ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL MODALIDAD ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL PROYECTO PACÍFICO MEXINOL EN TOPOLOBAMPO, SINALOA, MÉXICO



MARZO, 2022

MEXINOL

Contenido

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO 7

I.1. BASES DE DISEÑO 12

I.1.1. Proyecto civil 40

I.1.2. Proyecto mecánico 44

I.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO 55

I.2.1. Hojas de seguridad 80

I.2.2. Almacenamiento 82

I.2.3. Equipos de proceso y auxiliares 84

I.2.4. Pruebas de verificación 92

I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN 98

I.3.1. Especificación del cuarto de control 98

I.3.2. Sistemas de aislamiento 105

1.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes 114

I.4.3. Identificación y jerarquización de riesgos 129

I.4.4. Escenarios identificados 132

II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN 135

II.1.1. Programa de simulación 135

II.1.2. Criterios para definir las zonas de seguridad 135

II.1.3. Simulación de escenarios 136

II.2 INTERACCIONES DE RIESGO 141

II.2.1. Interacciones de riesgo 141

II.2.2. Medidas preventivas para la reducción de la ocurrencia de las interacciones de riesgo 155

II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL 156

III. MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL 164

III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS 164

III.1.1 Sistemas de seguridad 166

III.1.2 Medidas preventivas 177

III.I.2.1. Programa de mantenimiento 177

IV. RESUMEN 185

IV.1. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL 185
IV.2. RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO 188
IV.3. INFORME TÉCNICO 190
V. INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL 190
V.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN 190
V.1.1 Planos de localización 190

Tablas:

Tabla 1. Coordenadas del polígono norte
Tabla 2. Coordenadas del polígono sur
Tabla 3. Interferencias
Tabla 4. Normas y estándares aplicables al diseño de la instalación
Tabla 5. Presión de diseño
Tabla 6. Variables para el trabajo de cada eyector
Tabla 7. Materias primas, productos y subproductos
Tabla 8. Masa de gas natural contenida en la línea de suministro
Tabla 9. Características del Metanol
Tabla 10. Características del Cloro
Tabla 11. Tanques de almacenamiento
Tabla 12. Equipos de proceso y auxiliares
Tabla 13. Cargas de diseño por explosiones
Tabla 14. Metodologías de identificación de riesgos
Tabla 15. Categorías de Frecuencia
Tabla 16. Categorías de Consecuencias
Tabla 17. Nodos seleccionados para la identificación de riesgos
Tabla 18. Variables, palabras guía y desviaciones analizadas
Tabla 19. Escenarios de riesgo tipo B en planta y ducto y C en muelle
Tabla 20. Escenarios de riesgo
Tabla 21. Criterios para definir las zonas de alto riesgo y amortiguamiento
Tabla 22. Condiciones meteorológicas del sitio
Tabla 23. Estabilidad de Pasquill

Tabla 24. Datos de simulación
Tabla 25. Radios de afectación
Tabla 26. Escenario E01. Interacciones de riesgo
Tabla 27. Escenario E02. Interacciones de riesgo
Tabla 28. Escenario E03. Interacciones de riesgo
Tabla 29. Escenario E04. Interacciones de riesgo
Tabla 30. Escenario E05. Interacciones de riesgo
Tabla 31. Escenario E06. Interacciones de riesgo
Tabla 32. Escenario E07-1. Interacciones de riesgo
Tabla 33. Escenario E07-2. Interacciones de riesgo
Tabla 34. Escenario E07-3. Interacciones de riesgo
Tabla 35. Escenario E07-4. Interacciones de riesgo
Tabla 36. Escenario E08. Interacciones de riesgo
Tabla 37. Escenario E09. Interacciones de riesgo
Tabla 38. Escenario E10. Interacciones de riesgo
Tabla 39. Escenario E11. Interacciones de riesgo
Tabla 40. Escenario E12. Interacciones de riesgo
Tabla 41. Efectos sobre los componentes ambientales
Tabla 42. Recomendaciones técnico operativas
Tabla 43. Lista de regaderas de seguridad con lavaojos:
Tabla 44. Ubicación de detectores de gas
Tabla 45. Programa de mantenimiento
Tabla 46. Escenarios de riesgo identificados

Figuras:

Figura 1. Estados que conforman la República Mexicana
Figura 2. Localización del municipio de Ahome
Figura 3. Localización del proyecto
Figura 4. Sistemas tropicales
Figura 5. Ducto de metanol
Figura 6. Arreglo de las instalaciones en la planta
Figura 7. Arreglo de las instalaciones en el puerto

Figura 8. Modelo Geotécnico de la Zona- 1
Figura 9. Modelo Geotécnico de la Zona-2
Figura 10. Elevación y ubicación de NAF
Figura 11. Diagrama de bloques del proceso
Figura 12. Diagrama de flujo de proceso
Figura 13. Proceso de recuperación de vapores en el muelle
Figura 14. Diagrama representativo de la inyección de Cloro gas
Figura 15. Localización del cuarto de cloración en plano general
Figura 16. Doble bloqueo y venteo para sistemas de proceso
Figura 17. Bloqueo simple y venteo para sistemas de proceso
Figura 18. Bloqueo simple para aislamiento de recipientes a presión
Figura 19. Aislamiento de válvula de control con bypass
Figura 20. Aislamiento de válvula de control con bypass de doble bloqueo
Figura 21. Válvula de control en sistemas no esenciales (sin aislamiento)
Figura 22. Doble bloqueo para conexiones al sistema de drenaje cerrado
Figura 23. Arreglo para válvula de alivio simple de presión (PSV)
Figura 24. Arreglo para válvulas de alivio (PSV) con válvula de alivio de repuesto
Figura 25. Válvula de despresurización
Figura 26. Metodología de análisis de riesgos
Figura 27. Matriz de riesgo
Figura 28. Escenario E01. Fuga por orificio de 20% (4") de la brida de descarga del tanque de revisión de metanol 4101T001A-B
Figura 29. Escenario E02. Fuga por ruptura total (20") de la brida de descarga del tanque de revisión de metanol 4101T001A-B
Figura 30. Escenario E03. Fuga por orificio de 20% (4") de la brida de descarga del tanque de metanol fuera de especificación 4101T003
Figura 31. Escenario E04. Fuga por ruptura total (20") de la brida de descarga del tanque de metanol fuera de especificación 4101T003
Figura 32. Escenario E05. Fuga por orificio de 20% (7.2") de la brida de descarga del tanque de metanol producto 9531T001A-C
Figura 33. Escenario E06. Fuga por ruptura total (36") de la brida de descarga del tanque de metanol producto 9531T001A-C
Figura 34. Escenario E07. Fuga por ruptura total del ducto (28") de metanol (1 de 4)
Figura 35. Escenario E07. Fuga por ruptura total del ducto (28") de metanol (2 de 4)

Figura 36. Escenario E07. Fuga por ruptura total del ducto (28”) de metanol (2 de 4)
Figura 37. Escenario E07. Fuga por ruptura total del ducto (28”) de metanol (4 de 4)
Figura 38. Escenario E08. Fuga por orificio del 20% (2.4”) del brazo de descarga
Figura 39. Escenario E09. Fuga por ruptura total (12”) del brazo de descarga
Figura 40. Escenario E10. Fuga total de cilindro de cloro
Figura 41. Escenario E11. Fuga por orificio del 20% (1.9 mm) del tubing a eyector
Figura 42. Escenario E12. Fuga por ruptura total (9.52 mm) del tubing a eyector
Figura 43. Ubicación de conos de viento, regaderas de emergencia y de botiquines

Anexos:

Anexo 1. Localización del proyecto
Anexo 2. Arreglo general de la planta
Anexo 3. Hojas de datos de seguridad del metanol y del cloro
Anexo 4. Análisis HAZID
Anexo 5. Análisis HAZOP
Anexo 6. Memoria de cálculo de las simulaciones realizadas
Anexo 7. Zonas de alto riesgo y amortiguamiento
Anexo 8. Informe técnico

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

PACÍFICO MEXINOL, S. DE R.L. DE C.V., propone construir una unidad de producción de Metanol de 5,000 ton por día, la planta Pacífico MEXINOL ubicada en el Municipio de Ahome, dentro del Corredor industrial Los Mochis - Topolobampo, Sinaloa, México. El producto final de la planta, Metanol, se cargará en barcos en el Puerto de Topolobampo. El proyecto consiste en la construcción de una planta para la producción de metanol a partir de gas natural, el cual se transformará en un gas fraccionado en sus componentes principales, llamado Gas de Síntesis para la obtención de un subproducto rico en metanol que con una destilación final, se convertirá en metanol de alta pureza para su comercialización; este proceso de producción de metanol se detalla a continuación:

1. Proceso de Producción

El gas natural, suministrado por un proveedor de gas natural desde el gasoducto de TransCanada que corre adyacente al extremo noreste del sitio de la planta, es desulfurado, mezclado con vapor de agua y convertido en gas de síntesis sobre catalizadores dentro de un reformador a una condición dada de presión y temperatura. El gas reformado es una mezcla de gases muy calientes que luego son enfriados hasta alcanzar temperaturas ambientales. La mayor parte del calor contenido en el gas de síntesis es recuperado a través de la generación de vapor de agua, calentamiento de la sección de destilación de metanol crudo y el precalentamiento del agua desmineralizada que luego se convertirá en vapor de agua.

Además, el calor generado por el calentador de fuego directo es recuperado en el precalentamiento del gas de entrada, en la generación de vapor de agua y en su recalentamiento, así como también, para el calentamiento de aire de combustión. Una vez enfriado, el gas de síntesis es comprimido a la presión de síntesis antes de entrar en el bucle de síntesis. El bucle de síntesis consiste en un compresor de reciclaje, un intercambiador gas de entrada /efluente, el reactor de metanol, el enfriador final y el separador de metanol crudo.

El metanol crudo, que se condensa aguas abajo del reactor de metanol, se separa del gas que no reaccionó en el separador y se inyecta, a través de un tambor de expansión, al proceso de destilación

del metanol crudo. Finalmente, el agua remanente y pequeñas cantidades de otros subproductos formados en el proceso de síntesis y que están contenidas en el metanol crudo, son removidos al ser sometidos a un proceso de destilación, el cual permite extraer de este, el metanol liquido puro para su almacenamiento final.

Este proceso incluye la posibilidad de que el metanol, en la fase final, no haya alcanzado el nivel de pureza requerido, por lo que, en lugar de ser almacenado en los tanques de metanol puro, este se almacene en los tanques de metanol contaminado, el cual es inyectado posteriormente, como flujo de reciclo en una zona intermedia del proceso para su recuperación.

2. Almacenamiento de Metanol (Patio Tanque)

Esta unidad consta de tres tanques cilíndricos superficiales, construidos en acero al carbono para el almacenamiento de metanol liquido puro, con una capacidad de 52,000 m^3 cada uno y localizados en una zona adyacente y cercana a la planta de producción de metanol. Estos tanques están especialmente diseñados para evitar fugas de producto a la atmosfera e igualmente para minimizar la formación potencial de vapores; para ello, cada tanque posee un techo flotante interno y otro techo externo fijo. Cada tanque es apropiadamente conectado a tierra para evitar el peligro que podrían representar las descargas eléctricas estáticas. Por otro lado, el control y reducción de una posible ignición del producto, se logra a través de la inyección de nitrógeno gaseoso que se expande en todas las zonas libres de líquido, creando una atmosfera inerte dentro de cada tanque.

Adicionalmente, para prevenir situaciones de peligro, se incorporan sistemas de detección de fugas, otro para el monitoreo continuo de atmosferas toxicas, uno de supresión de incendios con espumas y un sistema de agua contra incendios. Para prevenir una expansión descontrolada en caso de derrame de metanol, el área de tanques está delimitada por barreras de contención apropiadamente sellada y con capacidad para contener el volumen total almacenado de un tanque más el 20% de su volumen, de acuerdo a la norma mexicana NOM-006-ASEA-2017.

3. El Embarque de Metanol

El embarque de metanol puro, como producto final de exportación, se hará a través de un ducto de veintiocho pulgadas (28”) de diámetro, que se instalará desde la zona de almacenamiento de metanol, hasta el puerto de Topolobampo con una longitud de aproximadamente 10.3 km y siguiendo una ruta subterránea que minimiza el impacto medioambiental.

LOCALIZACIÓN

México se encuentra en la región sur de Norteamérica. Comparte fronteras con los Estados Unidos al norte, Guatemala y Belice al sur, Océano Atlántico al Este y el Océano Pacífico al Oeste.

La República Mexicana está constituida por treinta y dos (32) entidades federales, una de las cuales es Sinaloa (donde se localiza el proyecto).



Figura 1. Estados que conforman la República Mexicana

El estado de Sinaloa se divide en 18 municipios: Choix, El Fuerte, Ahome (donde se localiza el proyecto), Guasave Sinaloa de Leyva, Mocorito, Angostura, Salvador Alvarado, Badiraguato, Culiacán, Navolato, Cósalá, Elota, San Ignacio, Mazatlán Concordia, Rosario y Escuinapa.

Municipio de Ahome

Con una superficie de 4003.56 kilómetros cuadrados ocupa el sexto lugar en dimensión a nivel estatal equivalente al 6.98% del territorio sinaloense y el 0.2% a nivel nacional.

Se localiza en la región más septentrional del estado a los 108°46' 00" y 109°27'00" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich y entre los paralelos 25°33'50" y 26°21'15" de latitud norte. Limita al norte con el Golfo de California y el estado de Sonora; limita al poniente y al sur con el Golfo de

California y al oriente con los municipios de Guasave y El Fuerte. Se encuentra localizado a 10 metros sobre el nivel del mar.



Figura 2. Localización del municipio de Ahome

La planta será construida en un área aproximada de 100 hectáreas como el primer proyecto de una zona industrial cercana a Topolobampo en la municipalidad de Ahome, Sinaloa, México. El predio está dividido por las vías del ferrocarril, en dos polígonos. Las coordenadas de cada polígono se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 1. Coordenadas del polígono norte

Lado		Rumbo	Distancia	V	Coordenadas	
EST	PV				X	Y
				1	2,839,181.237	698,068.410
1	2	N 26°40´54.29" E	1,304.121	2	2,840,346.488	698,654.005
2	3	N 49°44´02.03" W	115.023	3	2,840,420.832	698,566.237
3	4	S 51°37´47.29" W	1,043.624	4	2,839,773.013	697,748.019
4	1	S 28°25'53.15" E	672.941	1	2,839,181.237	698,068.410

Lado		Rumbo	Distancia	V	Coordenadas	
EST	PV				X	Y
Superficie: 418.782.81 m^2						

Tabla 2. Coordenadas del polígono sur

Lado		Rumbo	Distancia	V	Coordenadas	
EST	PV				X	Y
				5	2,839,149.083	698,085.819
5	6	S 28°25´53.15” E	933.855	6	2,838,327.862	698,530.434
6	7	N 19° 45´11.18” E	606 .514	7	2,838,898.688	698,735 .416
7	8	N 12°'34´26.89” W	1,094.807	8	2,839,967.236	698,497.074
8	5	S 26° 41´12.97” W	915.699	5	2,839,149.083	698,085.819
Superficie: 528,289.71 m^2						

La localización del proyecto se muestra en la siguiente figura y el plano correspondiente se presenta en el **Anexo 1**.

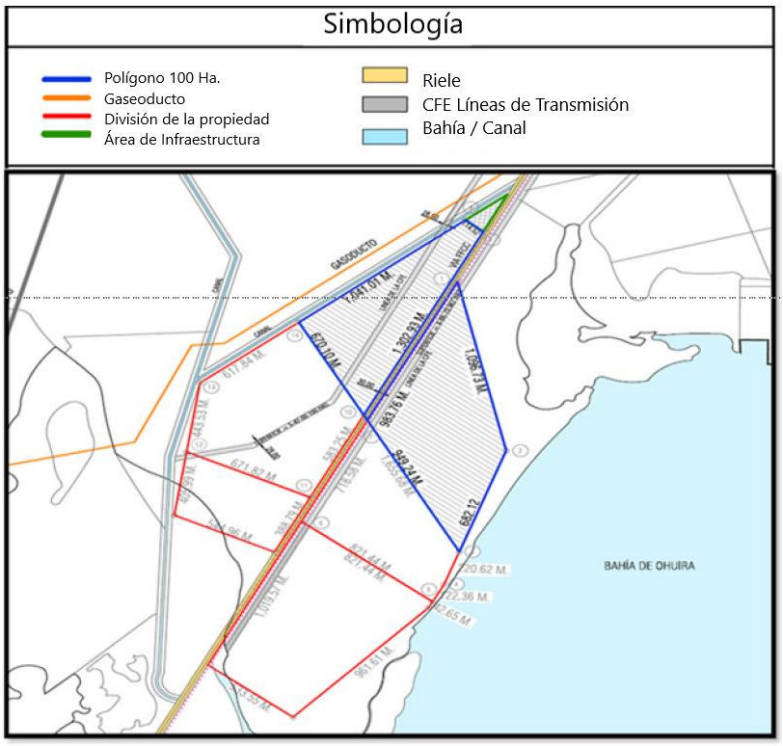


Figura 3. Localización del proyecto

I.1. BASES DE DISEÑO

A. Características del sitio y susceptibilidad a fenómenos naturales y efectos meteorológicos adversos

A continuación, se describen las características del sitio y la susceptibilidad de la zona a fenómenos naturales y efectos meteorológicos adversos

- **Orografía**

El terreno en general es plano con presencia de serranías de poca elevación; al noroeste se encuentra la Sierra San Pablo o Balacachi que viene del Fuerte y al sudeste se encuentra la Sierra Navachiste que se prolonga hasta la Bahía de Topolobampo, teniendo su altitud más importante dentro del territorio municipal el Cerro de Visvi frente a Higuera de Zaragoza; esta serranía separa a las bahías de Navachiste y Ohuira y a las de Navachiste y San Ignacio. El desvanecimiento de la Sierra de Álamos determina la existencia de cerros aislados como el de Terome, Cocodrilo, Baturi, Memoria, Batequis, Tescuga y Oteme, que no sobrepasan los 300 metros sobre el nivel del mar.

- **Hidrografía**

El río Fuerte es uno de los más importantes recursos hidrológicos de la vertiente del Pacífico Norte; su origen se localiza en la Sierra Tarahumara y penetra al municipio por su parte oriental recorriéndolo de noroeste a sudoeste, desde San Miguel Zapotitlán pasando por Higuera de Zaragoza para desembocar en el Golfo de California. Su área de cuenca, estimada por la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, es de 33 mil 590 kilómetros cuadrados y escurre un volumen de agua promedio de 4,838 millones de metros cúbicos.

- **Fisiografía**

El Municipio de Ahome se ubica en la provincia fisiográfica Llanura Costera del Pacifico que se caracteriza por un predominio de planicies de pendientes suaves que descienden hacia la costa del Golfo de California. Con una subprovincia fisiográfica Llanura costera y delta de Sonora y Sinaloa

cuyas características distintivas son la asociación de llanuras con ciénagas, zonas salinas, dunas, playas y/o barras de arena.

Su configuración se constituye básicamente con la presencia de los valles agrícolas de El Fuerte y El Carrizo, además de la presencia de sierras secundarias de escasa elevación, como la sierra de Barobampo con 520 metros de altitud, en el sur se encuentra la pequeña serranita de Navachiste (de este a oeste), que forman las bahías de Topolobampo.

La ciudad de Los Mochis forma parte de la Llanura Costera y se encuentra rodeada por valles agrícolas, observándose sólo el cerro de La Memoria como elevación principal.

- **Geología**

El 98.48% (4,276 km^2) de superficie del Municipio de Ahome, proviene de la era del Cenozoico, de los periodos cuaternario y terciario, con depósitos principalmente de aluvial y rocas ígneas intrusivas y extrusivas; el 0.18% (781.5 km^2) de la superficie proviene del Mesozoico de los periodos cretácico y jurásico, el 0.07% (3.03 km^2) de la era del paleozoico y el 3.27% (138.7 km^2) de otro no definido. Los 53.28 km^2 de la superficie total de la mancha urbana de Los Mochis corresponde a una composición geológica donde destacan las rocas de la era cenozoica del periodo cuaternario.

Su localización de acuerdo a la regionalización sísmica corresponde mayormente a la zona sísmica tipo “C”, el cual indica que existe una baja frecuencia de sismos, aunque sus intensidades se pueden considerar como de medio a alto.

- **Geomorfología**

Con una superficie territorial de 4, 342 km^2, el municipio de Ahome se compone en mayor proporción por una zona de llanura deltaica donde se localizan topoformas como bermas, barras, cubetas de decantación, lagunas, playas y llanuras, todo esto en el centro del municipio, dicha zona comprende 1,152.37 km^2 que representa el 26.54% del territorio municipal abarcando en su totalidad la mancha urbana de Los Mochis.

Hacia el norte de Ahome, predomina la llanura costera abarcando un área de 280.057 km^2 que equivale al 6.45% del territorio total y con un 5.25% se encuentra la llanura costera con lomerío cubriendo un área de 228.102 km^2; en toda la zona litoral se hace presente la llanura costera con

ciénagas salinas con un 23.57%, que expresado en cantidad equivale a 1,023.541 km^2 y aledaño a esta se encuentra la playa con un predominio del 1.71 % que equivale a 74.355 km^2 del territorio total; en la zona sur del municipio se hace presente la sierra baja de laderas escarpadas con llanuras cubriendo un área de 143.951 km^2 que representa el 3.31%, y junto a esta sierra se encuentra la sierra baja de laderas escarpadas con solo el 1.58 % que equivale a 68.708 km^2.

- **Edafología**

Los suelos dominantes en el municipio de Ahome son: 1,248.3 km^2 que corresponden al 28.75% de la superficie municipal se compone de vertisol crómico; 1,078.1 km^2 que corresponden al 24.83% está compuesto por Solonchak ortico; 809.8 km^2 que representan el 18.65% se compone de xerosol háplico y 667.3 km^2 que representan el 15.37% se compone de regosol eútrico, en menores porcentajes se encuentran litosol con 5.79% (251.1 km^2), yermosol háplico con 1.87% (81.2 km^2), y Fluvisol eútrico con 1.07% (46.5 km^2).

- **Hidrología**

Ahome dispone de uno de los recursos hidrológicos más importantes de la vertiente del Pacífico Norte, el Río Fuerte, cuyo origen se localiza en las estribaciones de la Sierra Tarahumara en el Municipio de Guadalupe y Calvo del Estado de Chihuahua. El Río Fuerte penetra al municipio por su parte oriental en las cercanías de la localidad de San Miguel Zapotitlán y continúa su recorrido orientándose de este a oeste hasta llegar a las inmediaciones de Higueras de Zaragoza donde cambia su rumbo hacia el suroeste para descargar sus aguas en el Golfo de California.

En el municipio confluyen 3 cuencas hidrográficas Estero de Bacorehuis, Río Fuerte y Bahía de Lechuguilla-Ohuira-Navachiste, la primera se divide en 3 subcuencas, de las cuales, sólo la subcuenca Estero de Bacorehuis pertenece al municipio de Ahome, las otras dos pertenecen al Estado de Sonora; la segunda cuenca se divide en 14 subcuencas, de las cuales sólo Río Fuerte-San Miguel pertenece a Ahome y el resto se distribuyen al noreste de Sinaloa y al sur de Chihuahua y Sonora; y la tercera cuenca dividida en 3 subcuencas, Bahía de Lechuguilla, Bahía de Ohuira y Bahía de Navachiste, las cuales convergen en Ahome, pero las últimas dos son compartidas con el municipio de Guasave y Sinaloa de Leyva.

- **Climatología**

El municipio de Ahome tiene un clima clasificado como húmedo y cálido, debido a que el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es el organismo que se encarga de investigar y proporcionar este tipo

de información para que todos puedan conocer datos elementales de cada lugar en el país. En este caso, los registros hechos durante muchos años, muestran que en la actualidad Ahome presenta una temperatura media anual de 25ºC la mayor parte del año, y una temperatura mínima anual de 17ºC y máxima anual de 33ºC.

La época más calurosa se presenta a partir del mes de Junio a Septiembre, tiempo en el que el gobierno municipal ofrece información importante relacionada con los cuidados que todos deben de tener para enfrentar el calor y evitar enfermedades, lo cual se debe a que generalmente se llegan a presentar temperaturas máximas de 42.5ºC y llegan a incrementarse hasta 50.5ºC, por lo que en la época mencionada se recomienda extremar precauciones en personas de todas las edades, principalmente menores de edad y personas de la tercera edad porque son más vulnerables a enfermarse o sufrir algún daño por el elevado calor en Ahome.

De acuerdo a cada estación del año, la temperatura se define con algunas variantes, por ejemplo, en primavera llega a ser entre 12ºC a 17ºC; en verano es de 22ºC a 25.1ºC; en otoño generalmente es de 24.5ºC a 15ºC, y en invierno varía de 11ºC y hasta 18ºC, con algunas variaciones cada año. Esto se debe al cambio climático que está presente en todo el mundo, por lo cual es algo que influye en todos los ecosistemas, y por consiguiente, también se refleja en el clima y ambiente de cada lugar.

En cuanto a la época de lluvias, el SMN indica que existe una precipitación que va de 96 mm, 166 mm y hasta 400 mm; tiene un un porcentaje de lluvia invernal que va de 5 al 10% del total anual, habiendo días de lluvia leve y moderada, y otros que son más abundantes porque llega a llover durante muchas horas en el día. Normalmente, en el estado de Sinaloa se presentan lluvias intensas en junio y julio que corresponde al verano, y esto es algo que se presenta en la gran mayoría de los estados de la República Mexicana, esto con base a los datos obtenidos del SMN.

- **Temperatura**

  Los meses de junio a septiembre se identifican por presentar las temperaturas más altas a lo largo del año, alcanzando temperaturas medias de 32°C en el mes de Julio; las temperaturas templadas se presentan en los meses de marzo a mayo y de octubre a noviembre con temperaturas medias que van de los 22 a los 29°C; y por último, las menores temperaturas se presentan en el periodo de diciembre a febrero con temperaturas medias de 19.3°C en el mes de enero.

- **Precipitación Pluvial**

Típicamente, debido al clima seco de la región, en la mayor parte del año hay ausencia de lluvias, la presencia de estas ocurre principalmente entre los meses de julio y octubre, en los que ocasionalmente hay formación de tormentas y huracanes de gran intensidad, como parte de los fenómenos estacionales. A excepción de las precipitaciones provocadas por estos fenómenos, el promedio de lluvia anual se mantiene bajo; no obstante, cabe mencionar que en los registros de los últimos 11 años de CONAGUA durante el periodo 2004 se produjeron inundaciones que afectaron a gran parte de la ciudad, con una precipitación anual total de 620.5 mm, lo mismo sucedió en el año 2008 con 584 mm, superando a la precipitación total media anual de 357.7 mm, según las Normales Climatológicas 1981-2010.

- **Vientos**

Los vientos dominantes que inciden en la ciudad a lo largo del año, de acuerdo con SENEAM2 varían de Poniente 240° a 270° (dirección dominante al Sureste) y una transición entre 5 y 14 nudos (10-25 Km/h).

- **Fallas y fracturas**

En el municipio de Ahome existen dos zonas asociadas con movimientos tectónicos, la primera se encuentra al noroeste del municipio, cercano a la localidad de San Miguel Zapotitlán e Higuera de Zaragoza; otra al sur del municipio colindante con las Bahías de Ohuira y Topolobampo, ambas zonas son producto de la existencia de la unión de las placas tectónicas que forman la falla del pacífico. La presencia de estas zonas no representa riesgo para la población, dado su distanciamiento con la ciudad, así mismo, no hay localidades ni estructuras lineales vitales (carreteras, líneas de ferrocarril) que puedan verse en peligro por algún deslizamiento.

De igual manera, a pesar de las características del suelo limoso y arenoso a nivel del manto freático de la región, no se han presentado efectos de licuefacción del suelo, desplazamientos o sismos producto de las fallas.

La presencia de la Falla de Tamayo en la parte sur del Golfo de California, representa el principal origen de los sismos que se originan en la región.

- **Sismos**

Para determinar el nivel de peligro sísmico al cual se enfrenta la población de esta región, se utiliza la siguiente metodología:

- **Identificación de la zona sísmica correspondiente**: Consiste en la localización de la zona de estudio dentro de la "Carta de Regionalización Sísmica de la República Mexicana de CFE", la cual divide al país en cuatro zonas de actividad sísmica, delimitadas por la frecuencia y la aceleración máxima del terreno, presentando la escala de A, B, C y D, donde la zona A es la de menor frecuencia sísmica y la de mayor es la zona D.
- **Registro de eventos sísmicos:** Consiste en consultar eventos sísmicos efectuados en un radio de 215 Km alrededor de la zona, del banco de datos del Servicio Sismológico Nacional, con registros de 1973 a la fecha, para documentar información que permite marcar tendencias sobre frecuencia de ocurrencia, magnitudes y ubicaciones de epicentros.
- **Ubicación de la zona de estudio en mapas de aceleración para periodos de retorno de 10, 100 y 500 años:** Con el objetivo de conocer la probabilidad de ocurrencia de un evento extraordinario en distintos espectros de tiempo, mediante la utilización del PSM (Programa Sísmico en México 1996). Además, identificar las relaciones de atenuación con relación a tres percentiles de transmisión de fuerza sísmica, 16, 50 y 86% como determinantes de la aceleración según las características del suelo y la distancia del epicentro.

De acuerdo al mapa de Regionalización Sísmica de México, el municipio de Ahome se ubica entre las zonas "C" y "B", principalmente C, por lo cual la actividad de los sismos es frecuente, aunque estos no superen los 7° Richter de Magnitud.

De acuerdo a esta información, en la Entidad se tienen tres de las cuatro zonas sísmicas de la República Mexicana: B, C y D, en donde la ocurrencia de sismos es mayor hacia la línea de costa y disminuyendo los eventos sísmicos conforme el terreno se adentra al continente, en términos de la actividad sísmica nacional registrada. El oriente del estado se considera una zona sísmica de baja actividad. La parte central del estado está catalogada como una zona de actividad sísmica moderada. La zona poniente de la entidad está clasificada como de alta sismicidad.

- **Tsunamis y maremotos**

En los últimos 50 años, en las costas cercanas a la zona de Ahome no se han suscitado efectos de un Maremoto o Tsunami, el ultimo se registró el 22 de mayo de 1960 un evento apenas perceptible en el puerto de Topolobampo, cuyos efectos también se manifestaron en Ensenada, La Paz, Guaymas, Mazatlán, Acapulco y Salina Cruz; un Tsunami con olas de una altura máxima de 0.2 m consecuentes

de un sismo con magnitud de 8.5° Richter con epicentro ubicado en las coordenadas 39.5° latitud Sur y 74.5° longitud oeste, próximo a las costas de Chile (CENAPRED, 2001).
El Grafico de "Peligro por Tsunami" de CENAPRED, muestra que la zona costera próxima a Ahome se ubica en una zona receptora de Tsunamis lejanos, esto indica que estos fenómenos se originan a más de 1000 km de distancia y se considera que la altura de olas máxima esperable es de 3 m.

- **Vulcanismo**

En los registros de CENAPRED no se identifican en la zona indicios de actividad volcánica. Los cuerpos volcánicos más cercanos a la zona de Ahome son: el volcán Pinacate en el Noroeste de Sonora ubicado a aproximadamente 800 km de la ciudad, el cual se encuentra inactivo hace más de 10 mil años; el volcán Sanganguey ubicado al Sur de Nayarit a más de 700 km de la localidad, el cual presentó una última erupción en 1742 y el volcán Tres Vírgenes ubicado al norte de Baja California Sur a aproximadamente 450 km de la ciudad, inactivo hace más de 8 mil años; por lo tanto, cualquier actividad que esto cuerpos puedan registrar, no representa un peligro para la región. De acuerdo a lo anterior se puede determinar que Ahome presenta un muy bajo riesgo ante cualquier actividad volcánica.

- **Deslizamiento y Derrumbes**

Existen diversas formas mediante las cuales se inicia un deslizamiento o un derrumbe, la principal es "la presencia o ausencia de agua", según el tipo de formación geológica involucrada, otro factor es la presencia de taludes naturales potencialmente inestable, de manera que los movimientos y los colapsos se pueden iniciar con facilidad. A pesar que dentro de la zona de Ahome hay presencia de formaciones montañosas, estas no presentan características de inestabilidad debido a su composición geomorfológica y no se tienen registros de fenómenos de deslizamiento o derrumbes en las inmediaciones, por lo que este tipo de fenómenos no representan peligro para la región.

- **Hundimientos**

De acuerdo a reportes de CENAPRED, los hundimientos pueden afectar todo tipo de superficies, y generalmente son originados por cambios tensionales inducidos en el terreno por descenso del nivel freático; en la zona no se explotan mantos acuíferos subterráneos, y tampoco se tiene registro de este tipo de fenómenos, por lo que los hundimientos no constituyen un peligro para la región. La zona susceptible a hundimientos más cercana a la zona de Ahome, se localiza en la región Sur del Estado

de Durango, a más de 450 km de la localidad; lo que permite determinar que la zona de Ahome presenta un Muy Bajo Riesgo ante Hundimientos.

- **Erosión**

Las características geomorfológicas y fisiográficas, tales como la pendiente del suelo y la lejanía con grandes extensiones de superficies elevadas, así como la composición del suelo, son elementos que han evitado la erosión de la superficie de la zona de estudio, sin embargo, en las zonas agrícolas, la quema constante de esquilmos, así como el cultivo intensivo está propiciando la erosión del suelo agrícola (Departamento de Imagen Urbana y Medio Ambiente, 2011).

A Nivel Nacional, el estado de Sinaloa presenta un grado Intermedio de deterioro del suelo, asociado a las prácticas agrícolas antes mencionadas. Por otro lado, el proceso de erosión del suelo agrícola pudiese representar un foco rojo para las actividades económicas de la región en un plazo de tiempo no determinado.

- **Sistemas Tropicales**

Para valorar el nivel de peligro a causa de los sistemas tropicales en la zona de estudio, se consideraron como determinantes de estudio:

  - **La incidencia de estos eventos sobre el territorio nacional.**
  - **El registro histórico local de los eventos y su caracterización,** tomando en cuenta su fecha de ocurrencia, intensidad y efectos
  - **Estimar los Periodos de retorno**, con el objetivo de conocer el tiempo probable de repetición y la máxima intensidad de los vientos, a partir de la utilización del Cálculo de Probabilidades de CENAPRED y del método de Gumbel.

De acuerdo al “Mapa Mundial de Fenómenos Climáticos”, México se encuentra en una región altamente expuesta, esto significa que existe la tendencia a presentar alrededor de 3 fenómenos tropicales o más durante el año, en una temporada de actividad comprendida entre el 15 de mayo y el 30 de noviembre aproximadamente.

Ante la presencia de los Huracanes Lane, Henriette, Norbert y de la Tormenta Lowell, el municipio de Ahome fue declarado por CENAPRED en estado de Emergencia; y al paso del Huracán Henriette

y la Tormenta Lowell, CENAPRED declaró al municipio como zona de Desastre por la dimensión de los efectos ocurridos.

De acuerdo a los datos históricos mencionados, se generó el Gráfico "Sistemas Tropicales" (Ver Gráfico), en el que se describen brevemente de un total de 41 eventos registrados en los últimos 30 años, la intensidad máxima de sus vientos y la intensidad con la que impactaron la zona de Ahome.

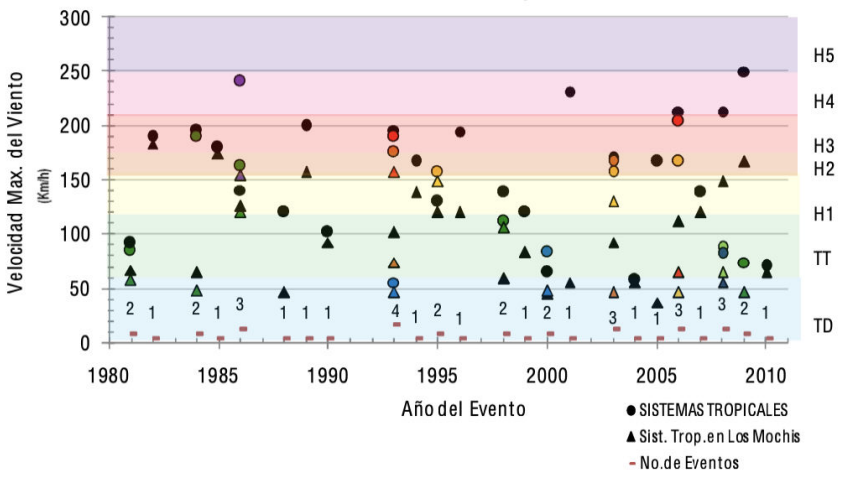


Figura 4. Sistemas tropicales

Con estos datos se observa que la frecuencia de que afecten huracanes en la zona es del 23% para categoría H1 y del 13% para categoría H2, principalmente en el mes de septiembre, con una velocidad de vientos promedio de 107 km/h; y la frecuencia de tormentas tropicales es del 30% y del 35% para Depresiones Tropicales, principalmente en el mes de septiembre, con una velocidad promedio de vientos de 56.95 km/h.

- **Tormentas Eléctricas**

Se tienen muy pocos registros de tormentas eléctricas en la zona, debido a las características geográficas y a las condiciones climáticas de la región, sin embargo, fuentes no oficiales reportaron que el 4 de febrero de 2010, se presentó en Los Mochis, como un fenómeno anormal, con lluvias torrenciales de 21 milímetros y tormentas eléctricas con la presencia de granizo, sin daños registrados; por lo tanto, este tipo de fenómenos no constituyen peligro para la región.

El Grafico "Promedio Anual de días con Tormentas Eléctricas en México" del Atlas de México 2007 (Instituto de Geografía, UNAM, 2007) indica que el número de días promedio para que se presente

este tipo de fenómenos en la localidad va de 1 a 9 días al año. Por lo tanto, se puede determinar que la región presenta un Bajo Riesgo ante la presencia de Tormentas Eléctricas.

- **Sequias**

Definida como el déficit de precipitación, la sequía en los últimos años ha adquirido una gran relevancia por los daños que ocasiona, superando con frecuencia a otros fenómenos hidrometeorológicos, y aunque tradicionalmente se le ha considerada como un riesgo de carácter agrícola, es viable una evaluación desde la perspectiva urbana, pues se ha convertido en la principal amenaza que tendrá la población en los próximos años.

A fin de determinar el nivel de peligro ante el fenómeno de la Sequía en la región estudiada, se utilizaron los siguientes parámetros de valoración:

- **Registro histórico de sequía en la localidad:** Consiste en consultar información histórica de sequía en la localidad, a partir de los registros de instituciones de monitoreo, tales como el Monitor de Sequias de América del Norte, CONAGUA y CENAPRED, con la finalidad de detectar la caracterización del fenómeno.
- **Estimación del índice de severidad.** Consiste en clasificar la vulnerabilidad de una localidad ante la sequía meteorológica.
- **Cálculo del Periodo de retorno.** Se realizó para conocer las proyecciones futuras de la sequía en la zona, calculando los periodos de retorno para 5, 10, 25 y 50 años con la metodología de Gumbel.
- **Identificación de Sequia Intraestival.** Consiste en la valoración del ciclo de lluvias de la localidad, a fin conocer su comportamiento y el posible cambio en las condiciones del clima.

Los meses con mayor frecuencia de sequía son: noviembre, agosto y el periodo de febrero-junio. Por lo tanto, la clasificación dominante de sequía, así como el mapa de peligros de CENAPRED de la República Mexicana, ubica a la región sobre una zona de peligro Medio ante el fenómeno de la sequía. La base de datos sobre declaratorias de emergencias de desastre y contingencia climatológica de CENAPRED, de las 165 declaratorias que registró el estado de Sinaloa, solo 13 corresponden al municipio de Ahome y dentro de estas, sólo 2 sequías se hicieron presentes y son las que ocurrieron en los meses de Mayo y Noviembre de 2002, ambas fueron consideradas “Sequías atípicas”, por lo

que el municipio recibió apoyo federal para combatir los daños por parte del FONDEN (Fondo de Desastres Naturales).

Por otra parte, se evaluaron los datos de precipitación acumulada anual en un periodo de 30 años utilizando el Porcentaje de Precipitación Normal (PPN), el cual es la relación porcentual existente entre la precipitación acumulada en un año y la media anual de las precipitaciones; se concluye que durante los años registrados con déficit Intenso de precipitación fueron durante 1988, 1999 y 2000.

De acuerdo al análisis anterior, es factible concluir que la región presenta un Riesgo de nivel Medio por la presencia de Sequías.

- **Temperaturas Máximas Extremas**

Para valorar el nivel de peligro que presenta la región ante la presencia de Temperaturas Máximas Extremas en la localidad, se analizaron los siguientes parámetros:

  - **Registro de varias décadas de Temperaturas Extremas Mensuales.** Para conocer la evolución de las Temperaturas Máximas Extremas en la región.
  - **Determinación de los Periodos de Retorno.** Con el fin de obtener la magnitud de las Temperaturas Máximas Extremas que tendrá la región en determinados periodos de tiempo.

De acuerdo a los Datos Normalizados del Sistema Meteorológico Nacional, la región presenta durante los meses de mayo a octubre temperaturas máximas extremas que superan los 40 °C y alcanzan los 48 °C, mientras que durante los meses "templados" de noviembre y hasta abril, las temperaturas máximas extremas registradas han sido desde 36 y hasta 40 °C. Y según la base de datos del "Atlas Climático Digital de Riesgos" elaborado por Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM en conjunto con el Sistema Meteorológico Nacional, se registra al mes de julio como el que presenta mayor incidencia de temperaturas máximas extremas.

El incremento de las altas temperaturas en la localidad, son producto de la presencia de masas de aire cálido en la atmósfera; sobre el noroeste de México se concentra la masa Tropical Continental (cT), la cual se caracteriza por provocar vientos cálidos y secos, frentes, altas temperaturas, aire caliente, lluvias débiles y neblina.

De acuerdo al análisis anterior, es factible concluir que la región presenta un nivel de Riesgo Muy Alto por la presencia de Temperaturas Máximas Extremas.

- **Heladas**

Pocos son los registros que se tienen de este fenómeno en la región, sin embargo, debido a los cambios del clima en los últimos años, el 3 y 4 de febrero de 2011, después de 59 años se registra en la región este evento presentando temperaturas menores a 1° *C* (Aeropuerto de Los Mochis, 2011). Por lo que el Diario Oficial de la Federación reportó al municipio de Ahome en estado de Emergencia, y en octubre del mismo año, SAGARPA declaró al municipio en estado de Desastre, en la contingencia sólo se registraron enfermedades respiratorias entre la población, sin embargo, las bajas temperaturas destruyeron predios completos de cultivo en todo el Estado, ocurriendo daños en 584 mil de las 746,797 hectáreas del ciclo otoño-invierno, tan sólo en Sinaloa, las pérdidas superaron los 20 mil millones de pesos.

De acuerdo al Gráfico "Frecuencia de Heladas en México" del Atlas de México 2007 (Instituto de Geografía, UNAM, 2007), la región es "Libre de Heladas", así mismo, este muestra una zona próxima con bajo potencial de heladas (de 1 a 60 días con heladas al año) ubicada al norte-nororiente del Estado de Sinaloa, a una distancia aproximada de 100 km de la localidad, además de una zona con alto potencial de heladas (mayor a 120 días al año) ubicada en las zonas altas de Durango y Chihuahua, a más de 200 km al noreste de la localidad. Lo anterior determina que la región presenta un Muy Bajo Riesgo ante la presencia de Heladas**.**

- **Granizo**

En la región son muy pocos los registros de granizadas, debido a las características climáticas de la zona; sin embargo, fuentes no oficiales reportaron pocos eventos durante los últimos años.

El Gráfico "Granizadas en México" del Atlas de México 2007 (Instituto de Geografía, UNAM, 2007), indica que, en la región, el número de días promedio anual con granizadas es de 0 a 1, de igual manera se identifica una zona propensa a granizadas por más de 2 y hasta 5 días continuos, ubicada en la zona sur de Chihuahua a más de 230 km al oriente de la de la localidad. Por lo que se determina que la región presenta un Muy Bajo Riesgo ante la presencia de Granizo.

B. Instalaciones

La planta estará conformada por las siguientes instalaciones:

1. Línea de suministro de gas natural

El suministro de gas natural será proporcionado por la empresa TC energía (TransCanada) y entregado a la presión y flujo requerido por Pacífico MEXINOL. Consiste de una línea de tubería de dieciséis pulgadas (16") de diámetro que irá desde el punto de interconexión con la línea matriz de TC Energy hasta una estación de medición y control del gas entregado. Se estima que la línea de tubería tendrá una longitud aproximada de 20 metros y sus condiciones operacionales serán:

- Presión ~ 32.4 barg (470 psig)
- Flujo~ 130 ton/h
- Temperatura~ 30 °C

Es importante señalar que este gasoducto y la estación de medición, son propiedad y serán operados por TC Energy; quien sera responsable de obtener todos los permisos correspondientes.

2. Edificios

El desarrollo de edificaciones dentro del proyecto prevé la construcción de varios tipos de edificaciones civiles llamadas a satisfacer las necesidades operacionales y administrativas de la planta Pacífico MEXINOL. Los edificios considerados son los siguientes:

- El edificio principal administrativo: Consiste de oficinas aptas para proveer acomodo para todo el personal, los mobiliarios, las herramientas y los equipos necesarios para ejecutar actividades de gerencia y administración de las facilidades.
- La sala principal de control: Es un edificio de uso exclusivo del personal de operaciones y para el control de los procesos. En él se incluyen, la instalación del sistema de control distribuido (DCS), el sistema de emergencia (ESD), el sistema de monitoreo general de la planta (CCTV), el sistema de control de fugas y detección de incendios (F&G), el sistema de interface humano con la planta (HMI); entre otros sistemas.
- El almacén: Es un edificio tipo nave industrial para el almacenamiento seguro y controlado de los materiales y piezas de intercambio de los equipos operativos. Dentro de este se dispone de un área dedicada a oficinas para acomodar al personal dedicado a la gerencia de la gestión de materiales.

- El taller: Es una edifico tipo nave industrial en cuyo interior se disponen de herramientas, equipos y maquinas necesarias para la apropiada gerencia de la gestión de mantenimiento de las facilidades.
- El laboratorio: Es un edificio equipado con los medios necesarios para llevar a cabo experimentos, investigaciones o trabajos de carácter científico o técnico asociados al proceso de producción de metanol y su optimización. Este se diseñará para estar integrado a la sala principal de control.
- Casa de guardias: Esta es una edificación básica para acomodar al personal de seguridad de las instalaciones y llevar a cabo actividades de control de acceso, tráfico vehicular y de personal.
- Estación de bomberos: Es una edificación preparada y con suficiente espacio y mobiliario para almacenar los equipos, herramientas, maquinarias y utensilios necesarios para la lucha contra los incendios y manejo de situaciones de emergencia, el equipo de protección del personal, extintores de fuego y otro equipo de extinción. Este edificio debe contar con instalaciones para reuniones, entrenamiento de personal y ser diseñado de acuerdo a las normas aplicables.
- Centro de Control de Motores (MCC): Son edificios donde se instalan los equipos electrónicos y eléctricos necesarios para controlar los motores eléctricos de las facilidades. Consiste en múltiples secciones cerradas que tienen un bus de energía común y cada sección contiene un arrancador combinado, que a su vez consiste en un arrancador de motor, fusibles o disyuntor y desconectador de energía. Un centro de control de motores también puede incluir botones pulsadores, luces indicadoras, variadores de frecuencia, controladores lógicos programables y equipos de medición.

3. Almacenamiento de metanol (Patio de Tanques)

Para el almacenamiento de metanol liquido puro se contará con tres tanques cilíndricos superficiales; con una capacidad de 52,000 m^3 cada uno. Estos tanques están especialmente diseñados para evitar fugas de producto a la atmosfera e igualmente para minimizar la formación potencial de vapores; para ello, cada tanque posee un techo flotante interno. Cada tanque es apropiadamente conectado a tierra para evitar el peligro que podría representar descargas eléctricas estáticas.

4. Líneas de metanol y de retorno de vapores

La ruta subterránea para los ductos del proyecto, tendrá una longitud aproximada de 10.3 km desde la zona de almacenamiento de metanol hasta el puerto de Topolobampo, donde se construirán las facilidades portuarias de carga de metanol. El ducto de metanol tendrá un diámetro de veintiocho

pulgadas (28”) y de manera paralela, se instalará un ducto con un diámetro de ocho pulgadas (8”) para el retorno de los vapores recuperados en la unidad de VRU durante el proceso de carga de metanol. La distancia de separación entre los dos ductos es 2 metros. En la siguiente figura se muestra la ruta seguida por ambos ductos.



Figura 5. Ducto de metanol

Las interferencias a lo largo de la trayectoria del ducto de metanol, se indican en la siguiente Tabla.

Tabla 3. Interferencias en el trayecto del ducto de Metanol

No.	Pk	Coordenadas		Descripción	Tipo de colocación
		X	Y		
1	0+804.27	697224.41	2839142.81	Canal de concreto	Corte abierto (enterrado)
2	0+845.89	697195.41	2839112.95	Carretera secundaria	
3	0+874.41	697175.52	2839092.52	Canal	
4	1+323.64	696841.9	2838807.56	Canal	
5	1+453.15	696715.35	2838780.02	Agua de escorrentía	

No.	Pk	Coordenadas		Descripción	Tipo de colocación
		X	Y		
6	1+746.23	696428.97	2838717.69	Corriente de agua	
7	2+368.88	696121.82	2838279.86	Corriente de agua	
8	3+723.02	696049.78	2836933.01	Carretera secundaria	
9	4+049.20	695853.86	2836712.4	Carretera secundaria	
10	5+231.69	695862.14	2835534.89	Camino pavimentado	Perforación
11	5+240.49	695862.26	2835526.09	Línea eléctrica	
12	5+494.29	695865.93	2835272.32	Carretera secundaria	Corte abierto (enterrado)
13	5+780.26	695860.72	2834988.3	Carretera secundaria	
14	5+849.56	695833.24	2834924.68	Camino pavimentado	Perforación
15	6+293.16	695658.33	2834517.02	Inicio de laguna	Corte abierto
16	7+378.57	695107.51	2833614.51	fin de laguna	
17	7+448.17	695097.54	2833546.11	Camino pavimentado	Corte abierto (enterrado)
18	7+462.83	695096.35	2833531.5	Línea eléctrica	
19	7+564.70	695097.8399	2833431.621	Ferrocarril	Perforación
20	8+287.92	695107.14	2832712.96	Ferrocarril	Perforación
21	8+301.75	695096.17	2832704.54	Camino pavimentado	
22	8+327.98	695075.23	2832688.75	Línea eléctrica	
23	9+687.93	694721.21	2831416.73	Ferrocarril	Perforación
24	9+821.58	694722.24	2831288.46	Ferrocarril	

5. Área del Puerto

Pacífico MEXINOL tiene un acuerdo con “Terminal Transoceánica de Topolobampo S.A.” (Triple T), un operador privado de terminales, para extender el uso del muelle y permitir el despacho de metanol en el puerto de Topolobampo. Pacífico MEXINOL instalará en esta zona y dentro de un área exclusiva, la siguiente infraestructura:

- Un cuarto de operaciones
- Una sala de bombas contra incendios
- Un tanque de agua contra incendios
- El sistema de hidrantes de agua contra incendios
- Un sistema de recuperación de vapores (VRU)
- El sistema de lanzamiento de herramienta de inspección de tuberías (PIG)
- Los brazos de carga de buques (garzas)
- Un equipo de generación de nitrógeno gaseoso para ser usado como gas de instrumento.
- El sistema de espuma contra incendios.
- El sistema de detección de fugas e incendios
- El sistema de monitoreo con CCTV
- La subestación eléctrica
- Las duchas y lava ojos
- El sistema de medición de flujos de despacho de metanol

Esta área está destinada al despacho de metanol a buques-tanques y a través del ducto de transferencia de metanol de veintiocho pulgadas (28") antes mencionado.

En las inmediaciones del puerto se prevé la instalación de accesorios (trampas) para el envío de la herramienta de inspección y medición de espesor de tuberías (PIG). Esta operación de inspección será realizada por una empresa especializada cada diez años aproximadamente, y dentro de su alcance estará el proveer de todos los insumos necesarios, incluyendo el nitrógeno requerido.

El diseño de las instalaciones considera el llenado de buques de 50.000 DWT (Handymax) con una frecuencia de tres a cuatro buques por mes. Cada operación se estima tome alrededor de 30 horas, tomando en cuenta las maniobras de atraque y amarre de los buques. El proceso de carga de metanol se hará a través de dos brazos de carga con sus respectivas conexiones de retorno de vapores y para una operación segura, se dispondrá de sistemas de liberación de emergencia y acoples de conexión/desconexión rápida.

Los vapores provenientes de la operación de carga de metanol serán tratados localmente en el puerto, en una unidad de recuperación de vapores (VRU). El metanol liquido recuperado se reinyectará a la

línea de metanol y el gas restantes e incondensable (mayormente nitrógeno gaseoso), será llevado a la planta principal, a través de la línea de retorno de vapores de ocho pulgadas de diámetro (8”).

La energía eléctrica requerida para soportar las operaciones en el puerto, será tomada del sistema eléctrico existente de 13.2 kVA, el cual será conectado a la nueva estación eléctrica, llamadas a suplir la demanda de energía.

A continuación, se muestran estas instalaciones en el arreglo general de la planta y en el **Anexo 2** se presenta el plano correspondiente.

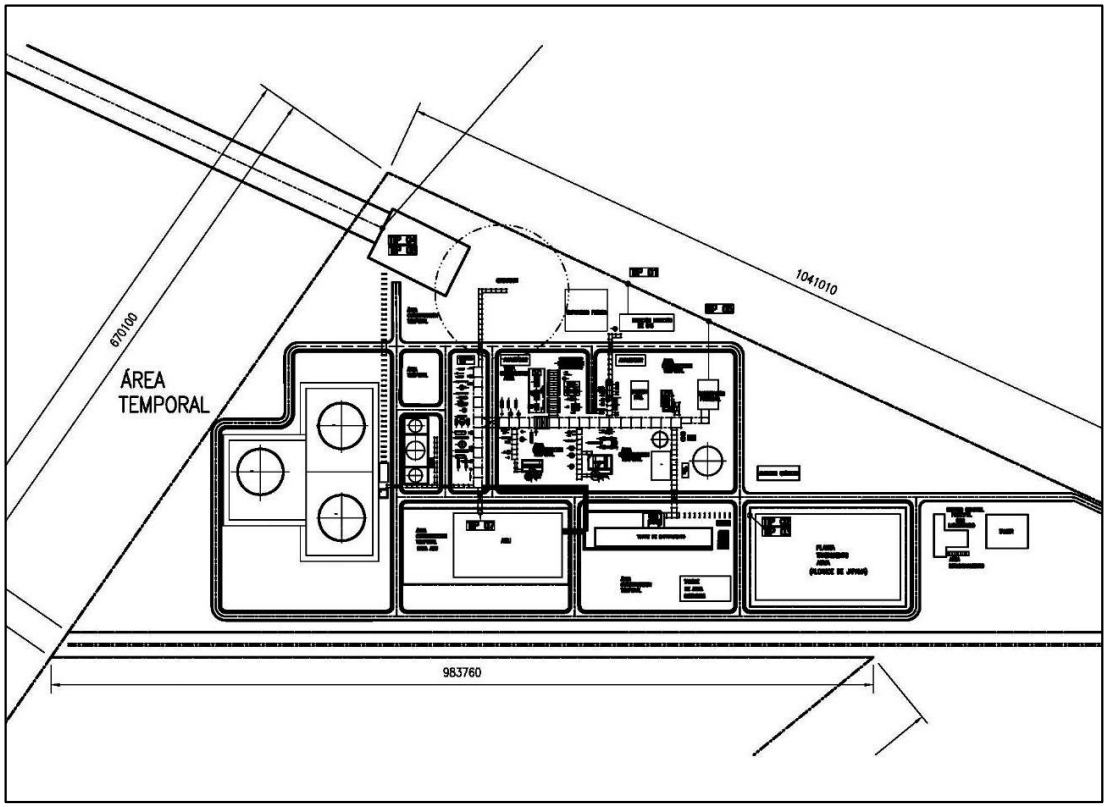


Figura 6. Arreglo de las instalaciones en la planta

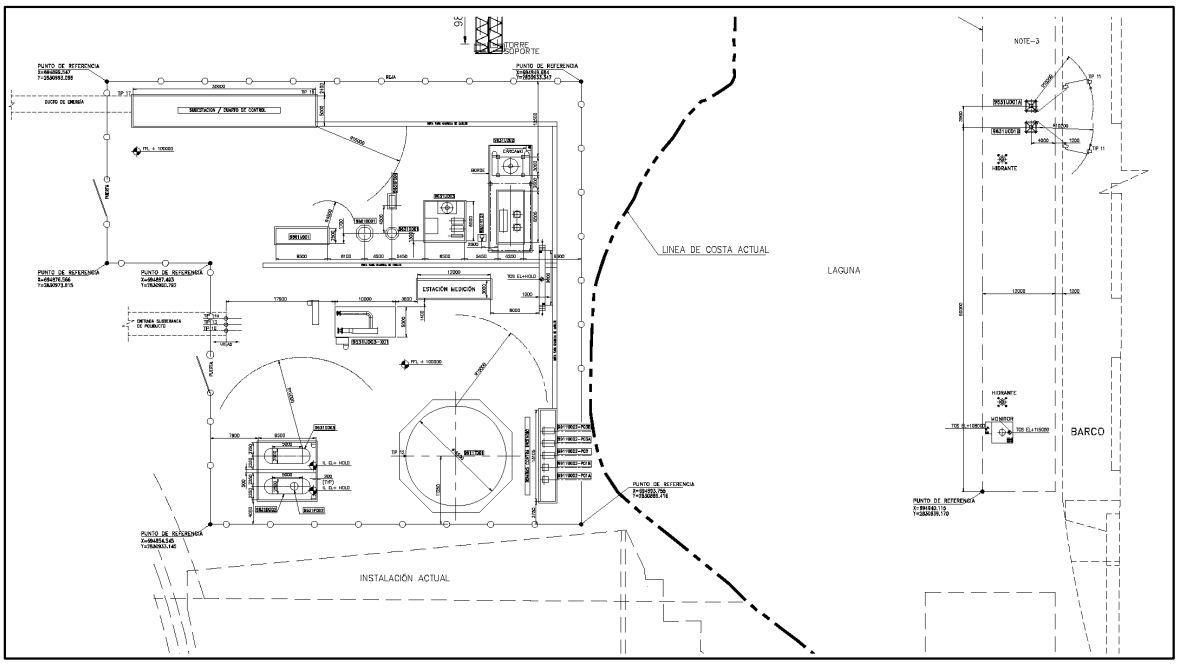


Figura 7. Arreglo de las instalaciones en el puerto

C. Normas utilizadas en el proyecto

En la siguiente tabla se señalan los criterios, normas, códigos y estándares considerados para la elaboración de las bases de diseño de la planta Pacífico MEXINOL.

Tabla 4. Normas y estándares aplicables al diseño de la instalación

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
Disposiciones Federales		
LAN	Ley de Aguas Nacionales	Reforma DOF 06-01-2020
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	Reforma DOF 05-06-2018
LFRA	Ley Federal de Responsabilidad Ambiental	DOF 07-06-2013
LGPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	Reforma DOF 19-01-2018
LGVS	Ley General de Vida Silvestre	Reforma DOF 19-01-2018

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
LGCC	Ley General del Cambio Climático	Reforma DOF 13-07-2018
LGPC	Ley General de Protección Civil	DOF 06-06-2012
LFMN	Ley Federal sobre Metrología y Normalización	Reforma DOF 15-06-2018
RLAN	Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales	Reforma DOF 25-08-2014
RLGEEPAMIA	Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico para la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental	Reforma DOF 31-10-2014
RLGEEPAMPCCA	Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico para la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de Contaminación Atmosférica	Reforma DOF 31-10-2014
RLGEEPAMCER	Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico para la Protección al Ambiente en Materia de Contaminación Originada por Emisiones de Ruido	DOF 06-12-1982
RLGEEPAMRETC	Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes	Reforma DOF 31-10-2014
RLGPGIR	Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	Reforma DOF 31-10-2014
RGCCMRENE	Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en materia del Registro Nacional de Emisiones	DOF 28-10-2014
RFSST	Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo	DOF 13-11-2014
RLGVS	Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre	Reforma DOF 09-05-2014
RLFMN	Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización	Reforma DOF 28-11-2012
Disposiciones Estatales y Municipales		
LOTDUS	Ley de ordenamiento territorial y desarrollo urbano del estado de Sinaloa	Reforma P.O. 17 de agosto de 2020

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
LADS	Ley ambiental para el desarrollo sustentable del estado de Sinaloa	Reforma P.O. 8 de abril de 2013
RCMA	Reglamento de Construcción del Municipio de Ahome	P.O. 5 de octubre 2010
LAPYAS	Ley de agua potable y alcantarillado Del estado de Sinaloa	P.O. 26 de septiembre de 2018
LDFSS	Ley de desarrollo forestal sustentable del estado de Sinaloa	P.O. 19 de agosto de 2016
LRS	Ley de residuos del estado de Sinaloa	P.O. 21 de febrero de 2020
LECC	Ley estatal de cambio climático	P.O. 4 de diciembre de 2020
PECCSIN	Plan estatal de Cambio Climático	P.O. octubre de 2016
Agua		
NOM-001-SEMARNAT-1996	Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.	06-01-1997
NOM-002-SEMARNAT-2006	Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal	03-06-1998
Aire		
NOM-041-SEMARNAT-2006	Límites máximos permisibles de emisiones de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible	10-06-2015
NOM-045-SEMARNAT-2006	Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición	13-09-2007
NOM-085-SEMARNAT-2011	Contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.	02-02-2012

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005	Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental.	30-01-2006
Residuos		
NOM-052-SEMARNAT-2005	Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de residuos peligrosos	23-06-2006
NOM-053-SEMARNAT-1993	Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	22-10-1993
NOM-054-SEMARNAT-1993	Incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-2005	22-10-1993
NOM-001-ASEA-2019	Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial del Sector Hidrocarburos y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, así como los elementos para la formulación y gestión de los Planes de Manejo de Residuos Peligrosos y de Manejo Especial del Sector Hidrocarburos.	16-04-2019
Ruido		
NOM-080-SEMARNAT-1994	Límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	13-01-1995
Secretaria del Trabajo		
NOM-001-STPS-2008	Edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo. Condiciones de Seguridad e Higiene	24-11-2008
NOM-002-STPS-2010	Prevención protección y combate de incendios en los centros de trabajo- condiciones de seguridad	09-12-2010
NOM-004-STPS-1999	De protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.	31-05-1999
NOM-005-STPS-1998	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas	02-021999

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
NOM-006-STPS-2014	Manejo y almacenamiento de materiales – condiciones y procedimientos de seguridad y almacenamiento de materiales – conocimientos y procedimientos de seguridad.	11-09-2014
NOM-009-STPS-2011	Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura.	06-05-2011
NOM-010-STPS-2014	Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral.	28-04-2014
NOM-011-STPS-2001	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido	17-04-2002
NOM-015-STPS-2001	Condiciones térmicas elevadas o abatidas-condiciones de seguridad e higiene.	14-06-2002
NOM-017-STPS-2008	Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.	09-12-2008
NOM-018-STPS-2015	Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.	09-10-2015
NOM-019-STPS- 2011	Constitución, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.	13-04-2011
NOM-020-STPS- 2011	Recipientes sujetos a presión y calderas – funcionamiento – condiciones de seguridad	27-12-2011
NOM-022-STPS-2015	Electricidad estática en los centros de trabajo- condiciones de seguridad e higiene.	01-04-2016
NOM-024-STPS-2015	Vibraciones-condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.	11-01-2002
NOM-025-STPS-2008	Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.	30-12-2008
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.	25-11-2008
NOM-027-STPS-2008	Actividades de soldadura y corte – condiciones de seguridad e higiene	07-11-2008
NOM-028-STPS-2012	Sistema para la administración del trabajo-Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas	06-09-2012
NOM-029-STPS.2005,	Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-condiciones de seguridad	29-12-2011
NOM-030-STPS-2009	Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo	22-12-2009
NOM-031-STPS-2011	Construcción-condiciones de seguridad y salud en el trabajo.	04-05-2011

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
Normas Técnicas del Sector		
NOM-001-SECRE 2010	Especificaciones del GN. (Cancela y sustituye a la nom-001-secre-2003, calidad del gas natural y la NOM-EM-002-SECRE-2009, calidad del gas natural durante el periodo de emergencia severa).	19-03-2010
NOM-003-SEGOB-2011	Señales y avisos para protección civil - Colores, formas y símbolos a utilizar	29-11-2011
NOM-014-SCFI-1997	Medidores de desplazamiento positivo tipo diafragma para gas natural o L.P. con capacidad máxima de 16 m3/h con caída de presión máxima de 200 pa (20,40 mm de columna de agua) (esta norma cancela a la nom-014-scfi-1993)	23-10-1998
NOM-093-SCFI-1994	Válvulas de relevo de presión (Seguridad, seguridad-Alivio y alivio) operadas por resorte y piloto; fabricadas de acero y bronce.	08-12-1997
NOM-001-SEDE-2012	Instalaciones Eléctricas (utilización)	29-11-2012
NMX-X-031-SCFI-2017	NMX-X-031-SCFI-2017: industria del gas-válvulas de paso-especificaciones y métodos de prueba (cancela a la nmx-x-031-SCFI-2010)	10/11/2017
NMX-X-032-SCFI-2013	Industria del gas-reguladores para gas natural-especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-X-032-SCFI-2006).	10/01/2014
Estándares Internacionales		
American Society of Mechanical Engineers (ASME)		
ASME B31.4	Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries	
ASME B36.10	Welded and Seamless Wrought Steel Pipe	
ASME Section I	Package Boiler pressure parts	
ASME Section II	Package Boiler Material	
ASME Section IX	Package Boiler Welding	
ASME B 31.1	Power Piping	
ASME B 31.3	Process Piping	
ASME B 16.5	Pipe Flanges and Flanged Fittings	
ASME B16.34	Valves--Flanged, Threaded, and Welding End	
ASME Sección VII y I lo que aplique	For thermal (hydrostatic) protection ASME	2010 edition

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
ASME, Section VIII, Div. 1	For HP-equipment Div. 2 is also acceptable	
ASME B18.22.1	Plain Flat Washers	
ASME B31.4	Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons	
ASME B31.8	Gas Transmission and Distribution Piping Systems	
ASME V	Non-destructive Examination	
ASME IX	Welding and Brazing Qualifications	
American Petroleum Institute (API)		
API 5L	Specification for Line Pipe	
API 661	Petroleum, Petrochemical, and Natural Gas Industries - Air-cooled Heat Exchangers	Seventh edition
API STD 662	Plate Heat Exchangers for General Refinery Services	Part 1
API STD 530	Calculation of Heater-tube Thickness in Petroleum Refineries	7th Edition, Add 1
API STD 560	Fired Heaters for General Refinery Service	5th Edition
API-614	Lubrication, Shaft-sealing and Oil-control Systems and Auxiliaries	5th Edition; Incorporates Errata: 5/2008
API-682	Pumps - Shaft Sealing Systems for Centrifugal and Rotary Pumps	4th Edition
API RP 505	Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Zone 0, Zone 1, and Zone 2	1st edition
API RP 500	Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Division 1 and Division 2	2nd edition
API 650	Welded Steel Storage Tanks for Oil Storage	13th Edition, September 2020
API 650	Appendix A	
API 620	Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks	

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
API 625	Tank Systems for Refrigerated Liquefied Gas Storage	
API STD 520 PT I	2014-07 Sizing, Selection, and Installation of Pressure-relieving Devices Part I-Sizing and Selection	Ninth edition
API STD 520 PT II	2015-03 Sizing, Selection, and Installation of Pressure-relieving Devices Part II-Installation	Sixth edition
API STD 521	2020-06 Pressure-relieving and Depressuring Systems - (PSV relief scenarios shall be done as per API-521, clause 4.4)	Seventh edition
API STD 610	2010-09 Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries	Eleventh Edition; Incorporates Errata: July 2011;
API STD 617	2014-09 Axial and Centrifugal Compressors and Expander-compressors	August 2016 Eighth edition; errata 1
API 612	2019-06 Compressor drive turbines seventh edition (with deviations)	
API 611	2010-12 - fifth edition (general purpose) steam turbines: In case of multiple valve application additional nozzles on steam chests are not required	
API 5L PSL-2	Specification for Line Pipe	
API 520	Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving	
API 521	Devices Pressure-relieving and De-pressuring Systems	
API 610	Centrifugal Pumps	
API 660	Shell and Tube Heat Exchangers	
API 662	Plate Heat Exchangers	
API 2218	Fireproofing Practices in Petroleum Processing Plant	
	American Institute of Steel Construction (AISC)	
AISC325	Manual of Steel Construction	
	American Society of Civil Engineers (ASCE)	
ASCE 7	Minimum Design Loads For Buildings and Other Structures	
	American National Standards Institute (ANSI)	

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
ANSI B16.5	Pipe Flanges and Flanged Fittings	
	American Society for Testing and Materials (ASTM)	
ASTM A36	Carbon Structural Steel	
ASTM A153	Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware	
ASTM A307	Carbon Steel Bolts, Studs and Threaded Rod	
ASTM A325	Structural Bolts, Steel, Heat Treated	
ASTM A563	Carbon and Alloy Steel Nuts	
ASTM F436	Hardened Steel Washers	
	British Standards (BS)	
BS 3692	ISO Metric Precision Hexagon Bolts, Screws and Nuts. Specification	
BS 4190	ISO Metric Black Hexagon Bolts, Screws and Nuts.	
BS EN 898	Specification Mechanical Properties of Fasteners Made of Carbon and Alloy Steel	
BS EN 1461	Hot Dip Galvanized Coatings	
BS EN 10025	Hot Rolled Products of Structural Steels	
BS EN 10204	Metallic products. Types of inspection documents	
	International Electrotechnical Commission (IEC)	
IEC 60529	Degrees of Protection Provided by Enclosures (IP Code)	
IEC 60079-10	EC 60079-10-1 : 2015-09 Explosive atmospheres - Part 10-1: Classification of areas - Explosive gas atmospheres IIEC 60079-10-1 2015-11 Explosive atmospheres - Part 10-1: Classification of areas - Explosive gas atmospheres; Corrigendum 1	
IEC	for design and fabrication of electrical equipment (switchgears, transformers, UPS, motors, generators etc.)	
	National Association of Corrosion Engineers (NACE)	
NACE MR0175/ISO15156	Corrosion Resistant Alloys for Sulphide Service	
NACE TM0177	Method A Uniaxial Tensile Testing	
NACE TM0284	Evaluation Steels for Resistance to Hydrogen-Induced Cracking	
National Fire Protection Association (NFPA)		

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
NFPA 10	Standard for Portable Fire Extinguisher	2018 edition
NFPA 11	Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam	2021 edition
NFPA 13	Standard for the Installation of Sprinkler Systems	2019 edition
NFPA 14	Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems	
NFPA 15	Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection	
NFPA 20	Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection	2019 edition
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 72	National Fire Alarm Code	
NFPA 497	Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas	
ISO Standards		
ISO 14000	Sistemas de Gestión Ambiental	
ISO 28300	Venting of Atmospheric and Low-Pressure Storage Tank	
ISO 13709:2009	Adoption (for critical pumps only, acc. criteria of API 610)	
ISO 5199	2002-03 Technical specifications for centrifugal pumps - Class II	
TEMA Standards		
TEMA	Class R for process units, Class C for Package Units (if applicable)	
National Electrical Code (NEC)		
NEC / NFPA: 2020	National Electrical Code - Incorporated Amendments 1, 2, 3, and 4 Dated 8/6/2019; Errata 1, 2 and 3 Dated 03/10/2020 – for design of electrical installation (cables, cable trays, sockets, junction boxes etc.) is based on NEC.	
American water works association drinking water quality (AWWA)		
AWWA D100-11	Welded carbon steel tanks for water storage	
AWWA D100-96	Standard for welded steel tanks for water storage	
Civil and Steel Structure Standards		
ACI	American Concrete Institute	

Norma/Estándar	Título	Año de Emisión
ASCE	American Society of Civil Engineers	
AISC	American Institute of Steel Construction	
IBC	International Building Code	2012
AASHTO	American Association of State Highways & Transportation Officials	
MOC-2008 Wind, MOC	Earthquake Refer also to CSA Design Criteria	2015
Hazardous Area Classification		
BGR 104	BG Chemie; Explosionsschutz-Regeln	
American National Standards Institute (ANSI)		
ANSI Pumps	ASME B73.1-2001 standard for process pumps (revision of ASME B73.1M-1991)	2001

D. Bases de diseño

A continuación, se presentan las bases de diseño utilizadas en el proyecto, las cuales consideran las características y susceptibilidad del sitio a fenómenos naturales y efectos meteorológicos adversos, descritos en la sección “A”.

I.1.1. Proyecto civil

Dentro de las instalaciones de Pacífico MEXINOL se tendrán las siguientes estructuras civiles:

- Edifico administrativo
- Sala de control
- Taller
- Almacén principal
- Subestación eléctrica
- Laboratorio
- Sala de bomberos
- Sala de guardias
- Cobertizo para almacenar productos químicos
- Fundaciones para los equipos de proceso
- Estructuras para soportar sistemas de tuberías
- Fundaciones de tanques de almacenamiento

- Sistemas de tuberías enterradas

Para el diseño de las estructuras mencionadas se tienen en cuenta los siguientes criterios:

a) Diseño por viento es de acuerdo a la especificación de proyecto número 2063-00-C091-S010-02D
Diseño de la velocidad del viento:
para equipos y estructuras:

- 203 km/h para estructuras del grupo A, según MOC-2008
- 180 km/h para estructuras del grupo B, según MOC-2008
- Velocidad del viento de diseño para la dispersión atmosférica: 5 m/s

Dirección del viento predominante (con respecto al norte geográfico):

- Verano
  - 46% del cuadrante SW (180 a 270 grados)
  - 36% del cuadrante SE (90 a 180 grados)
- Invierno
  - 69% desde el cuadrante NW (270 a 360 grados)
- Velocidad media anual del viento: 2,5 m/s
- Max. Velocidad del viento: 50 m/s

b) Diseño por sismo de acuerdo a la especificación 2063-00-C091-S011-02D para cargas sísmicas

- Zona de peligro de tsunami: No
- Zona sísmica: Si
- Diseño: Zona Sísmica C

c) Aplanado y nivelación del sitio
Los trabajos correspondientes al aplanado y nivelación del terreno comprenderán la retirada de la capa vegetal, excavación, relleno y compactado hasta la cota de aplanado. En este apartado, se removerán 30 cm de capa vegetal y luego el predio se rellenará, compactará y nivelará para levantar 120 cm la elevación del terreno hasta alcanzar una cota final de 4,40 msnm.

d) Tipología de cimentación
Condiciones Geotécnicas del Sitio:

Las características principales que se reconocieron del depósito de suelo donde se desplantará el proyecto Pacífico MEXINOL son las siguientes:

- Se determina que el depósito de suelo está conformado principalmente por cinco (5) unidades estratigráficas principales, posterior a una capa vegetal de 30 cm. Reconociendo estas características generales del depósito de suelo, se agrupan las siguientes unidades estratigráficas principales, las cuales presentan espesores variables en función de la ubicación del sondeo:
    - UE-1 ARCILLA. Esta unidad se ubica posterior a la capa vegetal de 30cm en promedio y está conformada por una arcilla de alta plasticidad color café obscuro (CH-CL), de consistencia media a muy firme.
    - UE-2 ARENA FINA CON LIMO. Conformada por una arena fina con limo de baja plasticidad de color café oscuro (SM), de compacidad relativa compacta a muy densa.
    - UE-3 ARCILLA. Posterior a la unidad UE-2, se encuentra una arcilla de alta plasticidad con poca arena, de consistencia dura de color café oscuro (CH).
    - UE-4 ARENA FINA. Posteriormente se encuentra una arena fina de color café claro (SM), con limo de baja plasticidad, de compacidad relativa muy densa.
    - UE-5 LIMO. Finalmente, se detectó un limo de baja plasticidad de consistencia dura de color café claro (ML).

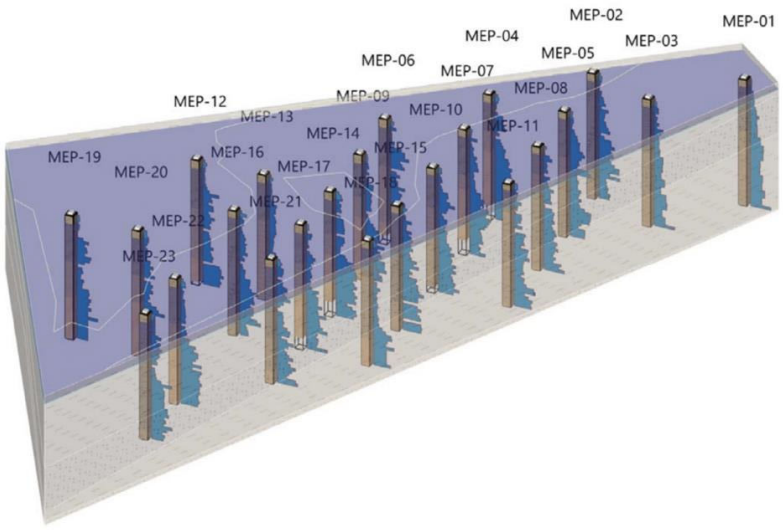


Figura 8. Modelo Geotécnico de la Zona- 1

- El nivel de aguas freáticas (NAF) se detectó a las siguientes profundidades promedio entre la cota 2.13 msnm y 3.08 msnm como se puede apreciar en la siguiente figura

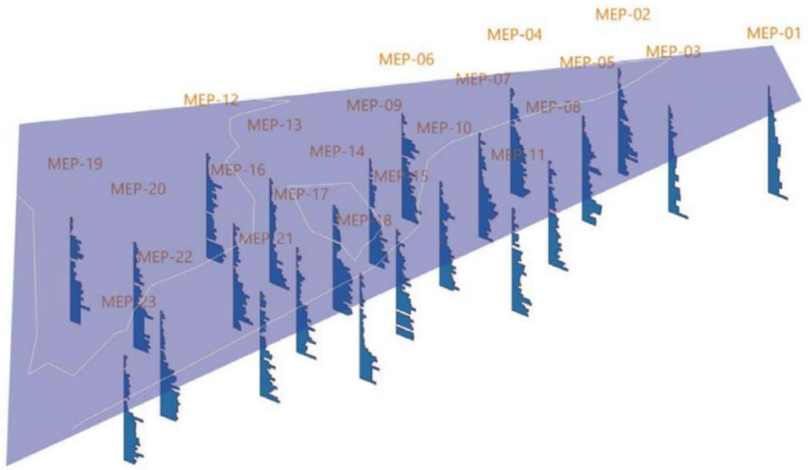


Figura 9. Modelo Geotécnico de la Zona-2

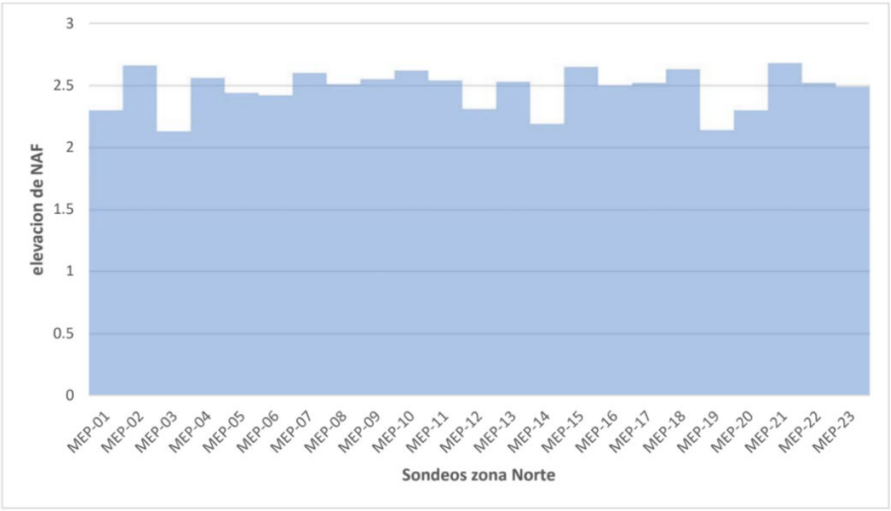


Figura 10. Elevación y ubicación de NAF

La información correspondiente a diseño civil de fundaciones de las infraestructuras arriba mencionadas, aún están en fase de desarrollo; tampoco se conocen con detalles las cargas y limitaciones de asentamiento de los equipos principales, si bien basado en la experiencia de anteriores proyectos similares y las características conocidas del emplazamiento, es posible que pueda ser necesario la instalación de cimentaciones profundas en los siguientes elementos de la planta:

- Equipos rotativos mayores
- Columnas de proceso

- Reactores
- Tanques de almacenamiento
- Paquetes de proceso
- Estructura de soporte de tuberías (rack)
- Edificios administrativos, sala de control, almacén y taller

En cualquier caso, la necesidad de pilotaje y su método de construcción para cada equipo o estructura se definirán más adelante, cuando se disponga de una ingeniería más avanzada. Donde no se requiera pilotaje, se ejecutará cimentación directa mediante zapatas o losas y el tipo de concreto se determinará, igualmente, cuando se tengan los datos específicos requeridos.

Preliminarmente se podría definir que la cimentación de los equipos se hará conforme a las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos y los requerimientos de estabilidad y resistencia de las mismas. Por ejemplo, para equipos rotativos mayores, se consideran losas de cimentación, de acuerdo a los requerimientos de los equipos, a las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos, los requerimientos de estabilidad y la capacidad de carga del terreno. Sus bases serán de concreto reforzado y/o Grouting de nivelación con pernos embebidos o epóxico según el caso.

I.1.2. Proyecto mecánico

Presión de Diseño

- Los equipos se diseñan para las condiciones de temperatura y presión coincidentes más estrictas, acomodando la presión de trabajo máxima esperada y la temperatura correspondiente sin causar disparo de las protecciones.
- Las condiciones anormales se evalúan considerando una única contingencia. Una contingencia doble o múltiple no se tendrá en cuenta para la selección de las condiciones de diseño, pero si una falla es el resultado de otra falla, ambas se considerarán como una sola contingencia.
- El diseño de los equipos a ser instalados en unidades paquetes, son de acuerdo con el estándar del proveedor.

Notas:

- Si un equipo contiene líquidos, la presión de diseño no debe ser menor que la presión de vapor del líquido a la temperatura de diseño, excepto si se instala un dispositivo de seguridad para limitar la presión.

- La presión de funcionamiento máxima será la presión más alta posible durante el funcionamiento, el arranque y el apague. Las condiciones de mal funcionamiento y alteración no se deben considerar para la determinación de la presión máxima de funcionamiento.
- La presión de diseño está limitada por la presión de ajuste aplicable del dispositivo de seguridad.
- Los recipientes a presión son recipientes según la definición del código aplicable.
- Todo el equipo operado con vapor debe estar clasificado para vacío total.
- Los sistemas llenos de líquido deben estar diseñados para resistir la máxima presión desarrollada por la bomba, en caso que el sistema se pudiese bloquear mientras las bombas que los alimentan continúan funcionando.
- Para equipos donde puede ocurrir vacío parcial durante el vaciado, se debe especificar una calificación de diseño de vacío parcial en la hoja de datos del equipo.
- Los recipientes que contienen metanol tendrán presiones de diseño especificadas con margen suficiente para minimizar la activación de las válvulas de alivio.
- La presión de diseño para intercambiadores de calor de carcasa y tubos debe considerar la protección de sobrepresión contra la rotura de los tubos.

a) Recipientes a Presión:

La presión de diseño se seleccionará de la lista siguiente.

Tabla 5. Presión de diseño

	Condiciones que limitan la presión de operación mínima	**Presión permisible (PS) o Presión de diseño (PD)**
a)	Ful Vacío hasta Atmosférica	Ful vacío y Mínima. 3.5 barg
b)	Condiciones que limitan la presión de operación máxima	Presión permisible (PS) o Presión de diseño (PD)
c)	Atmosférica hasta 10 barg	Presión de operación máxima esperada más 1 bar (min 3.5 barg)
d)	10 barg hasta 100 barg	Presión de operación máxima esperada más 10 % (min + 1.5 bar)
e)	Igual o sobre 100 barg	Presión de operación máxima esperada más 10 bar

Nota: Para el diseño de equipos especiales, la presión se seleccionará de acuerdo con los requisitos del proceso. Si los ventiladores o sopladores imponen presión subatmosférica, la presión de diseño se define por la presión de cierre del ventilador o soplador correspondiente.

b) Equipo al vacío:

Un equipo normalmente operado bajo vacío o vacío parcial, se diseña para vacío total y para la presión más alta que puede experimentar en caso de falla de vacío. Los equipos que contengan un fluido con una presión de vapor a temperatura ambiente inferior a la presión atmosférica y que pueda aislarse, deberán estar equipados con un dispositivo de ruptura de vacío o bien estar diseñados para vacío total. El equipo sometido a vacío debido a un mal funcionamiento o falla debe estar equipado con dispositivos de ruptura de vacío o bien estar diseñado para vacío total.

c) Sistema completo:

Varios equipos protegidos por la misma válvula de alivio deben tener una presión de diseño de al menos la presión de ajuste de la válvula de alivio.

d) Equipo en el lado de descarga de una bomba:

Un equipo que pueda tener que soportar la máxima presión de una bomba deberá tener una presión de diseño igual o superior a dicha presión. La máxima presión de una bomba centrifuga se calculará de acuerdo con el siguiente criterio:

- Altura diferencial a flujo nominal x 120% + nivel alto-alto cabezal estático de succión + presión de diseño lado de succión al 120%.

e) Sistemas que incluyen reactores y equipos de procesos similares:

Para sistemas donde existan reactores y equipos similares, las recomendaciones de API STD 521 Apéndice B (sexta edición, enero de 2014) y API STD 520 Parte I (novena edición, julio de 2014) y API STD 520 Parte II (sexta edición, marzo de 2015) deberán ser seguidas.

f) Tanques y recipientes de paredes delgadas:

Los tanques y recipientes atmosféricos de paredes delgadas deberán tener una presión de diseño igual a la presión de ajuste más alta del dispositivo de alivio de presión. La presión de diseño para el vacío será igual a la presión más baja impuesta sobre la succión del dispositivo de alivio de vacío.

g) Recipiente abierto a la atmósfera

Los recipientes abiertos a la atmósfera tendrán una presión de diseño de +/- 0 barg.

Temperatura de Diseño

- La temperatura de diseño para los equipos que operan por encima de la temperatura ambiente debe ser al menos 20 °C más alta que la temperatura máxima de funcionamiento. La temperatura de diseño se redondeará a los siguientes 5 °C.
- Para equipos por debajo de la temperatura ambiente de funcionamiento, la temperatura de diseño será la temperatura de funcionamiento más baja.
- Para equipos en servicio de vapor de alta presión, la temperatura máxima de diseño será la temperatura de funcionamiento más alta posible más al menos 6 °C.
- La temperatura de diseño de un equipo considerado especial, se seleccionará de acuerdo con los requisitos del proceso.

Nota:

- Para equipos con una pared común y dos temperaturas de funcionamiento diferentes, se debe considerar la temperatura desfavorable.
- La temperatura de diseño de los intercambiadores de carcasa y tubos debe considerar la posibilidad de calentamiento en caso de interrupción del flujo.
- Para equipos que manejan líquidos saturados, la temperatura máxima / mínima de diseño será la temperatura de saturación a la presión de diseño correspondiente más 16°C y acumulación de presión para la válvula de seguridad.

I.1.3. Sistema contra incendio del proyecto

El diseño del sistema de protección contra incendios se realiza siguiendo las recomendaciones de Asociación Nacional para la Protección contra Incendios (NFPA) en sus normas:

- NFPA 10 Normas para Extinguidores portátiles contra incendios (Edición: 2018)
- NFPA 11 Normas para espumas de baja, madia y alta expansión (Edición 2021)
- NFPA 13 Normas para instalación de sistemas de aspersores (Edición 2019)
- NFPA 14 Normas para la instalación de stand pipes y sistemas de mangueras para aguas contra incendios (Edición 2019)
- NFPA 15 Normas para sistemas fijos de rocío con agua para protección contra incendios (Edición 2017)
- NFPA 20 Normas para la instalación de bombas estacionarias de agua contra incendios (Edición 2019)

- NFPA 22 Normas para tanques de agua contra incendios (Edición 2018)
- NFPA 24 Normas para la instalación de sistemas contra incendios incluyendo la red y sus accesorios (Edición 2019)
- Código Modelo "EI" para las practicas seguras apartado 19: Precaución contra incendios en refinerías petroleras y en instalaciones de almacenamiento de hidrocarburos (3ra Edición, noviembre 2012)
- NOM-002-STPS-2010, Condiciones de Seguridad – Prevención de incendios y protección en el sitio de trabajo.

Igualmente, se cumplirá con los reglamentos locales y nacionales, así como también, aquellas normas mexicanas aplicables.

a) Demanda de agua contra incendios:

Para la determinación de la demanda de agua contra incendios se utilizan los siguientes valores de diseño:

- Sistema de rociado de agua en tanques de almacenamiento de metanol: 2 L / min. / m^2 (según Modelo EI Código de Prácticas Seguras Parte 19)
- Sistemas de pulverización de agua en recipientes, columnas, filtros, intercambiadores de calor: 10,2 L / min. / m^2 (según NFPA 15)
- Sistemas de pulverización de agua en bombas: 20,4 L/ min. / M^2 (según NFPA 15)
- Sistemas de espuma: 4.1 L / min. / m^2 (según NFPA 11)

Un análisis de posibles escenarios de incendio y emergencia revela los siguientes escenarios:

a.1) Incendio en la torre de enfriamiento:

Un incendio en una torre de enfriamiento provocaría el funcionamiento simultáneo de cuatro monitores. Un monitor tiene un caudal nominal de 120 m3/h. Además, se supone que el cuerpo de bomberos utilizará otras 2 mangueras para la extinción de incendios. Esto requiere un volumen de agua adicional de aprox. 120 m^3/h. Por lo tanto, la demanda de flujo máxima esperada sería de aprox. 600 m^3/h.

a.2) Incendio en el área de proceso (destilación de metanol):

La demanda de agua esperada para los sistemas de rociadores de agua en el área de destilación de metanol será de aprox. 600 m3/h. Además, se considera que el cuerpo de bomberos utilizará tres hidrantes con una demanda de agua contra incendios de 360 m3/h. Esto da como resultado una demanda total de agua contra incendios igual a 960 m^3/h.

a.3) Incendio en el área de almacenamiento de metanol:

- Incendio del Tanque: En caso de incendio del tanque de un tanque de metanol, los tanques de almacenamiento adyacentes deben enfriarse mediante sistemas de rociadores de agua. La demanda esperada de agua contra incendios, incluida la operación de 4 hidrantes / monitores, es de 2100 m^3/h.
- Cortafuegos: En caso de fuga o derrame de metanol en un tanque de almacenamiento de metanol, la demanda de agua contra incendios para la formación de espuma del área de contención, incluidos los sistemas de rociado de agua para enfriar los dos tanques de metanol adyacentes, es de 2500 m^3/h

Debido a estas consideraciones, la demanda total de agua contra incendios para la planta de metanol Pacífico MEXINOL se define en 2500 m^3/h. La presión mínima en cualquier punto del circuito de incendio será de 7 barg durante las condiciones de flujo máximo.

b) Almacenamiento de Agua contra Incendios

Se dispone de dos tanques de almacenamiento de agua contra incendio, dedicados exclusivamente para tal uso. Son tanques cilíndricos verticales y atmosféricos, diseñados de acuerdo a los requerimientos de la norma NFPA 22. El primer tanque será instalado dentro de las facilidades principales, la planta de proceso, y el segundo en las instalaciones del puerto, donde se realizarán las tareas de despacho de metanol.

b.1) Dimensionamiento:

La capacidad de almacenamiento de agua contra incendios para ambas facilidades es suficiente para mantener estos sistemas operativos, a máxima demanda de agua, durante cuatro horas continuas. El volumen de almacenamiento se ha establecido en 10,000 m^3.

c) Sistema de Bombeo de agua contra Incendios

El sistema de bombeo de la planta principal cuenta con dos bombas eléctricas principales y dos bombas auxiliares con motores diésel, además de dos bombas eléctricas (jokey) para mantener la presión de la red de agua contra incendios, todas instaladas en áreas con cobertizo.

La presión de descarga de la bomba contra incendios debe ser, mínima, 10 barg, para asegurar una presión residual de 7 barg en la ubicación hidráulicamente más remota de la planta. La presión se mantendrá mediante las bombas jockey (una bomba jockey en funcionamiento, una en espera). En caso de una caída de presión de más de 0,7 bar, la primera bomba contra incendios principal accionada eléctricamente comenzará a funcionar. En caso de una caída de presión, a pesar de tener una bomba eléctrica principal en servicio, se pondrá en marcha la segunda bomba de motor eléctrico. En caso de una falla de las bombas contra incendios principales accionadas eléctricamente (por ejemplo, debido a una falla en el suministro eléctrico), las bombas contra incendios principales accionadas por diésel se pondrán en marcha, siguiendo el mismo orden de las bombas con motores eléctricos.

El sistema de bombeo del terminal de despacho, en el puerto, sigue una filosofía semejante, solo que el número de bombas cambia a solo dos bombas, una con motor eléctrico y otra bomba con motor diésel.

c.1) Dimensionamiento

El sistema de bomba de agua contra incendios de la planta principal consta de dos bombas jockey cada una con una capacidad de 25 m^3/h, dos bombas contra incendios principales accionadas eléctricamente con una capacidad total de 2500 m^3/h (100% de capacidad) y dos bombas contra incendios de repuesto impulsadas por motores diésel con la misma capacidad total de 2500 m^3/h. Las bombas contra incendios de repuesto impulsadas por diésel deben estar protegidas por un sistema de rociadores de conformidad con NFPA 20, sección 4.14.1.3.

El sistema de bomba de agua contra incendios del área de carga de buques consta de dos bombas jockey cada una con una capacidad de 25 m^3/h, una bomba contra incendios principal accionadas eléctricamente con una capacidad total de 940 m^3/h (100% de capacidad) y una bomba contra incendios de repuesto impulsadas por un motor diésel con la misma capacidad total de 940 m^3/h. La bomba contra incendios de repuesto impulsadas por diésel debe estar protegidas por un sistema de rociadores de conformidad con NFPA 20, sección 4.14.1.3.

d) Distribución de Agua

El agua contra incendios se suministrará por medio de una tubería o anillo principal. El anillo principal se dividirá en varios sub-anillos mediante válvulas seccionadoras. De este modo, se asegura que todas las demás partes del anillo principal permanezcan operativas, si un sub-anillo principal falla o está fuera de servicio debido a mantenimiento. Otro beneficio del diseño, es un mayor suministro de agua sin una pérdida excesiva por fricción. El diámetro de la tubería del anillo principal es de 18" y es enterrada.

Material:

El material de la tubería del anillo principal será de GRP (Plástico Reforzada con Fibra de Vidrio), de HDP (polietileno de alta densidad) o de otro material equivalente y las válvulas de seccionamiento son con cuerpo de acero al carbono con elementos internos fabricados en acero inoxidable. GRP o HDP son materiales comúnmente usado para sistemas similares; primero, porque ofrece alta durabilidad al no verse afectado por factores corrosivos y no requerir de protección catódica, segundo; porque es un sistema que está bajo tierra, por lo tanto no está sujeta a factores ambientales que puedan arriesgar su integridad, tercero; ofrece un ahorro sustancial en cuanto a costos de materiales, manipulación e instalación y finalmente, este tipo de tuberías son diseñadas para operar a presiones mayores a las especificadas por el sistema. Cualquier tramo de este anillo que esté por encima de la superficie, se construirá en acero al carbono.

e) Sistema de Hidrantes y Gabinetes de Mangueras

Los hidrantes (tipo pilar barral húmedo) se ubicarán a lo largo de la tubería del anillo principal. La distancia normal entre hidrantes o plantas de proceso será de 50 a 60 m. Cada hidrante estará equipado con dos salidas laterales NH de 2½" NST con tapas ciegas y cadenas, una conexión de bomba de 4½" y una entrada de brida FF de 6 "150 lb. Los hidrantes con monitor se deben instalar alrededor de la torre de enfriamiento y en el área de almacenamiento de metanol. El diámetro de la tubería de las conexiones de hidrante debe ser de 6 "(DN 150) de acuerdo con NFPA 24, sección 7.1.1.1. Se debe instalar una válvula de control en cada conexión de hidrante (NFPA 24, 7.1.1.2). Cada monitor deberá tener una válvula de bloqueo de aislamiento de mariposa.

Las cajas de mangueras deben estar ubicadas en cada hidrante y hidrante con monitor. Cada caja de mangueras debe contener el siguiente equipo:

- 4 manguera contra incendios de 2½", longitud 50 pies, clasificación de prueba de 600 psi, camisa doble, blanca, rosca NST hembra en un extremo y rosca NST macho en el otro, clasificación UL
- 2 boquilla de manguera, "Fogfighter" o equivalente homologado, 2½ "
- 1 llave inglesa y
- 2 empaques del acoplamiento de 2½

Las cajas de mangueras se construirán de acuerdo con NFPA 24.

f) Sistema de Rociadores

Según la NFPA 13 y NFPA 850, el sistema de rociadores consiste en un sistema fijo dotado con rociadores de agua, el cual será usado en la protección de las siguientes áreas o instalaciones:

- Área de proceso de metanol donde se maneje metanol liquido:
  - Tambor 1 de metanol espontaneo
  - Tambor 2 de metanol espontaneo
  - Columna de pre-arranque
  - Columna de metanol de alta presión
  - Tambor de alimentación de la columna de pre-arranque
  - Tambor de reflujo de la columna de pre-arranque
  - Tambor de metanol de alta presión de la columna de reflujo
  - Tambor de metanol de baja presión de la columna de reflujo
  - Re-hervidor 1 de la columna de pre-arranque
  - Re-hervidor 2 de la columna de pre-arranque
  - Re-hervidor 1 de la columna de metanol de alta presión
  - Re-hervidor 2 de la columna de metanol de alta presión
  - Re-hervidor de la columna de metanol de baja presión
  - Intercambiador de calor de metanol puro/metanol crudo
  - Condensador en la cabeza de la columna de pre-arranque
  - Enfriador de metanol de alta presión.
  - Condensador en la cabeza de la columna de metanol de baja presión
  - Filtro de guardia de metanol
  - Filtros de metanol A y B
  - Bomba de la columna de pre-arranque
  - Bomba de reflujo de la columna de pre-arranque

  - Bomba de la columna de metanol de reflujo de alta presión
  - Bomba de la columna de metanol de reflujo de baja presión
  - Bombas de retorno de metanol fuera de especificación
  - Bombas de despacho de metanol
- Tanques de almacenamiento de metanol
- Tanque de almacenamiento de metanol fuera de especificación
- Tanques de almacenamiento intermedio de metanol

g) Sistema de espuma

Se proporcionará un sistema de espuma para las áreas de contención de derrames donde están los tanques de almacenamiento de metanol. Se requiere la máxima demanda de espuma para la formación de espuma en área de diques de los tanques de almacenamiento de metanol. Los tres tanques de almacenamiento de metanol tienen un área de contención común capaz de contener el inventario completo de un tanque de almacenamiento más 20%. El área está subdividida por paredes intermedias para cada tanque de almacenamiento. El tiempo para el suministro de espuma será de 30 minutos de acuerdo con NFPA 11. Se supone que, en caso de fuga de un tanque, el área de contención intermedia no se llenará en 30 minutos y este se desbordaría hacia el área de contención adyacente. En caso de inundación del área adyacente, el área puede espumarse después de 30 minutos. El tanque de espuma se diseñará para formar espumas sobre las tres áreas de contención intermedia. Los sistemas de espuma deben utilizar un concentrado de espuma resistente al alcohol (concentrado de espuma AR-AFFF al 1%).

En el área de despacho de metanol, se instalarán dos monitores de torre de agua/espuma controlados a distancia en el área de carga con un caudal de agua de 350 m^3/h para cada monitor.

i) Equipos Auxiliares

Para la sala de control principal, el laboratorio, el taller, la subestación eléctrica y el edificio administrativo se proveerá, para el primer ataque de incendio, extintores de incendios portátiles. El cuerpo de bomberos externo deberá tomar medidas adicionales de lucha contra incendios.

Se proveerán extintores portátiles de polvo químico (tipo ABC, capacidad aprox. 9 kg) para la protección del área de la planta y los servicios públicos. Las zonas especiales de riesgo de incendio con potencial de incendios de líquidos inflamables, como las casas de máquinas, los transformadores

en las subestaciones, deben protegerse adicionalmente con extintores de incendios de químico seco con ruedas (tipo BC, capacidad aprox.50 kg).Las salas de conmutación, las salas de instrumentación local, la sala de control central y otras salas con potencial de incendios eléctricos deben estar equipadas con extintores de CO_2 portátiles con una capacidad de aprox. 4,5 kg. Extintores de CO_2 con ruedas con una capacidad de aprox. Se facilitarán 30 kg para la protección adicional de los edificios subestación. Todos los extintores de incendios deben cumplir con NFPA 10, Norma para extintores de incendios portátiles

j) Detección y Centralita

Para la planta de metanol Pacífico MEXINOL, se proporcionará un sistema de alarma contra incendios. El sistema de alarma contra incendios consta de los siguientes componentes:

- Paneles de control de alarma contra incendios incluyendo baterías de respaldo
- Panel anunciador remoto de alarma de incendio
- Iniciadores manuales de alarma contra incendios en puntos adecuados de entrada / salida del operador de las áreas de proceso
- Detectores de humo y / o calor en edificios con aire acondicionado sin procesos y casas de analizadores
- Sirenas para áreas de proceso
- Dispositivos de alarma audible / visual dentro de la casa del compresor, así como en edificios que no son de proceso y casas de analizadores

Los paneles de control de alarma contra incendios deben instalarse preferiblemente en salas de conmutación y sala de control central, las cuales son consideradas de ocupación permanente. Los paneles anunciadores remotos de alarma contra incendios se instalarán en:

- Sala de control
- En casetas designadas para el acceso de vehículos de respuesta a emergencias.

Los iniciadores se conectarán a bucles de alarma y emitirán señales individualmente. Los iniciadores automáticos y no automáticos, así como los dispositivos de alarma sonora / visual, las sirenas y los dispositivos de control se pueden conectar a los mismos lazos.

Los iniciadores de alarma contra incendios deben estar conectados a líneas de alarma, de tal manera que la ubicación de un incendio sea identificable.

Todos los lazos de alarma y los módulos esenciales del sistema de alarma contra incendios deben ser monitoreados permanentemente. En caso de iniciación de alarma o falla, la señal se indicará en los paneles de control y en los paneles anunciadores de alarma de incendio.

I.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

A. Descripción del proceso

El concepto básico de producción de metanol se muestra en la figura siguiente. Esta representa la base del proceso cuando se utiliza gas natural como materia prima y comprende los siguientes pasos:

- Purificación de gas natural
- Saturación del gas natural
- Calentadores de Combustión
- Pre-reformador
- Reformador Auto térmico (ATR)
- Recuperación de Calor
- Compresión del gas de síntesis
- Síntesis del metanol
- Tratamiento de gas de purga y recuperación de hidrogeno
- Destilación de metanol
- Generación de vapor
- Servicios

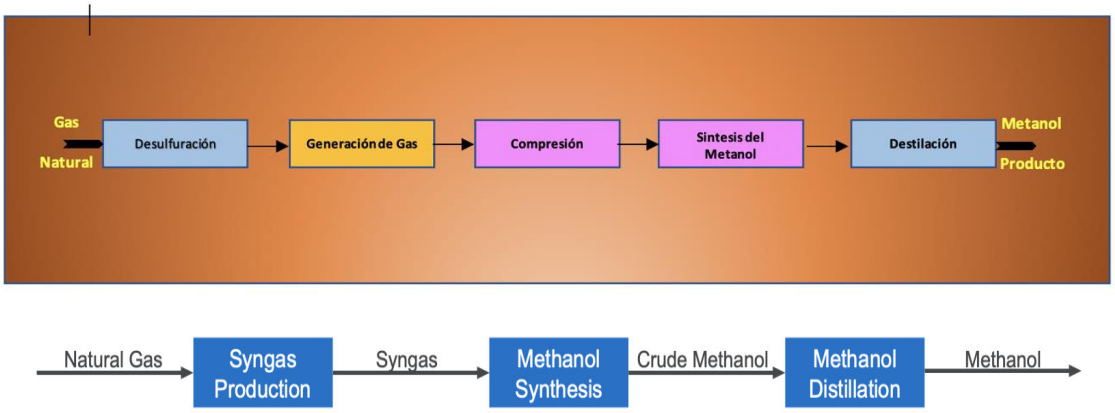


Figura 11. Diagrama de bloques del proceso

Gas natural de alimentación

Gas natural es entregado a la planta Pacífico MEXINOL a través de una tubería de 16" conectada a la red de gas natural de TC energy a una presión aproximada de 32.4 barg. El gas es entonces medido al pasar por un medidor de flujo perteneciente también a la empresa TC Energy para cuantificar las cantidades entregadas. El flujo de gas natural entregado es de aproximadamente 130 ton/h. El líquido que pueda estar presente en la corriente de gas de alimentación, es separado en el tambor separador de gas natural. Aguas debajo de este tambor, el gas natural se divide en dos corrientes, mientras que una pequeña parte se envía al cabezal de gas combustible para fines de encendido de algunos equipos, la mayoría del flujo se dirige al compresor de gas natural donde se comprime a una presión más alta. El compresor de gas natural es impulsado por una turbina de vapor de condensación con extracción de vapor de media presión.

Desulfuración

El gas natural comprimido se calienta sucesivamente en la alimentación de desulfuración/intercambiador de calor de efluentes y en el calentador de alimentación. Posteriormente, el gas natural precalentado se desulfura en una etapa combinada de hidrogenación y desulfuración utilizando catalizadores de óxido de zinc de tal forma que:

- Los componentes orgánicos de azufre (que también incluyen mercaptanos y tiofenos) son hidrogenados al sulfuro de hidrogeno en un catalizador de óxido de zinc promovido por cobalto-molibdeno en el reactor de hidrogenación y desulfuración.
- La desulfuración final por adsorción química de sulfuro de hidrogeno en un adsorbente de óxido de zinc en el reactor de hidrogenación y desulfuración, de acuerdo con la siguiente ecuación de reacción:

$$H_2S + ZnO \leftrightharpoons ZnS + H_2O$$

Los reactores de hidrogenación y desulfuración actúan como dos reactores en serie. Debido a la baja concentración de azufre, solo el primer reactor estará saturado de azufre y el segundo reactor sirve como respaldo durante el reemplazo del catalizador del primer reactor. Para evitar la interrupción de la operación mientras se reemplaza el adsorbente agotado, se puede desviar cada reactor para que la planta pueda operar utilizando un solo lecho de hidrogenación y desulfuración. Después de que el catalizador agotado se haya reemplazado con catalizador nuevo, el primer reactor puede volver a ponerse en funcionamiento en la configuración original en serie. El contenido de azufre del gas de alimentación se controla de forma constante aguas arriba, aguas abajo y entre los dos reactores. El

gas natural desulfurado se enfría en el intercambiador de calor de efluentes/alimentación de desulfuración y se dirige al precalentador de vapor de media presión.

Oxidación parcial catalítica (POX), reactor auto térmico (ATR) y recuperación del calor residual saturación y precalentamiento

Después de la desulfuración, se añade agua/vapor al gas natural para ajustar la relación vapor a carbono requerida para la reacción química posterior. Para alcanzar las temperaturas requeridas para la saturación, el gas se calienta en el precalentador y en el precalentador de fuego directo.

El gas natural ingresa al saturador desde la parte inferior y fluye hacia la parte superior de la columna pasando por ambas secciones del empaque, ambos en modo contracorriente de arriba a la parte inferior de la columna.

El agua sale caliente de la columna por la parte inferior. Una parte de esta agua de proceso luego se enfría y se envía a la planta de tratamiento de aguas residuales. La otra parte se envía al calentador de agua de reciclaje del saturador. El agua de proceso del saturador se mezcla con el agua de proceso de la columna de metanol. El calentador de agua de reciclaje del Saturador, calienta la mezcla de agua del proceso.

El condensado del proceso, en la sección de recuperación de calor residual, entra caliente en la columna. El gas natural saturado sale de la parte superior de la columna con una temperatura más alta y con contenido de agua correspondiente a sus condiciones de saturación.

Para alcanzar la relación deseada en la entrada del pre-reformador, el gas saturado se precalienta aún más en un calentador y se mezcla con vapor de proceso del cabezal de vapor de proceso de alta presión. Posteriormente, el gas saturado se calienta aún más. El gas saturado y precalentado entra al pre-reformador a una temperatura muy alta.

El pre-reformador

El pre-reformador convierte los hidrocarburos superiores en metano (CH_4), hidrógeno (H_2), dióxido de carbono (CO_2) y monóxido de carbono (CO). Aunque las mismas reacciones ocurren en la POX (ATR), un alto contenido de hidrocarburos superiores en el gas de alimentación podría conducir a la deposición de carbono y la formación de hollín. El pre-reformado del gas de alimentación a CH_4, CO, CO_2 y H_2 tiene lugar a temperaturas moderadas en un reactor adiabático con un lecho de catalizador a base de NÍQUEL. El Pre-reformador funciona a una temperatura alta de entrada para garantizar un

rendimiento óptimo y una vida útil del catalizador. La reacción general para la etapa de reformado es endotérmica, lo que da como resultado una temperatura del gas de salida del Pre-reformador un poco más baja.

POX catalítico (ATR)

El gas de salida del pre-reformador se calienta más en el intercambiador de calor de alimentación/vapor I (ATR I) y el precalentador de alimentación/vapor II (ATR II), ambos ubicados dentro de calentador de fuego directo de entrada, antes de que este entre al POX catalítico (ATR).
En el POX catalítico (ATR), el metano y los hidrocarburos reaccionan con el vapor para formar H_2, CO y CO_2. Debe añadirse al sistema, vapor por encima de los valores estequiométrico para minimizar el contenido de metano residual en el gas de salida y evitar la deposición de carbono dentro de los poros del catalizador. Al producto de esta reacción se le conoce como gas de síntesis. Las principales reacciones de reformado que tienen lugar en el POX catalítico (ATR), se resumen en las siguientes ecuaciones de reacción:

a) Reformado del metano: $CH_4 + H_2O \leftrightharpoons CO + 3\ H_2$
b) Reacción del cambio de gas de agua: $CO + H_2O \leftrightharpoons H_2 + CO_2$

Las reacciones de reformado tienen lugar a una presión media específica, lo que reduce los caudales volumétricos y el volumen del reactor POX catalítico (ATR) en comparación con los procesos convencionales basados en el reformador de vapor, que operan con presiones mucho más bajas. El reactor POX catalítico (ATR) consta de una zona exotérmica no catalítica que produce una combustión parcial (parte superior) y una zona endotérmica catalítica (parte inferior). En la parte superior y a través de un quemador de alto fuego que proporciona la energía necesaria que da lugar a las reacciones de reformado endotérmico que tienen lugar en la parte baja, el gas pre-reformado se mezcla con vapor de alta presión del proceso y con oxígeno que es producido en la unidad de separación de gases del aire (ASU). Antes de entrar en el mezclador, el oxígeno se precalienta y se mezcla con el vapor de alta presión del proceso. El vapor de alta presión del proceso también se utiliza como medio de calentamiento para el precalentador del oxígeno.

En la parte inferior del POX catalítico (ATR), el metano es convertido al pasar por un catalizador a base de níquel de lecho fijo a condiciones de equilibrio y de acuerdo con las ecuaciones de reacción dadas anteriormente, por lo que una porción de metano todavía permanece presente en el gas de síntesis. La temperatura del gas de síntesis a la salida del catalizador POX (ATR) está por encima de

los 1000 °C y esta temperatura se controla al regular la cantidad de oxígeno agregado a la zona de combustión.

Recuperación de calor residual

El propósito de la sección de recuperación de calor residual, es recuperar el calor del gas de síntesis mediante una red integrada de intercambiadores de calor. El primer paso de enfriamiento tiene lugar en dos calderas de calor residual dispuestas en paralelo, el enfriador de gas de síntesis I / II, los cuales generan vapor saturado de alta presión. Estos intercambiadores de calor están conectados al tambor de vapor de alta presión mediante elevadores y esquinas descendentes y la circulación del vapor se mantiene mediante circulación natural.

Posteriormente, se utilizan otros flujos del proceso para enfriar el gas de síntesis. Aguas abajo del enfriador de gas de síntesis I / II, este se enfría aún más, al pasar por el precalentador de gas saturado de entrada, por el calentador de agua de reciclaje del saturador, el precalentador de agua (BFW) para vapor de alta presión y el hervidor de alta presión de la columna de metanol II. Entre cada uno de los últimos tres pasos de enfriamiento, el condensado del proceso se separa del gas de síntesis (en los tambores de gas de síntesis I / II / III) y se recoge en el tambor de condensado de media presión del proceso. El gas del tambor de condensado de media presión del proceso se inyecta al cabezal de gas combustible. Una parte del condensado del proceso se envía al separador de condensado de baja presión. La otra parte se bombea con la bomba de condensado de media presión del proceso al precalentador de condensado de proceso, el cual está ubicado en el calentador de combustión de vapor de media y alta presión, donde el condensado de proceso se calienta. Finalmente, el condensado del proceso se inyecta al saturador, para ajustar el vapor a la ración de carbono del gas natural.

El gas de síntesis entonces se enfría aún más en el hervidor de la columna ejecución previa I, en el precalentador de agua pulida y en el enfriador de gas de síntesis. Nuevamente, entre cada uno de estos pasos de enfriamiento, el condensado del proceso se separa del gas de síntesis (en el tambor de gas de síntesis IV / V / VI) y se envía al separador de condensado.

El condensado del proceso purificado y enfriado se envía a la unidad de desmineralización y pulido para su procesamiento posterior. La porción de vapor de baja presión que está contaminado se elimina en la parte superior del separador y se elimina en los quemadores. El gas de síntesis enfriado se envía posteriormente a la sección de síntesis del metanol.

Calentador de combustión y el sistema de gas combustible

Los calentadores de combustión constan de dos paquetes independientes, uno para calentar las corrientes de proceso y el otro para calentar las corrientes de vapor. Cada uno está equipado con su propio silenciador de admisión de aire, ventilador de aire de combustión, precalentador de aire de combustión, ventilador de gases de combustión y chimenea. Los quemadores del calentador de combustión de proceso y del de vapor de alta y media presión se alimentan con gas combustible desde un cabezal. Además, todos los calefactores tienen una conexión desde la línea de suministro de gas natural.

Síntesis de metanol

El gas es entonces enfriado de la unidad de recuperación de calor, se comprime y se mezcla con otro gas de reciclo. La corriente de gas de reciclo es una mezcla de gases sin reaccionar con otros gases ya reaccionados de la unidad de recuperación. El gas mezclado se divide en dos corrientes iguales, se precalienta en los pre calentadores de alimentación de gas de entrada y se inyecta a los reactores. Para obtener metanol, se utiliza un reactor que combina varios catalizadores.

El intervalo de temperatura de funcionamiento preferido para estos catalizadores está en un rango de temperaturas. Es necesaria una temperatura mínima para activar la reacción; no debe excederse una temperatura máxima para evitar la desactivación y la formación de productos secundarios. Las reacciones de formación de metanol se favorecen al aumentar la presión. La generación de metanol se realiza en dos etapas.

Destilación de metanol

El mayor contenido de impurezas contenidas en el metanol crudo es: agua, gases disueltos y subproductos formados en los reactores de metanol. Algunos componentes se eliminan en la parte superior de la columna de destilación. Los otros componentes se eliminan en el fondo de la columna de metanol junto con el agua.

El metanol crudo líquido se calienta en el Intercambiador de calor y se alimenta con flujo controlado a la parte superior de la columna. Los componentes indeseados se separan del metanol crudo y se eliminan por encima como gas de destilación al cabezal de gas combustible. El Condensado se recoge y se bombea de nuevo a la parte superior de la columna.

El metanol puro condensado se recoge en un tambor de reflujo de la columna de metanol y se bombea controladamente a la parte superior de la columna de metanol como reflujo.

El metanol puro residual se enfría y se envía a través del filtro protector de metanol y el filtro de metanol para atrapar las impurezas que aún puede estar presente en las trazas.

El condensado restante se extrae como metanol puro, se mezcla con la corriente de metanol puro filtrado de la columna de metanol de alta presión y se envía al tanque de control de metanol.

Almacenamiento intermedio de metanol

El metanol puro de la sección de destilación de metanol se envía a los tanques de control de metanol. En estos tanques, el metanol puro se almacenará hasta que se verifique y apruebe su calidad. En caso de cumplir con las especificaciones de calidad del producto, este se bombea con las bombas de transferencia de metanol a los tanques de almacenamiento de metanol.

En caso de alteraciones en el proceso o si la calidad del metanol puro no es suficiente, este se envía al tanque de almacenamiento de metanol fuera de especificación, desde donde se puede bombear de regreso al Tambor de alimentación de la columna, a través de las bombas de metanol impuro. Además, el metanol impuro del tambor de alimentación de columna de pre-ejecución, del tambor de decantación de metanol y de la columna de metanol y se puede enviar directamente al tanque de almacenamiento de metanol fuera de especificación.

Los tanques de control de metanol están diseñados para un tiempo de retención de 12 horas, mientras que el tanque de metanol impuro está diseñado para un tiempo de retención de 24 horas.

Los gases de la sección de almacenamiento intermedio de metanol y de la sección de almacenamiento de producto de metanol, así como los gases de la sección de carga del barco de metanol son enviados al lavador de ventilación del tanque de metanol atmosférico para minimizar las emisiones de metanol al medio ambiente. El lavador de ventilación del tanque de metanol está equipado con al menos dos secciones de empaque que operan en modo contracorriente.

La sección de empaque superior se alimenta con agua fresca pulida y la sección de empaque inferior se alimenta con agua reciclada que se bombea a través de la bomba de reciclaje de agua de lavado, desde la parte inferior del lavador de ventilación del tanque de metanol. La purga del lavador se envía

de regreso al tambor de alimentación de la columna de pre-ejecución, a través de la bomba BD de agua de lavado o se puede enviar al tanque de metanol impuro o al tambor de metanol respectivamente. Para evitar la contaminación cruzada de los tanques de control y los tanques de almacenamiento de producto, los gases de ventilación del tanque de metanol impuro y los gases de ventilación de la sección de carga del barco tienen conexiones separadas al lavador.

Recuperación de hidrógeno

El propósito de la recuperación de hidrógeno es separar el hidrógeno del gas de purga de metanol, el cual es rico en hidrogeno. En el proceso, la recuperación de hidrógeno se lleva a cabo por adsorción por cambio de presión (PSA).

El proceso PSA se basa en el principio de que los adsorbentes son capaces de extraer más impurezas a una presión parcial de fase gaseosa más alta que a una presión parcial más baja. Los componentes como CO_2, CO y CH_4 se adsorben selectivamente en un absorbedor de lecho fijo a alta presión y luego se liberan cuando la presión del sistema "oscila" a un nivel más bajo. El hidrógeno esencialmente no se adsorbe. La capacidad de adsorber completamente las impurezas permite la producción de un producto de hidrógeno de alta pureza. En este caso son suficientes purezas > 98% en volumen. Un PSA funciona sin la adición o eliminación de calor.

El proceso PSA es un proceso semi-discontinuo que utiliza múltiples absorbedores para proporcionar un flujo constante de alimentación, hidrógeno de alta pureza y gases de escape. El ciclo completo de oscilación de presión tiene cuatro pasos discretos: adsorción, despresurización, purga y re-presurización. La regeneración del adsorbente se realiza mediante una despresurización en dos etapas (en paralelo y luego en contracorriente), seguida de una purga de gas para mejorar la tasa de desorción. Finalmente, el recipiente de adsorción se vuelve a presurizar a la presión de funcionamiento.

La purificación continua de gas se logra mediante el uso de trenes de adsorción paralelos con la ventaja de reducir las pérdidas de flujo de producto y aumentar la eficiencia general, mientras se mantiene una alta pureza del gas del producto. La despresurización controlada se usa para minimizar las fluctuaciones en el gas de purga del PSA alimentado al sistema de gas de descarga.

La corriente de producto de hidrógeno purificado sale de la unidad PSA y se añade al gas producto de la segunda etapa del reactor de metanol aguas arriba del enfriador de Metanol Crudo I. Después de enfriar y separar líquidos, el gas mezclado, incluido el hidrógeno del PSA, se comprimen en el

compresor de gas de reciclo. El gas de reciclo se mezcla con el gas de síntesis, se alimenta al circuito de síntesis aguas abajo del compresor de gas de síntesis y se dirige a la primera etapa del reactor. El gas de escape del PSA (impurezas y pérdidas de hidrógeno), disponible a baja presión, se envía al cabezal de gas combustible. En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo del proceso.

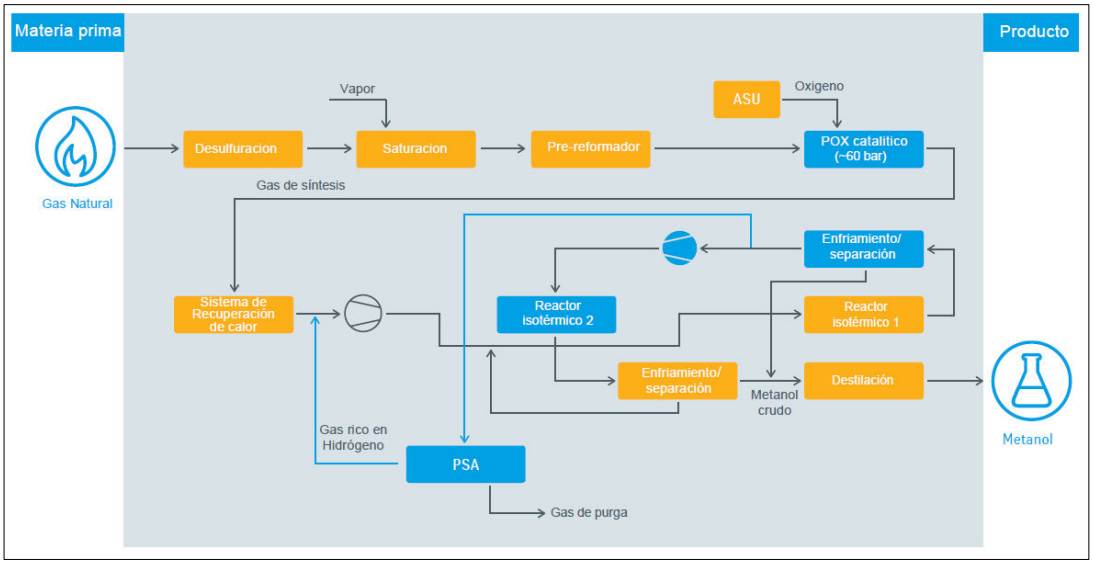


Figura 12. Diagrama de flujo de proceso

Carga de Metanol

El despacho de metanol a buque-tanques se hará a una tasa máxima de 3,000 m^3/h a través de un ducto de 28 pulgadas desde la zona de almacenamiento en la planta de producción, hasta el puerto. En las adyacencias del puerto se prevé la instalación de trampas, para el envío de herramientas de inspección del ducto cuando sea necesario.

El diseño de las instalaciones considera cargar de buques de 50.000 DWT (Handymax). Mensualmente se esperan entre 3 y 4 buques en el Puerto y cada operación se hará en aproximadamente 30 horas, tomando en cuenta las maniobras de atraque y amarre de los buques.
Para cargar el metanol se instalarán 2 brazos de carga de 12 pulgadas con sus respectivas conexiones de retorno de vapores. Adicionalmente, los brazos contarán con sistemas de liberación de emergencia y acoples de conexión/desconexión rápida.