaciones y de manera periódica (cada año con pruebas con sensores electrónicos y cada cinco años con sometimiento a presión neumática).

De acuerdo a los tiempos establecidos en la normatividad respectiva, efectuar mediciones ultrasónicas de espesor a los tanques de almacenamiento.

Contar con avisos preventivos, restrictivos y operativos móviles y fijos en la T.M.R.A. y E.P.B.C.

Los auto tanques que suministran combustible a la T.M.R.A. y E.P.B.C., deberán conectarse a tierra durante la descarga.

Durante la descarga de combustible al tanque de almacenamiento no se permitirá el acceso a personas ajenas al área de tanque y se colocarán letreros informativos y restrictivos al respecto.

En las áreas consideradas peligrosas se prohibirá mantener encendido celulares.

Se mantendrá orden y limpieza en todas las áreas de la T.M.R.A. y E.P.B.C.

Se recomienda construir un muro perimetral de 2.5 metros de altura, para reducir el riesgo por radiación del fuego.

La velocidad máxima permitida a los vehículos que circulan dentro de las instalaciones será de 10 km/h.

Revisar diariamente las trampas de combustible y en caso de haber residuos de combustibles estos serán recolectados inmediatamente y se almacenarán estos residuos de acuerdo a la normatividad aplicable.

#### IV.3. PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO.

Informe Técnico:

**Tabla 34. Sustancias involucradas.**

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)*	No. CAS**	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Flujo (kg/seg)	Longitud de la tubería (km) <sup>5</sup>	Diámetro de la tubería (cm)	Presión de operación (kg/cm <sup>2</sup> )	Espesor (mm) <sup>1</sup>	Descripción de la Trayectoria
Gasolinas	8006-61-9	740	0.0546	NA	NA	NA	4.6	NA
Diésel	68334-30-5	832	0.0546	NA	NA	NA	4.6	NA
Turbosina	8008-20-6	0,820	0.0546	NA	NA	NA	4.6	NA

\* De acuerdo con los lineamientos descritos por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, International Union Pure Applied Chemistry).

\*\* De acuerdo con el Chemical Abstract Service (CAS).

NA: No aplica.

<sup>1</sup> Los tanques de almacenamientos horizontales o verticales con **espesor de pared** y de techo de **4,6 mm** (3/16 pulg), o mayores, se consideran auto protegidos contra descargas atmosféricas y no se requiere incluir el sistema contra descargas atmosféricas (Base de diseño).

**Tabla 35. Antecedentes de Accidentes e Incidentes.**

Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia(s) involucrada(s)	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención.
2005	Zona industrial de Buncefield Inglaterra	T.A.R. de Buncefield	Combustibles Hidrocarburos	Explosión de nube de vapor no confinada	Nota 1	Nota 2	Nota 3

**Fuente:** <https://www.unizar.es/guiar/1/Accident/Buncefield.html>

**Nota 1.** Análisis de las causas del accidente:

Los fallos en el diseño y mantenimiento de los sistemas de protección para evitar el sobrellenado de tanques deben considerarse como las causas técnicas de la explosión inicial y de la dispersión de contaminantes posterior. Sin embargo, debajo de estas causas inmediatas deben buscarse otras, que afectan al sistema organizativo y al planteamiento de trabajo, y que son realmente las culpables del accidente:

1. El mantenimiento y la gestión de los sistemas ubicados en las instalaciones de HOSL en relación con el sobrellenado de tanques eran deficientes y no tenían un seguimiento continuo, a pesar del hecho de que ambos sistemas eran auditados de forma independiente. En concreto, el sistema de bloqueo por alto nivel se encontraba inoperativo por falta de conocimiento sobre su funcionamiento.

2. La plantilla no disponía de suficiente información para manejar de forma apropiada la entrada de combustible en los almacenamientos, sobre todo datos relacionados con la velocidad de entrada y tiempos de recepción de los hidrocarburos.

3. La producción del establecimiento había aumentado, lo que imponía más presión sobre la plantilla y rebajaba el control de ésta sobre el proceso de almacenamiento de combustible y su monitorización.

Todas estas presiones habían creado en el establecimiento una cultura donde el proceso de operación era prioritario, sin prestar demasiada atención a los procesos de seguridad, para poder cumplir los objetivos de productividad.

Una cultura donde el proceso de operación era prioritario, sin prestar demasiada atención a los procesos de seguridad, para poder cumplir los objetivos de productividad. En concreto, el sistema de bloqueo por alto nivel se encontraba inoperativo por falta de conocimiento sobre su funcionamiento.

**Nota 2.** Infraestructura afectada: 20 tanques ubicados en la TAR, ardió durante varios días, 40 personas resultaron heridas, no hubo pérdidas humanas. El agua y las espumas utilizadas para apagar el fuego,

junto con parte del combustible derramado, llegaron al subsuelo a través de desagües y pozos de drenaje, produciendo daños importantes al medioambiente de la zona.

**Nota 3.** 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.

**Tabla 35. (Continuación) Antecedentes de Accidentes e Incidentes.**

Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia(s) Involucrada(s)	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención.
2009	Puerto Rico	Planta de Caribbean Petroleum Corporation (CAPECO)	Combustibles Hidrocarburos	Explosión de nube de vapor no confinada e incendio de charco por derrame	Nota 1	Nota 3	Nota 3

**Fuente:** [https://www.scipedia.com/public/Abreu\\_Godoy\\_2013a](https://www.scipedia.com/public/Abreu_Godoy_2013a)

**Nota 1.** Falla en los sensores de nivel de llenado. La carencia de redundancia en el sistema de monitoreo y la deficiencia en la seguridad y en el control de procesos en la planta. El origen del accidente, el mecanismo de liberación de combustible y la fuente de ignición (chispa producida al encender la bona contra incendio). c) *La falla en el funcionamiento y monitoreo de sensores de llenado en el nivel primario de contención muestra la falta de seguridad y de redundancia del sistema de control de la planta. Ni los empleados en turno, ni el sistema de monitoreo computarizado pudieron notar oportunamente el sobrellenado de uno de los contenedores. Parece ser que tampoco existía algún control de la cantidad de combustible expedido desde la barcaza en la Bahía de San Juan, desde donde se envió combustible aun después de que el tanque 105 se encontraba lleno. Así pues, una falla momentánea en un sensor de llenado originó el trágico accidente que llevó a CAPECO a declararse en bancarrota.*

Además, de acuerdo con la información publicada por integrantes del equipo de investigación, el sistema de drenaje diseñado para conducir aguas pluviales jugó un papel perjudicial, posiblemente permitiendo que la mezcla combustible alcanzase alguna fuente de ignición.

**Nota 2.** f) *La cantidad de personas desalojadas y refugiadas, y de viviendas y negocios afectados está estrechamente relacionada a la ubicación geográfica de la planta de*

almacenamiento, la cual se sitúa en una zona urbana con una densidad de población relativamente alta. Otro aspecto cuestionable en relación a la ubicación de la planta es su cercanía a cuerpos de agua como ríos y acuífero, los cuales fueron contaminados como consecuencia del accidente de 2009

**Nota 3.** Uno de los bomberos cerró la válvula de flujo del oleoducto. Las personas desalojadas y refugiadas, y de viviendas y negocios (fueron evacuadas).

**Tabla 35. (Continuación) Antecedentes de Accidentes e Incidentes.**

Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancia(s) Involucrada (s)	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención.
2009	Jaipur, India	Planta de almacenamiento de petróleo, queroseno y diésel	Combustibles Hidrocarburos	Explosiones y fuego en los 11 tanques	Nota 1	Nota 2	Nota 3

**Fuente:**

**Nota 1.** El origen del desastre está asociado a la aparición de una neblina (vapor de petróleo) observada por testigos a partir de las 4:00 pm del mismo jueves. La falla inicial corresponde a una fuga de combustible ocurrida durante la transferencia de líquido entre un tanque de almacenamiento de la planta de Jaipur hacia otro tanque ubicado en una granja cercana, debido a la falla de una válvula de control.

**Nota 2.** Alrededor de 500 mil personas fueron evacuadas, 300 resultaron heridos y 12 fallecieron por causa del accidente.

**Nota 3.** Las personas fueron evacuadas.

**Tabla 36. Identificación y jerarquización de riesgos ambientales.**

No. de Falla <sup>1</sup>	No. de Evento <sup>1</sup>	Falla <sup>1</sup>	Accidente hipotético				Unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			
10	1. Nube explosiva en fuga de gasolina en tubería de recepción de buque tanque TAR.	Fisura a perforación del tanque.	X	X	X	----	Auto tanque	Estudio de falla y efecto (Hazop)	<b>Aire, suelo y Agua.</b> En el área inmediata de la zona de recepción muelle. Se emiten gases de combustión, causando posible intoxicación de personas que se pudieran encontrar en zonas colindantes. Material derramado, uso de espumas y retardantes químicos para combate del incendio. Respectivamente. Previa evacuación de la zona de alto riesgo.

**Fuente:** elaboración propia con metodología Estudio de falla y efecto (Hazop).

IV.1. Estudio de falla y efecto (Hazop).

Tabla 36. (Continuación) Identificación y jerarquización de riesgos ambientales.

No. de Falla <sup>1</sup>	No. de Evento <sup>1</sup>	Falla <sup>1</sup>	Accidente hipotético				Unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			
17	2. Incendio de charco confinado de 150,000 Barriles equivalente a 23,850,000 Litros.	Fuga de incendio, de charco).	X	X	X	---	Sistema automático de medida del nivel del tanque.	Estudio de falla y efecto (Hazop)	<b>Aire, suelo y Agua.</b> En el área inmediata de la zona almacenamiento. Se emiten gases de combustión, causando posible intoxicación de personas que se pudieran encontrar en zonas colindantes. Material derramado, uso de espumas y retardantes químicos para combate del incendio. Respectivamente.

**Fuente:** elaboración propia con metodología Estudio de falla y efecto (Hazop).

Tabla 36. (Continuación) Identificación y jerarquización de riesgos ambientales.

No. de Falla <sup>1</sup>	No. de Evento <sup>1</sup>	Falla <sup>1</sup>	Accidente hipotético					Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Unidad o equipo		
18	3. Incendio de charco confinado de 515 000 equivalentes a 81,885,000 Litros.	Incendio de charco confinado de 200 000 equivalentes a 31,800,000 Litros	X	X	---	X	Tanque de almacenamiento	Estudio de falla y efecto (Hazop)	<b>Aire, suelo y Agua.</b> En el área inmediata de la zona almacenamiento. Se emiten gases de combustión, causando posible intoxicación de personas que se pudieran encontrar en zonas colindantes. Material derramado, uso de espumas y retardantes químicos para combate del incendio. Respectivamente.

**Fuente:** elaboración propia con metodología Estudio de falla y efecto (Hazop).

Tabla 36. (Continuación) Identificación y jerarquización de riesgos ambientales.

No. de Falla <sup>1</sup>	No. de Evento <sup>1</sup>	Falla <sup>1</sup>	Accidente hipotético				Unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			
23	4. Nube explosiva por efecto de sobrepresión ante fuga en casa de bombas.	Fisura Tubería de conducción	X	X	-	--	Tubería de conducción	Estudio de falla y efecto (Hazop)efecto (Hazop)	<b>Aire, suelo y Agua.</b> En el área inmediata de la zona almacenamiento. Se emiten gases de combustión, causando posible intoxicación de personas que se pudieran encontrar en zonas colindantes. Material derramado, uso de espumas y retardantes químicos para combate del incendio. Respectivamente.

**Fuente:** elaboración propia con metodología Estudio de falla y efecto (Hazop).

Tabla 36. (Continuación) Identificación y jerarquización de riesgos ambientales.

No. de Falla <sup>1</sup>	No. de Evento <sup>1</sup>	Falla <sup>1</sup>	Accidente hipotético					Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Unidad o equipo		
31	5. Nube explosiva por efecto de sobrepresión ante fuga en tubería de entrega.	Fisura Tubería de conducción.	X		X	X	Tubería de conducción.	Estudio de falla y efecto (Hazop)	<b>Aire, suelo y Agua.</b> En el área inmediata de la zona almacenamiento. Se emiten gases de combustión, causando posible intoxicación de personas que se pudieran encontrar en zonas colindantes. Material derramado, uso de espumas y retardantes químicos para combate del incendio. Respectivamente.

**Fuente:** elaboración propia con metodología Estudio de falla y efecto (Hazop).

**Tabla 36. (Continuación) Identificación y jerarquización de riesgos ambientales.**

No. de Falla <sup>1</sup>	No. de Evento <sup>1</sup>	Falla <sup>1</sup>	Accidente hipotético					Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Unidad o equipo		
40	6. Incendio de charco no confinado de 396.23 barriles (16,641.66 gal) equivalentes a 63,000 Litros.	4. Fuga total del combustible contenido en el autotanque, riesgo de incendio	X	X			autotanque	Estudio de falla y efecto (Hazop)	<b>Aire, suelo y Agua.</b> En el área inmediata de la zona almacenamiento. Se emiten gases de combustión, causando posible intoxicación de personas que se pudieran encontrar en zonas colindantes. Material derramado, uso de espumas y retardantes químicos para combate del incendio. Respectivamente.

**Fuente:** elaboración propia con metodología Estudio de falla y efecto (Hazop).

**Tabla 37. Estimación de consecuencias.**

No. de Falla	No. de Evento <sup>1</sup>	Tipo de liberación		Cantidad hipotética liberada		Estado físico <sup>4</sup>	Efectos- Potenciales <sup>5</sup>					Programa de simulación empleado <sup>5</sup>	Zona de alto Riesgo	
		Masiva	Continua <sup>2</sup>	Cantidad <sup>3</sup>	Unidad <sup>3</sup>		C	G	S	R	N		X10 <sup>-5</sup>	X10 <sup>-6</sup>
													Distancia (m)	Distancia (m)
10	1	X	---	7,350.67	kg	Líquido	-	-			X	SCRI-FUEGO 1.4.1	(544.73) <sup>6</sup>	(925.95) <sup>6</sup>
17	2	X	---	23'850,000	L	Líquido					X	SCRI-FUEGO 1.4.1	(215.25) <sup>7</sup>	(399.15) <sup>7</sup>
18	3	X	---	81'885,000	L	Líquido	-	-	-	X		SCRI-FUEGO 1.4.1	(340.42) <sup>7</sup>	(630.27) <sup>7</sup>
23	4	X	---	1,120.36	kg	Líquido	-	-	-	X		SCRI-FUEGO 1.4.1	(183.30) <sup>6</sup>	(311.58) <sup>6</sup>
31	5	X	---	1,120.36	kg	Líquido	-	-	-	X		SCRI-FUEGO 1.4.1	(183.30) <sup>6</sup>	(311.58) <sup>6</sup>
40	6	---	X	63,000	L	Líquido					X	SCRI-FUEGO 1.4.1	(431.52) <sup>7</sup>	(797.98) <sup>7</sup>

<sup>1</sup> Estudio de falla y efecto (Hazop)

<sup>2</sup> Simulación de fuego de chorro

<sup>3</sup> 1.2.1. y 1.2.2. El almacenamiento (del apartado 1.2.Descripción detallada del proceso).

<sup>4</sup> Hojas de seguridad.

<sup>5</sup> SCRI- FUEGO Modelos de Simulación para Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones Versión

<sup>6</sup> Anexo. Resultados de la simulación efectuada por sobrepresión.

<sup>7</sup> Anexo. Resultados de la simulación efectuada por sobrepresión (nube explosiva)

Efectos potenciales:

(C) Catastrófico: Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con nivel de peligro (por ejemplo, gases tóxicos o inflamables, radiación térmica o explosión causada por sobrepresión) que puede causar efectos ecológicos adversos irreversibles o grave desequilibrio al ecosistema. Un efecto ecológico adverso irreversible es aquel que no puede ser simulado por los procesos naturales, o solo después de muy largo tiempo, causando pérdida o disminución de un componente ambiental sensible (por ejemplo, especies de la NOM-059-SEMARNAT-2010, tipos de vegetación amenazada, entre otros).

(G) Grave: Este evento puede afectar áreas extremas a los terrenos de la instalación con superficie nivel de peligros para causar efectos ecológicos adversos temporales. Un efecto ecológico adverso temporal es aquel que permanece un tiempo determinado, y disminuye la calidad o funcionalidad de un componente ambiental, siendo factible de atenuar con acciones de restauración o compensación.

(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. Un efecto ecológico adverso.

(R) Reparable: Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con suficiente nivel de peligros para causar efectos ecológicos adversos reversibles. Un efecto ecológico adverso reversible es aquel que puede ser asimilado por los procesos naturales a corto plazo.

(N) Ninguno: Este enveto no alcanza áreas externas a los terrenos de la instalación.

**Tabla 38. Criterios Utilizados.**

No. de Falla <sup>1</sup>	No de evento <sup>1</sup>	Toxicidad				Explosividad		Radiación Térmica <sup>2</sup>		Otros Criterios
		IDHL*	TLV <sub>8</sub> **	Velocidad del viento (m/seg)	Estabilidad	(psig)	(psig)	kw/m <sup>2</sup>	kw/m <sup>2</sup>	
10, 23 y 31	1,4 y 5	NA	NA	NA	NA	1	0.5	NA	NA	NA
17, 18 y 40	2, 3 y 6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5	1.4	NA

\*IDHL\*: Inminentemente peligrosa para la vida y la salud.

\*\*TLV<sub>8</sub>. Valor Umbral Límite.

<sup>1</sup> Estudio de falla y efecto (Hazop)

<sup>2</sup> Guía Estudio de Riesgo: Criterios para definición de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento (SEMARNATH).

## V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.

### V.1. FORMATOS DE PRESENTACIÓN.

#### V.1.1. Planos de localización.

##### Planos de localización.

ANEXO. PLANO ERA-1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO EN CARTA TOPOGRÁFICA.

ANEXO. PLANO ERA-2. USO DE SUELO Y COLINDANCIAS EN LA ZONA DE ESTUDIO.

ANEXO. PLANO ERA-3. RIESGO Y VULNERABILIDAD EN EL ÁREA DE ESTUDIO

ANEXO. PLANOS DE PROYECTO:

PLANO PLANTA GENERAL

PLANO ARR. GEN. SECC. DESC.

PLANO TUBERIA DE PROCESO.

PLANO RED CONTRA INCENDIO Y ARREGLO DE  
EQUIPOS (BOMBAS).

PLANO SECCIONES ARREGLO GENERAL LLENADERAS  
Y/O CARGA DE AUTO TANQUES.

PLANO RED CONTRA INCENDIO PLANTA GENERAL.

ÁREA DE CARGA Y DESCARGA  
(RED CONTRA INCENDIO EN LLENADERAS).

PLANO COBERTIZO DE BOMBAS CONTRA  
INCENDIO - SECCIONES E ISOMETRICO DE SISTEMA  
DE PRESION BALANCEADA.

V.1.2. Fotografías.

ANEXO. Archivo Fotográfico.

V.1.3. Videos.

ANEXO. En archivo electrónico.

V.2. OTROS ANEXOS.

ANEXO. 1. DOCUMENTACIÓN LEGAL

ANEXO. 2. MEMORIA TÉCNICA DE LA T.M.R.A. y E.P.B.C.

ANEXO 3. BASES DE DISEÑO TERMINAL DE ALMACENAMIENTO

ANEXO 4. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE LA T.M.R.A. y E.P.B.C.

ANEXO 5. DIAGRAMA RED CONTRA INCENDIO.

ANEXO 6. PLANOS DE PROYECTO T.M.R.A. y E.P.B.C.

ANEXO 7. PLANOS DE EVENTOS DE RIESGO SIMULADOS.

ANEXO 8. SIMULACIONES DE RIESGO T.M.R.A. y E.P.B.C.

ANEXO 9. HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD.

ANEXO 10. PLANO ERA-1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO  
EN CARTA TOPOGRÁFICA.

ANEXO 11. PLANO ERA-2. USO DE SUELO Y COLINDANCIAS EN LA ZONA DE ESTUDIO.

ANEXO 12. PLANO ERA-3. RIESGO Y VULNERABILIDAD EN EL ÁREA DE ESTUDIO.