

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**ESTUDIO TÉCNICO PARA EL CAMBIO DE TECHO FIJO A
TECHO FLOTANTE EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO
DE GASOLINA ESPECIAL No 211 DE LA PLANTA
GUILLERMO ELDER BELL**

**TRABAJO EN OPCIÓN A DIPLOMADO EN TRANSPORTE,
ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE HIDROCARBUROS,
VERSIÓN II**

ISAÍAS CUBA PEREIRA

**Sucre – Bolivia
2023**

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diplomado en Transporte, Almacenamiento y Distribución de Hidrocarburos de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Isaías Cuba Pereira

Sucre, diciembre de 2023

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a:

Dios por darme la vida, mi familia, y todos los dones que he recibido, ya que a través de ellos he llegado a cumplir todas las metas que me he planteado en la vida.

También se lo dedico a mis padres, ya que ellos son el pilar fundamental en mi vida, gracias a su apoyo, amor, comprensión y mucha paciencia, me han sabido guiar por el camino correcto de la vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por llenarme de bendiciones, por brindarme fortaleza, por cuidarme y acompañarme todos los días.

A mis padres, por darme la oportunidad de realizar mis estudios y la libertad de elegir la profesión que me apasiona, estaré eternamente agradecido, gracias por todo.

A mis hermanos y sobrinos, por ser mis amigos y confidentes, por apoyarme en todo momento en cada decisión que tomo y por estar siempre a mi lado.

A la prestigiosa Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios en la carrera de Ingeniería de Petróleo y Gas Natural y formarme como profesional.

A los docentes de la carrera de Ingeniería de Petróleo y Gas Natural, por su tiempo y dedicación, por compartir su experiencia y conocimientos.

A mis amigos, compañeros, familiares cercanos y a todas las personas que me incentivaron y me motivaron a seguir adelante.

RESUMEN

El tanque No 211 de la refinería Guillermo Elder Bell el cual es de techo fijo presenta emisiones de compuestos orgánicos volátiles, ya que esta almacena gasolina especial la cual no es apta para ser almacenada en este tipo de techo, estas emisiones van provocando pérdidas económicas a la refinería como también contaminación ambiental, daño a las personas del lugar y trabajadores.

La presente monografía tiene por objetivo desarrollar un estudio técnico para el cambio de techo fijo a techo flotante en el tanque de almacenamiento de gasolina especial N° 211 de la planta Guillermo Elder Bell, con el fin de minimizar la emisión de compuestos orgánicos volátiles.

En el primer objetivo se realizó el estudio de las condiciones del tanque de almacenamiento No 211 de almacenamiento de gasolina especial.

En el segundo objetivo se realizó el concepto de tanques de almacenamiento, clasificación de tanques, tipos de techos, accesorios de techos fijos como también de techos flotantes y normas que se aplican en la construcción y mantenimiento de tanques de almacenamiento de hidrocarburos.

En el tercer objetivo se realizó la selección del tipo de techo flotante según la norma API 650 y el dimensionamiento de techo flotante.

RESULTADOS, cabo mediante una exhaustiva consulta de diversas fuentes de información. Este enfoque integral garantizará una comprensión profunda de los aspectos técnicos, normativos y operativos relacionados con el cambio propuesto, con el cual se llegaría a reducir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	2
1.3.1 Justificación Técnica.....	2
1.3.2 Justificación Económica.....	2
1.3.3 Justificación Ambiental	3
1.4 METODOLOGÍA.....	3
1.4.1 Metodología Exploratoria.....	3
1.4.2 Técnicas De Investigación	3
1.4.3 Instrumentos	3
1.5 OBJETIVOS.....	4
1.5.1 Objetivo General	4
1.5.2 Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO II: DESARROLLO.....	5
2.1 MARCO TEÓRICO	5
2.1.1 Tanques De Almacenamiento.....	5
2.1.2 Tanque Atmosférico De Techo Fijo	5
2.1.2.1 Accesorios De Los Tanques De Techo Fijo Cónico	6
2.1.3 Tanque Atmosférico De Techo Flotante	9
2.1.3.1 Accesorios De Los Tanques De Techo Flotante	9
2.1.4 Tipos De Tanque De Techo Flotante.....	16
2.1.4.1 Tanques De Techo Flotante Externo (EFRT).....	16
2.1.4.2 Tanques De Techo Flotante Interno (IFRT).....	18
2.1.4.3 Tanques De Techo Flotante Tapado (CFRT).....	18
2.1.5 Normas Aplicables	20
2.2 MARCO CONTEXTUAL.....	20
2.2.1 Ubicación De La Refinería Guillermo Elder Bell (G.E.B.).....	20
2.2.1.1 Carga Procesada De Crudo.....	22
2.2.1.2 Producción De Gasolina Especial	23
2.3 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS.....	24
2.3.1 Características Actuales Del Tanque	24
2.3.2 Cálculo De Perdidas En Tanques Con Techo Fijo.	24
2.3.3 Dimensionamiento Del Techo Flotante Externo Y Accesorios.	31
2.3.3.1 Selección De Tipo De Techo Flotante	31

2.3.3.2	Techo Flotante Tipo Pontón.....	31
2.4	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	37
2.4.1	Análisis.....	37
2.4.2	Discusión.....	38
2.5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40
2.5.1	Conclusiones.....	40
2.5.2	Recomendaciones.....	40
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
	ANEXOS.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: TANQUE ATMOSFÉRICO DE TECHO FIJO.....	5
FIGURA 2: VÁLVULA DE PRESIÓN Y VACÍO	6
FIGURA 3: ESCOTILLA DE MEDIDA.....	7
FIGURA 4: AISLAMIENTO TÉRMICO EN UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO	8
FIGURA 5: AISLAMIENTO TÉRMICO EN UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO	8
FIGURA 6: TANQUE ATMOSFÉRICO DE TECHO FLOTANTE TIPO PONTÓN	9
FIGURA 7: PLATAFORMA O CUBIERTA FLOTANTE	10
FIGURA 8: MEDIDOR AUTOMÁTICO TIPO RADAR	11
FIGURA 9: MEDIDOR AUTOMÁTICO TIPO RADAR	11
FIGURA 10: MEDIDOR AUTOMÁTICO TIPO RADAR	12
FIGURA 11: ESCALERA DE ACCESO AL TECHO FLOTANTE	13
FIGURA 12: VENDEO DE PURGA AUTOMÁTICA	13
FIGURA 13: VENDEO DE PURGA AUTOMÁTICA	14
FIGURA 14: SELLOS PRIMARIOS.....	15
FIGURA 15: MANHOLE	16
FIGURA 16: TECHO FLOTANTE EXTERNO DE DOBLE CUBIERTA.....	17
FIGURA 17: TECHO FLOTANTE INTERNO	18
FIGURA 18: TECHO FLOTANTE TAPADOS O CUBIERTOS.....	19
FIGURA 19: REFINERÍA GUILLERMO ELDER BELL.....	21
FIGURA 20: CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO DE LA REFINERÍA GUILLERMO ELDER BELL	21
FIGURA 21: CARGA PROMEDIO PROCESADA DE CRUDO – BPD	23
FIGURA 22: PRODUCCIÓN DE LA GASOLINA ESPECIAL EN M ³ /MES	23
FIGURA 23: CALCULO DE DIMENSIONES DE PONTÓN.....	32
FIGURA 24: CALCULO DE TECHO BAJO CONDICIONES DE LLUVIA	32
FIGURA 25: CALCULO DE ESTABILIDAD	33
FIGURA 26: ANGULO DE INCLINACIÓN	35
FIGURA 27: ACCESORIOS TECHO FLOTANTE	37

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: TANQUES DE ALMACENAMIENTO SEGÚN EL PRODUCTO QUE ALMACENA LA REFINERÍA G.E.V.....	22
TABLA 2: PRODUCCIÓN PROMEDIO DE CARBURANTES DE LA REFINERÍA GUILLERMO ELDER BELL.....	22
TABLA 3: FICHA TÉCNICA DEL TANQUE 2021	24
TABLA 4: MERMAS EN EL TANQUE N° 211	37
TABLA 5: COMPARACIÓN DE LA MONOGRAFÍA CON LOS ANTECEDENTES	39

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO “A”: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA GASOLINA ESPECIAL

ANEXO “B”: FICHA DE EMERGENCIA DE LA GASOLINA ESPECIAL

ANEXO “C”: FICHA TÉCNICA DE LA REFINERÍA GUILLERMO ELDER BELL

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En 2010 en Perú en la ciudad de Lima Samuel Ángel Apolinario De Los Santos realizó una modificación de techo fijo a techo flotante en los tanques de almacenamiento para minimizar la evaporación de Hidrocarburos y derivados para disminuir las pérdidas de productos y bajar el potencial de riesgo en la seguridad y contaminación ambiental, así también dar cumplimiento al D.S. No.052-93 EM.

En 2010 en Quito en la ciudad de Ecuador Ángel Rolando Guainilla Cajas realizó un análisis de perdidas por evaporación en un tanque de almacenamiento de crudo de techo fijo para justificar el cambio a techo flotante en la estación AGIP OIL (BAEZA), ya que esta presenta problemas de perdidas por evaporación las cuales se pueden reducir considerablemente pero no eliminar, mediante este análisis con el cambio de techo, el cambio de pintura se redujo dichas emisiones como también la contaminación ambiental y del personal de la estación.

El 2012 en Bolivia en la ciudad de Cochabamba Wilber Alexis Correa Salguero realizó un estudio de minimización de compuestos orgánicos volátiles (COV) en el tanque de techo fijo de almacenamiento de gasolina especial N° 2931 de Y.P.F.B. logística mediante la aplicación de techo interno flotante, ya que este tanque presenta venteos directos a la atmosfera que causan emisiones significativas de compuestos orgánicos volátiles por variaciones en presión, temperatura y nivel del líquido. Con esta implementación se minimizará las pérdidas de los COV y se reducirá el riesgo de formación de mezclas explosivas en las cercanías del tanque.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los tanques atmosféricos de techo fijo, al tener venteos directo a la atmosfera causan emisiones significativas de productos volátiles por variación de presión, temperatura y nivel del líquido.

En Bolivia, el almacenamiento no adecuado de hidrocarburos en la industria petrolera, genera pérdidas por evaporación de los productos de mayor agregado como es el caso de la gasolina especial se almacena actualmente en tanques de techo fijo.

El tanque 211 de almacenamiento de gasolina en la planta Guillermo Elder Bell presenta una serie de desafíos y preocupaciones operativas como por ejemplo los volúmenes de almacenaje no se mantienen cuando se realiza la custodia del fluido, por otra parte, el tema de seguridad

tiene un riesgo a presentar una explosión por los vapores que se descargan por tener techo fijo, estos vapores contaminan el medio ambiente. El techo fijo no solo ocasiona las pérdidas económicas para la industria si no la emisión de gases tóxicos al medio ambiente con el riesgo inherente debido a la presencia de sustancias combustibles de alta volatilidad y toxicidad en la atmosfera. Además, el techo fijo no permite una eficiente gestión de los volúmenes de almacenamiento, lo que limita la capacidad de almacenar gasolina de manera efectiva para satisfacer la demanda de la planta. La conversión a un techo flotante es una medida necesaria para abordar estos problemas y garantizar un almacenamiento seguro, eficiente y en cumplimiento con las regulaciones.

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Justificación Técnica

Como no cuenta con un techo flotante el tanque de almacenamiento de dicho combustible al realizar esta propuesta, se garantizará el abastecimiento del combustible gasolina especial y la manera de seguir aprovisionando de manera constante si es necesario una ampliación de más tanques que pueda existir en el transcurso de los años.

Un techo flotante se asocia con una mayor seguridad y eficiencia operativa, reduciendo los riesgos de fugas y posibles incidentes en el almacenamiento de combustibles.

Se implementará de acuerdo a las normas que nos exigen para dicho manipuleo del tanque que tienen que cumplir.

1.3.2 Justificación Económica

Con el desarrollo del presente se podrá generar más ingresos económicos que incrementan beneficios para la empresa que este prestando servicios, para el departamento de Santa Cruz por encontrarse en dicha ciudad e indirectamente contribuirá al desarrollo del país lo cual beneficiaría a la sociedad.

La conversión garantizará que el tanque cumpla con las regulaciones y estándares vigentes, evitando posibles sanciones y problemas de cumplimiento lo que puede resultar en ahorros a largo plazo.

1.3.3 Justificación Ambiental

La conversión permitirá reducir significativamente las emisiones de COV, lo que contribuirá a la protección del medio ambiente y al cumplimiento de las regulaciones ambientales locales, nacionales e internacionales.

La conversión refuerza la responsabilidad corporativa y la imagen de la Planta Guillermo Elder Bell como un actor comprometido con la protección del medio ambiente y la seguridad.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Metodología Exploratoria

Para el "Estudio Técnico para el Cambio de Techo Fijo a Techo Flotante en el Tanque de Almacenamiento de Gasolina Especial No. 211 de la Planta Guillermo Elder Bell" se llevará a cabo mediante una exhaustiva consulta de diversas fuentes de información. Este enfoque integral garantizará una comprensión profunda de los aspectos técnicos, normativos y operativos relacionados con el cambio propuesto.

1.4.2 Técnicas de investigación

La técnica a utilizar será la recopilación de documentos y si la recopilación de documentos no es suficiente se hará entrevistas a personas especializadas sobre el tema para mejorar la investigación.

Por medio de consultas a libros, y otras fuentes, se diseñarán una base de datos, referentes al tema de investigación requerida.

El tratamiento de información se iniciará con la verificación de la información de los tanques a estudiar, con el fin de ser objetivos con la información que se obtendrá.

1.4.3 Instrumentos

La información obtenida se recopiló para su posterior análisis, en planillas de consumo diario, informes de recepción, informes de despacho, planillas de costos del diseño de tanques, también se obtuvo información mediante revisiones bibliográficas, documentos digitales (PDF), páginas web, entrevistas a YPFB Logística.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Desarrollar un estudio técnico para el cambio de techo fijo a techo flotante en el tanque de almacenamiento de gasolina especial N° 211 de la planta Guillermo Elder Bell, con el fin de minimizar la emisión de compuestos orgánicos volátiles.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Realizar estudios de diagnóstico del tanque de almacenamiento de gasolina especial N° 211 en condiciones actuales.
- Identificar todos los problemas actuales presentes en el tanque de almacenamiento de gasolina especial N° 211.
- Implementación y dimensionamiento del techo flotante al tanque de almacenamiento de gasolina especial N° 211.
- Realizar el análisis económico para la factibilidad del siguiente estudio técnico.

CAPÍTULO II: DESARROLLO

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Tanques de Almacenamiento

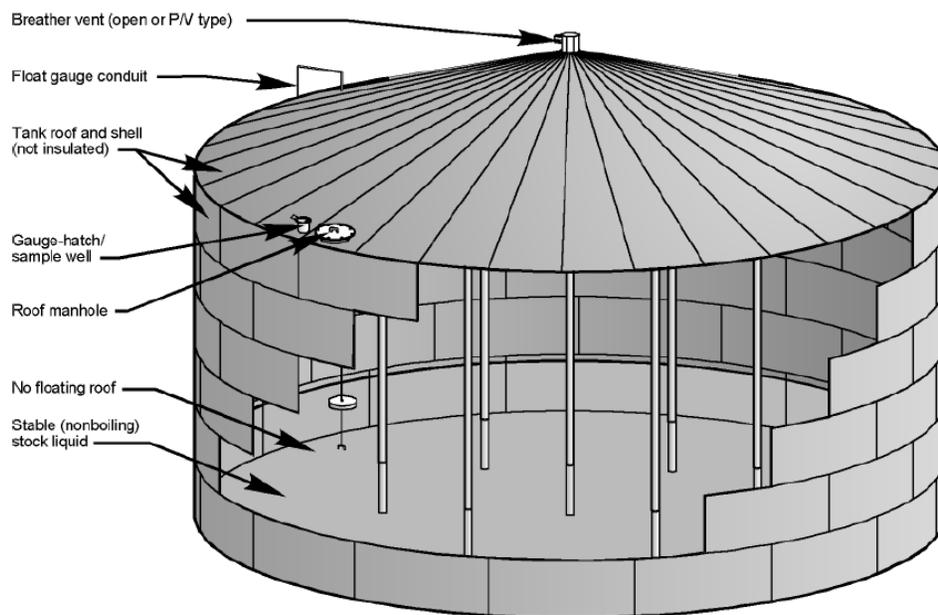
Los tanques de almacenamiento son estructuras de diversos materiales, por lo general de forma cilíndrica o esférica, capaz de almacenar fluido a determinada presión y temperatura, siendo el almacenamiento de vital importancia en la explotación de hidrocarburos debido a que actúa como pulmón entre producción y transporte absorbiendo la variación de consumo.

Los tanques de almacenamiento se usan como depósitos para contener una reserva suficiente de algún producto para su uso posterior y/o comercialización.

2.1.2 Tanque atmosférico de techo fijo

Son los tanques que pueden tener techo auto soportado o por columnas, la superficie del techo tiene la forma de un cono, el tanque opera con un espacio para los vapores, el cual cambia cuando varía el nivel de los líquidos. Es utilizado generalmente para almacenar líquidos, posee ventilaciones en su techo el cual permite la emisión de vapores y que el interior se mantenga aproximadamente igual a la presión atmosférica, pero produciéndose pérdidas de respiración.

Figura 1: Tanque atmosférico de techo fijo



Fuente: Norma API-MPMS 19.1 – Evaporative Loss Measurement

2.1.2.1 Accesorios de los tanques de techo fijo cónico

a) Sistemas de Alivio y venteo

Todo recipiente posee sistemas de venteo de alivio y presión para prevenir sobrepresiones o vacíos en el interior, de tal manera que se evite la deformación del techo y las paredes del tanque, como consecuencia de la variación de presión producida por las operaciones de llenado, vaciado o cambios de temperaturas. Las salidas de este sistema deben estar alejadas de los puntos de operación o vías de circulación de personas, donde puedan quedar expuestas a fugas de líquidos o vapores. Los venteos pueden ser

- ✓ Venteo tipo cuello de ganso o tipo abierto
- ✓ Venteo de conservación

Figura 2: Válvula de presión y vacío

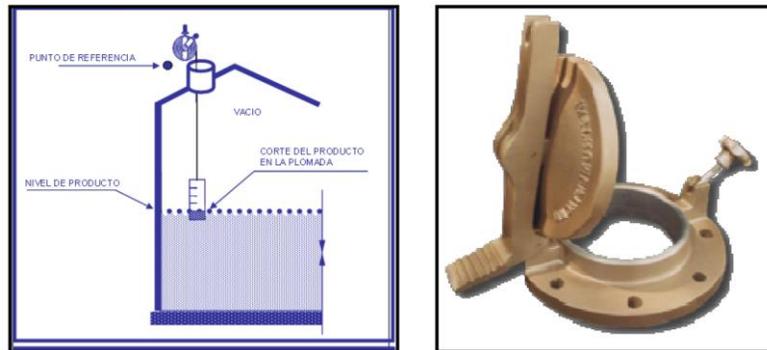


Fuente: Manual de Interpretación, Manejo y Cumplimiento de Normas API-ASTM elaborado en base a Guainilla (2010)

b) Escotilla de medida

Se encuentra ubicada en el techo del tanque, la cual atraviesa el mismo y se emplea para observar o medir el contenido del tanque. Cada escotilla de inmersión posee un punto de referencia marcado, debajo de este y sobre el fondo del tanque se encuentra un plato, situado de forma que la distancia desde el punto de referencia hasta el fondo del tanque permanece constante durante toda la vida del tanque.

Figura 3: Escotilla de medida



Fuente: Manual de Interpretación, Manejo y Cumplimiento de Normas API-ASTM elaborado en base a Guainilla (2010)

c) Sello de gas

Algunos tanques están provistos de una purga de nitrógeno o de algún otro gas dulce de refinería, para impedir el contacto de ciertos productos con el oxígeno del aire. Esto puede afectar el producto almacenado debido a la absorción de gas.

d) Diafragma de los vapores de cabeza

Se aplica en caso de almacenaje de gasolina en tanques de techo cónico. Comúnmente se conecta los venteos de varios de los tanques a un tanque de diafragma. Cuando aumenta la temperatura, los vapores se acumulan bajo el diafragma expandido, y cuando se reduce la temperatura, el diafragma retorna el vapor al tanque evitando pérdidas de producto.

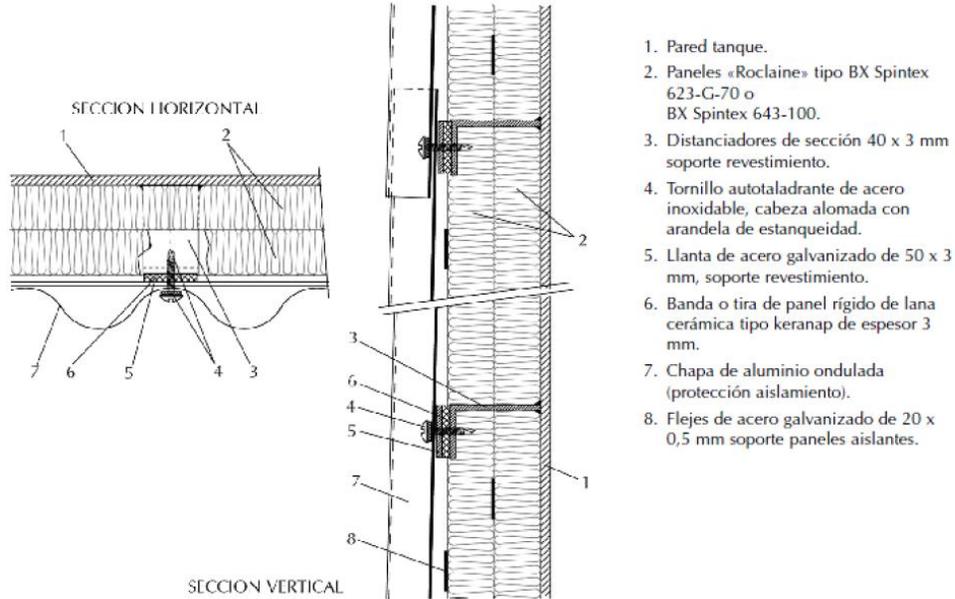
e) Calentadores de tanques

Estos pueden ser incorporados tanto a los tanques de techo fijo como los de techo flotante, cuyo producto requiera un calentamiento constante para conservar su fluidez. Pueden ser serpentines que se colocan en el fondo del tanque, o un intercambiador de calor en la línea de succión. El medio principal de calefacción puede ser vapor o aceite caliente.

f) Asilamiento

Para conservar el producto y garantizar la estabilidad y seguridad del proceso de producción, es importante mantener la temperatura interna del tanque entre ciertos límites de temperatura. El aislamiento reduce significativamente las ganancias y pérdidas de calor del producto por los ciclos de evaporación y condensación, previniendo que se congelen o reciban calor excesivo por la radiación solar.

Figura 4: Aislamiento térmico en un tanque de almacenamiento



Fuente: ISOVER - Manual de Aislamiento en la Industria elaborado en base a Valenzuela (2011)

g) Superficie externa del gas

La pintura del techo y del tanque en general, permite reducir las pérdidas por evaporación y mantener en buenas condiciones el tanque. El uso de pintura blanca provee una superficie reflectante y una disminución de la temperatura de la superficie metálica del tanque, reduciendo la entrada de calor al espacio de vapor del tanque y las pérdidas por respiración.

Figura 5: Aislamiento térmico en un tanque de almacenamiento



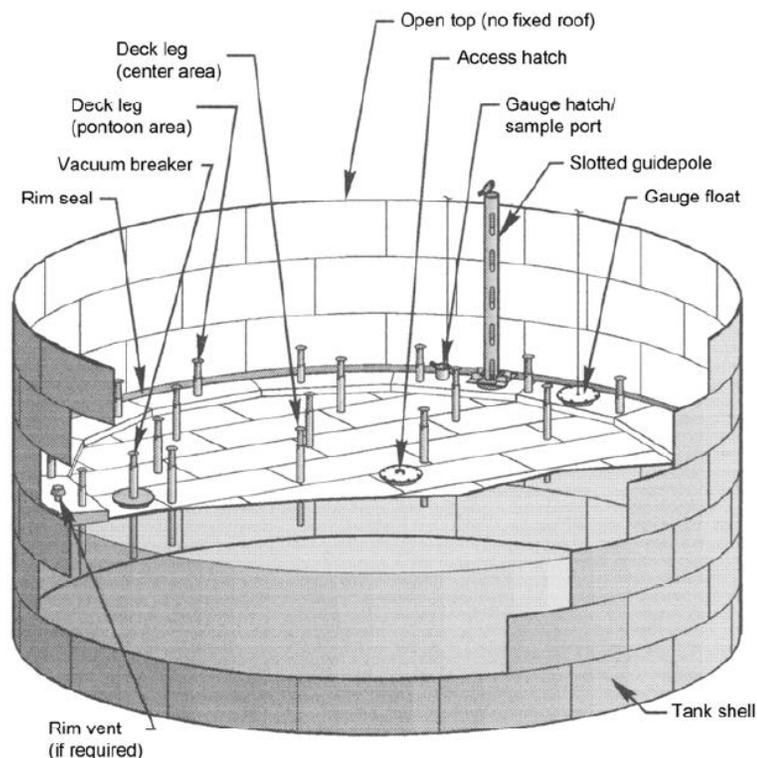
Fuente; Fundamentos de los sistemas de almacenamiento (2016)

2.1.3 Tanque atmosférico de techo flotante

Estos tanques reducen las pérdidas por llenado y vaciado, lo cual se logra eliminando o manteniendo constante el espacio destinado a vapores, arriba del nivel del líquido. La pared y el techo están contruidos de acero y es semejante a los tanques ya mencionados. En estos tanques el techo flota sobre el líquido eliminándose el espacio para los vapores, los tanques de pontones anulares y el techo de doble capa, son algunas variantes de este tipo de tanques.

El sello entre la pared y el techo móvil se logra por medio de zapatas que están presionadas contra la pared por medio de resortes o contrapesos con una membrana flexible atada entre la zapata y la cubierta del techo, cabe destacar que existen otros tipos de tanques de techo flotantes, pero son menos empleados en esta gran industria.

Figura 6: Tanque atmosférico de techo flotante tipo pontón



Fuente: Norma API-MPMS 19.2 – Evaporative Loss Measurement, (2020)

2.1.3.1 Accesorios de los tanques de techo flotante

Los tanques de techo flotante incluyen tres grupos de componentes básicos:

- ✓ Plataformas o Cubiertas flotantes.

✓ Accesorios de la Plataforma.

✓ Sellos

a) Plataformas o cubiertas flotantes

El uso de las plataformas o cubiertas flotantes se realiza con el fin de minimizar las pérdidas por evaporación, de modo que este cubre la superficie del líquido, evitando la exposición de líquido a la evaporación, a veces manteniendo contacto con la superficie del líquido o encerrando una capa de vapor saturado entre la cubierta y el líquido. Las cubiertas flotantes se utilizan para productos volátiles con una presión de vapor verdadera a las condiciones de almacenamiento por debajo de la presión atmosférica.

Figura 7: Plataforma o cubierta flotante



Fuente: Medición de hidrocarburos líquidos-Acebedo elaborado en base a Valenzuela (2011)

b) Accesorios de la plataforma

Los accesorios de la plataforma cumplen funciones operativas o estructurales, y pueden constituir una fuente de pérdida de evaporación cuando existen aberturas en la plataforma o cubierta. Algunos accesorios que no atraviesan la plataforma, no constituyen fuentes de pérdidas por evaporación.

c) Medidores automáticos de nivel

Estos se adaptan tanto a los tanques de techo cónico como en los de techo flotante. Generalmente miden la temperatura del contenido del tanque a tres pies de la base del tanque y a dos pies y seis pulgadas de la pared del tanque.

Figura 8: Medidor automático tipo radar



Fuente: SETRIA-Refinería Estatal Esmeraldas elaborado en base a Valenzuela (2011)

d) Soportes del techo

Los techos flotantes están equipados con soportes para impedir que, en la posición baja del nivel del fluido en un tanque, o cuando este se encuentre casi vacío; el techo pueda obturar las entradas y salidas del tanque, o pueda dañar cualquier equipo dentro del tanque.

Figura 9: Medidor automático tipo radar



Fuente: Tanques de Almacenamiento de Hidrocarburos elaborado en base a Valenzuela (2011)

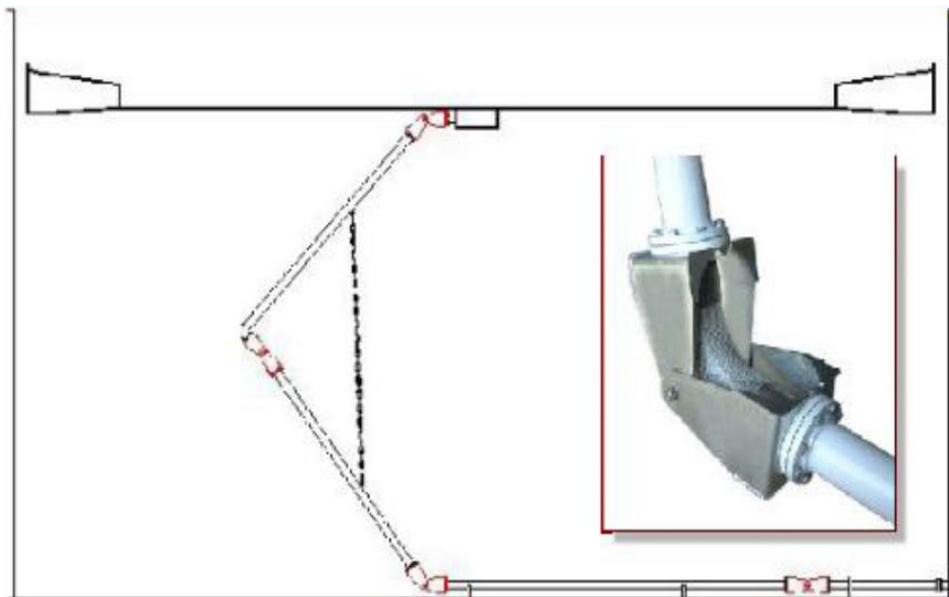
e) Drenajes del techo

Sirven para remover el agua que se deposita sobre el techo. Los más comunes usados son:

- ✓ Drenaje de manguera flexible.
- ✓ Drenaje de tubo articulado.

Cualquiera que fuese el caso, el tubo o manguera va desde una fosa en el techo a través del líquido contenido en el tanque y sale por medio de una válvula de desagüe situada en la parte exterior de la pared del tanque.

Figura 10: Medidor automático tipo radar



Fuente: Tanques de Almacenamiento de Hidrocarburos elaborado en base a Valenzuela (2011)

f) Escaleras de acceso al techo

Proporcionan un acceso seguro desde el borde superior del tanque a la cubierta del techo flotante. Esta escalera se encuentra suspendida del borde y soportada sobre ruedas, las cuales corren sobre rieles apropiados en la cubierta del techo.

Figura 11: Escalera de acceso al techo flotante



Fuente: Medición de hidrocarburos líquidos-Acebedo elaborado en base a Valenzuela (2011)

g) Venteo de purga automática

Se encuentran acoplados a la cubierta de techo flotante para ventear el aire retenido bajo el techo flotante, durante el llenado inicial del tanque. Después de que el líquido se encuentra en un nivel suficientemente elevado como para hacer flotar el techo, el venteo se cierra automáticamente. Cuando se vacía el tanque, automáticamente se abre el venteo, justo antes de que el techo se asiente sobre sus soportes, esto impide la formación de vacío.

Figura 12: Venteo de purga automática



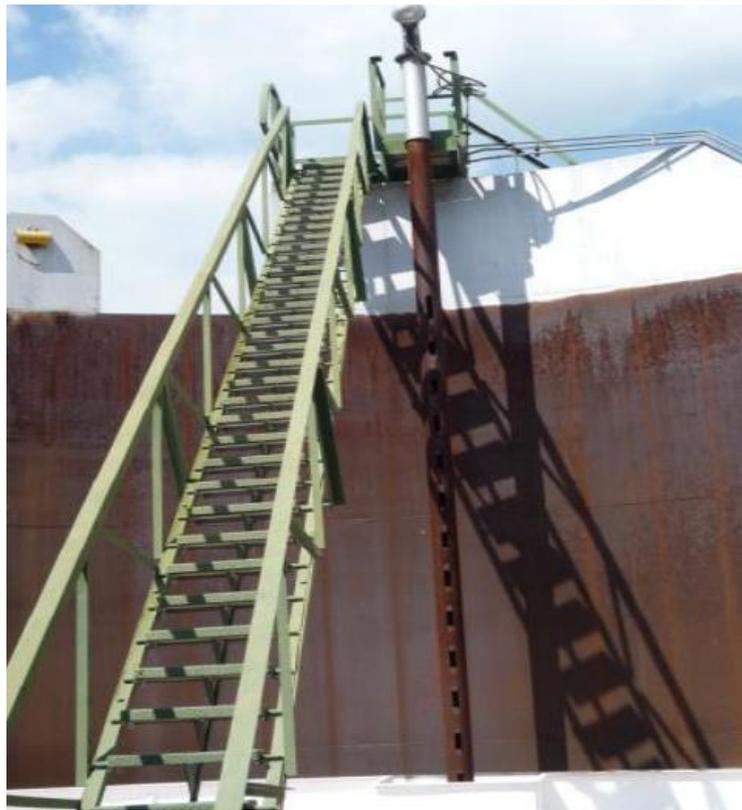
Fuente: SETRIA-Refinería Estatal Esmeraldas elaborado en base a Valenzuela (2011)

h) Poste guía (ranurado)

Generalmente se encuentra ubicado sobre la plataforma flotante y la atraviesa poniéndose en contacto con el producto, se eleva hasta la parte más alta del tanque, donde ofrece un acceso al personal para la medición del volumen del tanque o tomar muestras del producto.

El poste es ranurado o perforado con la finalidad de que al subir o bajar el nivel del producto, este se pueda llenar al mismo nivel para apreciar una correcta medición, y también evita que se acumulen los vapores dentro del tubo que pueden causar daño a la persona que destapa en la parte superior del poste al momento de realizar un aforo.

Figura 13: Venteo de purga automática



Fuente: SETRIA-Refinería Estatal Esmeraldas elaborado en base a Valenzuela (2011)

i) Sellos del techo

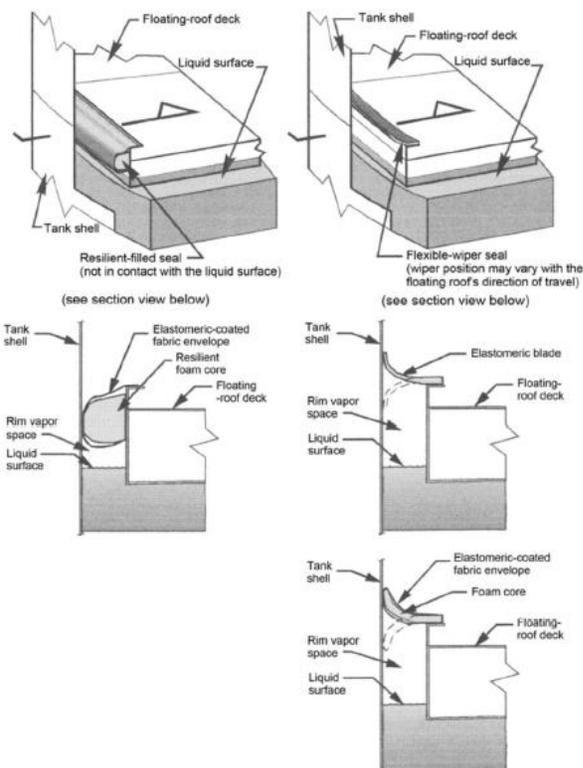
El sello consiste en un anillo de metal, donde el fondo del mismo permanece bajo la superficie del líquido. El espacio entre la corona rígida del techo flotante y la pared del tanque se cierra por medio del sello. Este sello posee un revestimiento de caucho sintético a prueba de la intemperie y hermético a los vapores, permitiendo el control de las pérdidas por evaporación

desde el espacio. El anillo sellante se mantiene en posición contra la pared del tanque por medio de unas barras de suspensión tipo pantógrafo, las cuales también mantienen el techo centrado dentro del tanque.

En el sistema de sellado puede estar constituido por uno o dos sellos:

- ✓ Sello Primario
- ✓ Sello Secundario

Figura 14: Sellos primarios



Fuente: Norma API-MPMS 19.2 – Evaporative Loss Measurement

j) Entrada de hombre (Manhole)

Los manholes del techo se utilizan para proveer acceso interno al tanque para mantenimiento, limpieza, revisión, reparaciones, etc. Consta de una apertura circular con un cuello periférico vertical incorporado al techo con una cubierta extraíble, con un tamaño accesible a las personas y materiales. Normalmente existe una entrada de hombre en el techo del tanque y al menos una al costado del mismo. Hay tanques que poseen tres entradas de hombres laterales.

Figura 15: Manhole



Fuente: Fiscalización de tanques de almacenamiento Rengifo elaborado en base a Valenzuela (2011)

2.1.4 Tipos de tanque de techo Flotante

2.1.4.1 Tanques de techo flotante externo (EFRT)

El tanque de techo flotante externo no tiene un techo fijo en la parte superior del cuerpo del tanque y la cubierta flotante está por tanto expuesto a cargas ambientales como la lluvia. La cubierta flotante es típicamente construida de chapa de acero soldada.

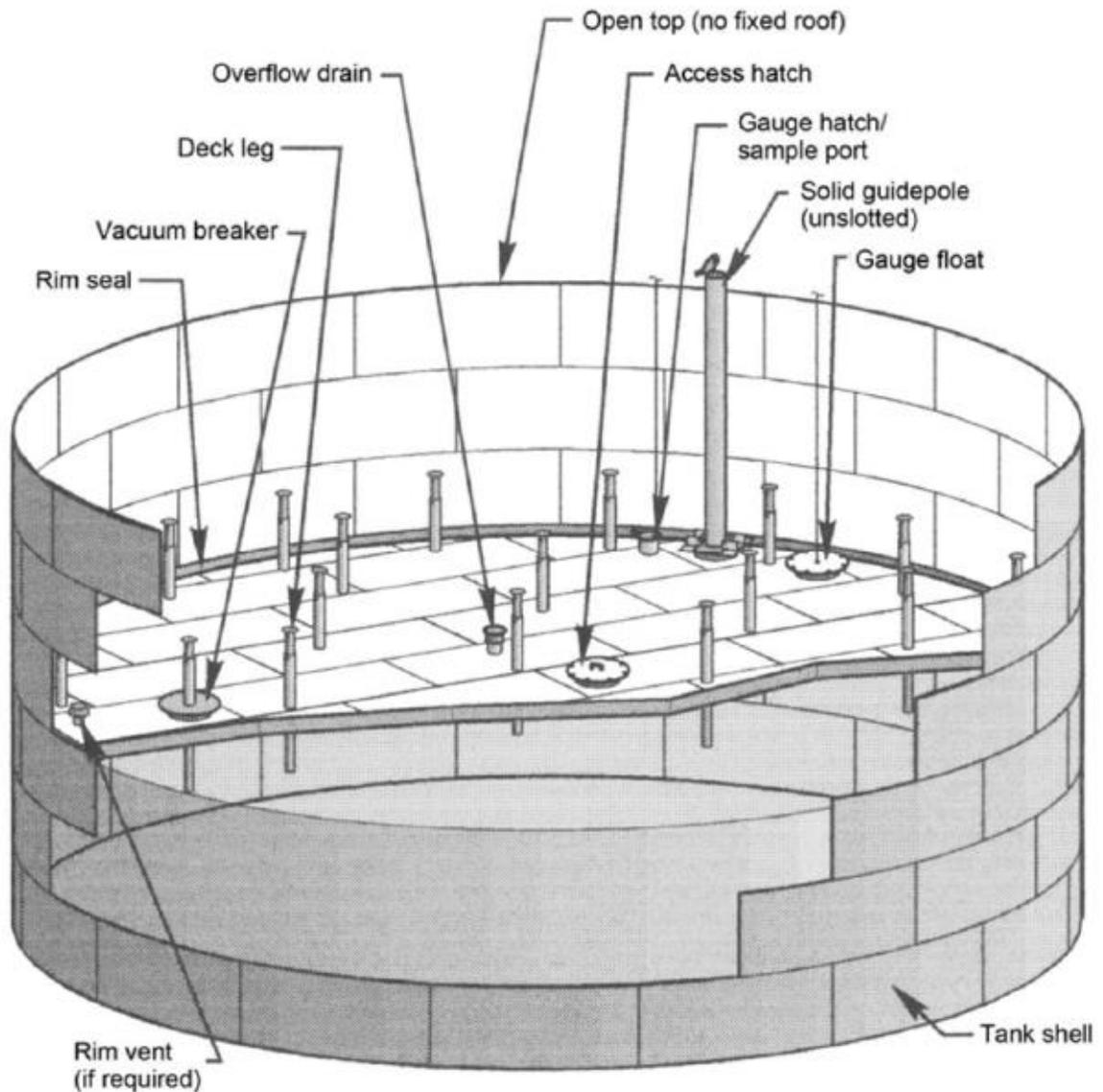
Requisitos mínimos para el diseño de los techos flotantes externos se indican en el API Std 650.

Hay tres tipos generales de diseño de cubiertas de uso común para los techos flotantes externos:

- ✓ Bandeja. - fue el primer tipo de techo flotante construido y prácticamente ya no se usa por su baja estabilidad sobre todo en zonas de alta precipitación, pero son económicos.

- ✓ Pontón. - este tipo de techo reduce la posibilidad de evaporación por debajo de la cubierta y es recomendado para diámetros entre 18 y 90 metros
- ✓ Doble Cubierta. – es el diseño más avanzado y seguro, pero más costoso, por esta razón se usa generalmente en diámetros mayores a 90m; bajo este diseño se elimina prácticamente cualquier posibilidad de evaporación debido a la doble cubierta.

Figura 16: Techo flotante externo de doble cubierta

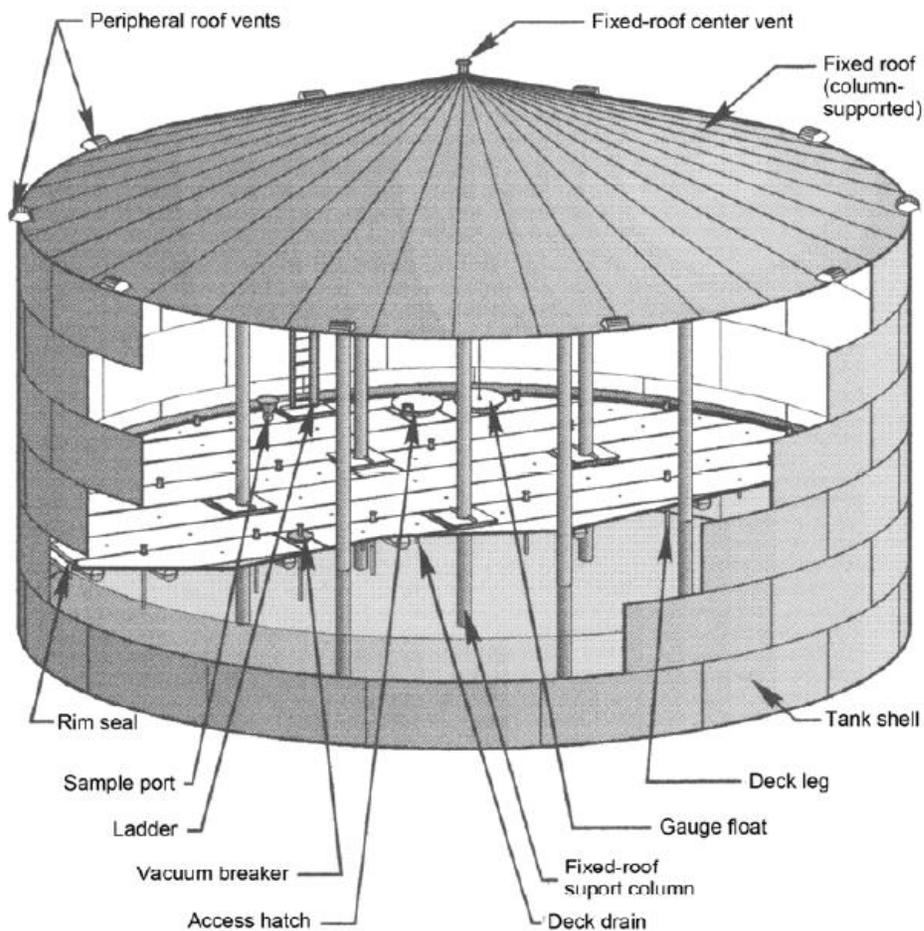


Fuente: Norma API-MPMS 19.2 – Evaporative Loss Measurement, (2020)

2.1.4.2 Tanques de techo flotante interno (IFRT)

Estos poseen en la parte superior del cuerpo un techo fijo y por dentro una cubierta flotante que flota sobre el líquido almacenado. La cubierta flotante interna reduce la concentración de vapor de hidrocarburos en el espacio de vapor entre la cubierta flotante y el techo fijo, como ocurriría en un tanque de techo fijo. Se instalan respiraderos en la parte superior del tanque y en el techo fijo, debido a la formación de mezcla inflamable aire-vapor en el espacio de vapor.

Figura 17: Techo flotante interno



Fuente: Norma API-MPMS 19.2 – Evaporative Loss Measurement, (2020)

2.1.4.3 Tanques de techo flotante tapado (CFRT)

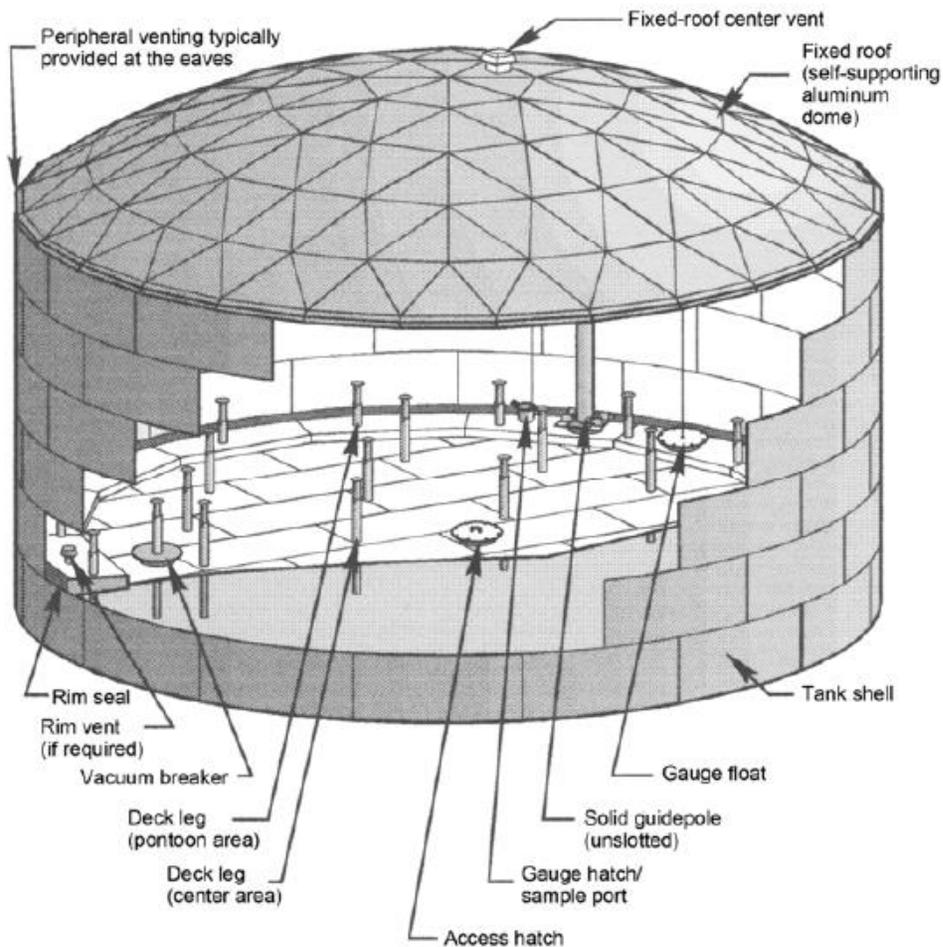
Los tanques de domo geodésico o CFRT son generalmente el resultado de rediseño de un tanque de techo flotante externo o un tanque de techo fijo

El tanque de techo flotante Tapado o cubierto (CFRT) está sujeta a los mismos requisitos de ventilación como un IFRT, de conformidad con el API Std 650. Al igual que ocurre con IFRT, la funcionalidad del techo fijo con respecto a la pérdida por evaporación es de no actuar como una barrera de vapor, sino más bien para bloquear el viento.

Aunque CFRT es típicamente el resultado de transformar el actual EFRT, un nuevo tanque puede ser construido como un CFRT, proporcionando un techo flotante construido en conformidad con el API Std 650 y entre ellos un techo fijo en la parte superior del cuerpo del tanque.

El tipo de techo fijo que es más comúnmente utilizado como una readaptación para cubrir un EFRT es el techo de aluminio de tipo domo autosustentable, que es de construcción atornillado.

Figura 18: Techo flotante tapados o cubiertos



Fuente: Norma API-MPMS 19.2 – Evaporative Loss Measurement, (2020)

2.1.5 Normas Aplicables

Generalmente el diseño y cálculo de tanques de almacenamiento se basa en la publicación que realiza el «Instituto Americano del Petróleo» de los cuales se designan:

Normas	Producto del tanque	Presión del tanque
Estándar A.P.I. 650	Hidrocarburos líquidos	Presiones atmosféricas
Estándar A.P.I. 620	Hidrocarburos gaseosos	Presiones cercanas a 142 Psi.

Estos estándares cubren el diseño, fabricación, inspección, montaje, ensayos y mantenimiento de los mismos y fueron desarrollados para el almacenaje de productos de la industria petrolera y petroquímica.

La Norma API 650 Welded Tanks for oil storage (Tanques Soldados para Almacenaje de Petróleo), establece los requerimientos mínimos para el material, diseño, fabricación, e inspección de tanques destinados al almacenaje de hidrocarburos a presión atmosférica.

Esta norma categoriza a los tanques en función a su tipo de techo, ya que, por lo general, la envolvente y el piso, a excepción de diferencias menores, son prácticamente los mismos para los diferentes tipos de tanques.

2.2 MARCO CONTEXTUAL

2.2.1 Ubicación de la Refinería Guillermo Elder Bell (G.E.B.)

Esta Refinería se ubica en el departamento de Santa Cruz, en la zona de Palmasola. La planta fue inaugurada en 1979 y desde entonces contribuye al desarrollo nacional con la producción de gasolinas y diésel oíl, entre otros productos de importancia estratégica para el país.

La Refinería Guillermo Elder Bell cuenta con una capacidad de procesamiento de 24.000 Barriles de Petróleo Crudo por Día (BPD) y está conformada por las unidades de crudo del Área 301 y el Área 300 y dos plantas de Reformación Catalítica que procesan un total de 6.400 BPD. Véase las especificaciones en la Ficha Técnica de la refinería Gualberto Villarroel en la parte de Anexo C.

Figura 19: Refinería Guillermo Elder Bell



Fuente: Google Earth (2023)

La Refinería comercializa crudo reconstituido, diésel oíl, gas licuado de petróleo, gasolina especial, gasolina base 85, gasolina base 81, gasolina premium, jet fuel y kerosene.

Figura 20: Capacidad de procesamiento de la Refinería Guillermo Elder Bell



Nota: BPD es barriles por día. Fuente: Elaborado en base a Memoria Anual YPFB Refinación (2022).

Tabla 1: Tanques de almacenamiento según el producto que almacena la refinería G.E.V.

Producto	Tanque	Capacidad Nominal (M3)	Carga Muerta (M3)
Petróleo Crudo	TK-10002	16.000	1.500
Petróleo Crudo	TK-2900	16.000	1.500
Petróleo Crudo	TK-2901	16.000	1500
Crudo Reconstituido (B)	TK-2913	9.000	300
Gasolina Especial	TK-211	792.7	25
Gasolina Especial	TK-2915	4.000	150
Gasolina Especial	TK-2916	4.000	150
Gasolina Premium	TK-2938	700	20
Jet Fuel	TK-2920	6.000	200
Jet Fuel	TK-2927	1.800	70
Jet Fuel	TK-2928	1.800	70
Diesel Oil	TK-2918	9.000	300
Diesel Oil	TK-1919	9.000	300
Gas Licuado de Petróleo	TK-2934	700	30
Gas Licuado de Petróleo	TK-2947	700	30

Fuente: Elaborado en base a la ANH (ficha técnica de la refinería G.E.B., s.f.)

Tabla 2: Producción Promedio de Carburantes de la Refinería Guillermo Elder Bell

Planta de Carburantes	Producción Promedio 2020	Entregas Promedio 2020	Unidades
Gasolina Especial	29.170	29.937	m ³ /mes
Diésel Oil	22.205	22.070	m ³ /mes
Gasolina Premium	230.4	226.2	m ³ /mes
Kerosene	769	769	m ³ /mes
Jet Fuel	4.330	4.111	m ³ /mes
GLP	118	117	m ³ /mes
Crudo Reconstituido	2.116	2.390	TMD
Gasolina Base 81	7.416	7.377	m ³ /mes

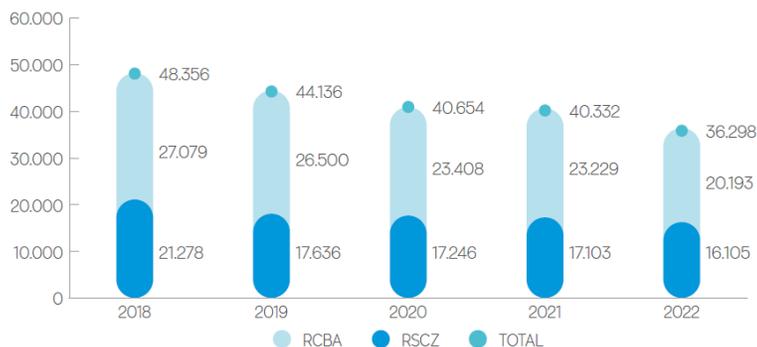
Fuente: Elaborado en base a la ANH (ficha técnica de la refinería G.E.B., s.f.)

2.2.1.1 Carga procesada de crudo

La disminución en la carga promedio procesada y en la producción de combustibles derivados en comparación con años anteriores es consecuencia de la baja disponibilidad y asignación de esta materia prima a las Refinerías Guillermo Elder Bell y Gualberto Villarroel. Esta situación

se deriva de la disminución de los niveles de producción de gas natural en campos y plantas, y la derivada producción de petróleo crudo/condensado.

Figura 21: Carga Promedio Procesada de Crudo – BPD



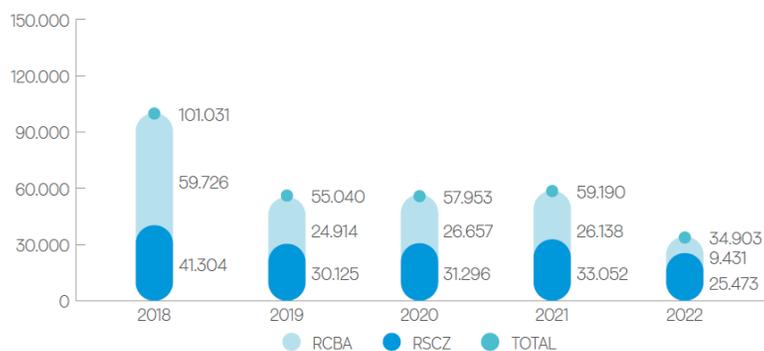
Nota: BPD es barriles por día; RCBA es la refinería de Cochabamba (Gualberto Villarroel) y RSCZ es la refinería de Santa Cruz (Guillermo Elder Bell). Fuente: Memoria anual 2022 YPFB Refinación, pág. 70).

2.2.1.2 Producción de Gasolina Especial

Los volúmenes de producción reportados en el siguiente gráfico corresponden al periodo fiscal comprendido entre el 01 de abril de 2022 al 31 de marzo de 2023, la cual la refinería solo produjo 9.431 m³/mes.

La producción de gasolina especial fue de 34.903 m³/mes en promedio para el 2022. En noviembre se logró producir un volumen de 55.313 m³ siendo el pico de producción más alto de la gestión.

Figura 22: Producción de la Gasolina Especial en m³/mes



Fuente: Memoria anual 2022 YPFB Refinación (2022, pág. 74).

2.3 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

2.3.1 Características actuales del tanque

El tanque que vamos a evaluar y analizar la instalación de techo flotante presenta las siguientes características:

Tabla 3: Ficha técnica del tanque 2021

Tanque N°	211
Servicio	Gasolina Especial
Ubicación	Zona de tanques N° 1
Tipo de Cilindro / espesor	Vertical Soldado 1/4"
Tipo de Techo / espesor	Fijo Cónico de 1/4"
Tipo de Fondo / espesor	Plano soldado
Material	Planchas de Acero al Carbono
Altura	9,04 m
Diámetro	10,80 m
Área del Cuerpo	306.8 m ²
Área del Techo	91.7 m ²
Color	Blanco
Capacidad Bruta	792,7 m ³
Capacidad Neta	704,9 m ³
Sumidero API	Sí
Válvula de Recepción	6" x 150 de compuerta
Válvula de Despacho	8" x 150 de compuerta
Válvula de Drenaje	2" x 125 de compuerta
Válvula de Presión – Vacío	4"

Fuente: YPFB LOGISTICA

2.3.2 Cálculo de perdidas en tanques con techo fijo.

Los procedimientos para estimar las pérdidas totales anuales por las emisiones de vapor de hidrocarburos a la atmosfera, en tanques de techo fijo, se lo realiza mediante el siguiente procedimiento vasado en la norma API 19.1 de (1991).

La siguiente es la información mínima para calcular la pérdida permanente de almacenamiento:

- ✓ Diámetro del tanque.
- ✓ Altura del tanque.
- ✓ El tipo de techo del tanque (techo cónico o domo).
- ✓ La superficie exterior del color del tanque.
- ✓ La temperatura de líquido almacenado a granel.
- ✓ La presión de vapor de almacenamiento (o presión de vapor Reid de almacenaje).
- ✓ Nivel de líquido almacenado.

La pérdida total está dada por la siguiente ecuación:

$$L_T = L_S + L_W \text{ Ec. 1}$$

L_S = Pérdida permanente de almacenamiento.

L_W = Pérdida de trabajo.

Pérdida permanente de almacenamiento (L_S): pertenece a la evaporación del líquido que se produce como resultado de la respiración del vapor del espacio del tanque.

$$L_S = 365 * K_E * V_V * K_S * W_V \text{ Ec. 2}$$

$$L_S = 365 * 0.2254 * 59.15 * 0.9702 * 0.09677 = 456.8815 \text{ lb/año}$$

Para convertir a barriles por año se divide con W_{VC} densidad de vapor condensado almacenado

$$L_S = \frac{456.8815}{W_{VC}} = \frac{456.8815 \text{ lb/año}}{5.12 \frac{\text{lb}}{\text{galon}} * \frac{42 \text{ galones}}{\text{gal1 barrilon}}} = 2.125 \text{ Bb/año}$$

$$W_{VC} = 0.08 * Mv = 0.08 * 64 = 5.12 \text{ LPG}$$

Donde:

K_E = Factor de expansión del espacio de vapor

V_V = Volumen del espacio de vapor del tanque

K_S = Factor de saturación del vapor ventilado

W_V = Densidad de vapor del stock

Factor de expansión del espacio de vapor (K_E):

$$K_E = \frac{\Delta T_V}{T_{LA}} + \frac{\Delta P_V - \Delta P_B}{P_A - P_{VA}}$$

$$K_E = \frac{14.011}{539.63} + \frac{1.1199 - 0.06}{14.07 - 8.7561} = 0.2254$$

ΔT_V = Rango de temperatura del valor diario.

ΔP_V = Rango de presión diaria.

ΔP_B = Ajuste del vacío del respiradero, se lo asume como valor 0.03 lb/pulg²

T_{LA} = Temperatura media diaria de la superficie del liquido

P_A = Presión atmosférica lb/pulg²: 14.64881 Dada por laboratorio.

P_{VA} =Presión de vapor del stock

$$\Delta T_V = 0.7 * \Delta T_A + 0.028 * \alpha * I$$

ΔT_A = Rango de temperatura ambiente diario. °R

α = Absorción solar de la pintura del tanque.

I = Insolacion.

Table 5—Solar Absorptance (α) for Selected Tank Paints

Paint Color	Paint Shade Or Type	Solar Absorptance, (α) (dimensionless)	
		Paint Condition	
		Good	Poor
Aluminum	Specular	0.39	0.49
Aluminum	Diffuse	0.60	0.68
Gray	Light	0.54	0.63
Gray	Medium	0.68	0.74
Red	Primer	0.89	0.91
White	—	0.17	0.34

$$\Delta T_A = T_{AX} - T_{AN} \Rightarrow 548.01 - 529.49 = 18.52^\circ R$$

T_{AX}, T_{AN} = Temperaturas máxima y mínima diaria del ambiente

$$T_{AX} = T_{MAX} \Rightarrow 31.3^\circ C = 548.01^\circ R$$

$$T_{AN} = T_{MIN} \Rightarrow 21^\circ C = 529.49^\circ R$$

$$\Delta T_V = 0.7 * 18.52 + 0.028 * 0.34 * 110 = 14.011^\circ R$$

$$T_{LA} = 0.44 * T_{AA} + 0.56 * T_B + 0.0079 * \alpha * I$$

T_{AA} = Temperatura medio ambiente °R.

$$T_{AA} = \frac{T_{AX} + T_{AN}}{2} \Rightarrow \frac{548.01 + 529.49}{2} = 538.75^\circ R$$

T_B = Temperatura de almacenamiento del líquido °R.

$$T_B = T_{AA} + 6 * \alpha - 1 \Rightarrow 538.75 + 6 * 0.34 - 1 = 539.79^\circ R$$

$$T_{LA} = 0.44 * 538.75 + 0.56 * 539.79 + 0.0079 * 0.34 * 110 = 539.63^\circ R$$

ΔP_V = Rango de presión diaria.

$$\Delta P_V = P_{VX} - P_{VN}$$

$$\Delta P_V = 9.3303 - 8.2104 = 1.1199 \text{ psia}$$

Donde:

P_{VX} = Presión de vapor diaria máxima

P_{VA} = Presión de vapor diaria media

P_{VN} = Presión de vapor diaria Mínima

$$P_{VX} = \exp \left[A - \left(\frac{B}{T_{LX}} \right) \right] \Rightarrow \exp \left[12.0192 - \left(\frac{5315.0579}{543.1325} \right) \right] = 9.3303 \text{ psia}$$

$$P_{VA} = \exp \left[A - \left(\frac{B}{T_{LA}} \right) \right] \Rightarrow \exp \left[12.0192 - \left(\frac{5315.0579}{539.63} \right) \right] = 8.7561 \text{ psia}$$

$$P_{VN} = \exp \left[A - \left(\frac{B}{T_{LN}} \right) \right] \Rightarrow \exp \left[12.0192 - \left(\frac{5315.0579}{536.1275} \right) \right] = 8.2104 \text{ psia}$$

Las constantes A y B se pueden determinar a partir de la siguiente ecuación, en función a la presión de vapor de Reid. PVR valor calculado por laboratorio 9.3 psi.

En ausencia de datos de destilación ASTM D-86 de productos derivados del petróleo S se puede utilizar de la siguiente tabla.

Refined Petroleum Stock	Reid Vapor Pressure RVP, (psi)	ASTM-D86
		Distillation Slope at 10 Volume Percent Evaporated S, (°F/vol. %)
Aviation gasoline	—	2.0
Naphtha	2–8	2.5
Motor gasoline	—	3.0
Light naphtha	9–14	3.5

$$A = 15.64 - 1.854 * S * 0.5 - (0.8742 - 0.3280 * S * 0.5) * \ln(PVR)$$

$$A = 15.64 - 1.854 * 3 * 0.5 - (0.8742 - 0.3280 * S * 0.5) * \ln(9)$$

$$A = 12.0192$$

$$B = 8742 - 1042 * S^{0.5} - (1049 - 179.4 * S^{0.5}) * \ln(PVR)$$

$$B = 8742 - 1042 * 3^{0.5} - (1049 - 179.4 * 3^{0.5}) * \ln(9)$$

$$B = 5315.0579$$

Temperatura máxima y mínima de la superficie del líquido, T_{LX} , T_{LN}

$$T_{LX} = T_{LA} + 0.25\Delta T_V \Rightarrow 539.63 + 0.25 * 14.01 = 543.1325 \text{ } ^\circ R$$

$$T_{LN} = T_{LA} - 0.25\Delta T_V \Rightarrow 539.63 - 0.25 * 14.01 = 536.1275 \text{ } ^\circ R$$

Rango de ajuste de la presión de venteo del respiradero

$$\Delta P_B = P_{BP} - P_{BV} \Rightarrow 0.03 - (-0.03) = 0.06 \text{ Psi}$$

Obtenido de tablas

ΔP_B	Breather vent pressure setting range	psi	Calculate from Equation 36
	$= P_{BP} - P_{BV}$	36	
P_{BP}	Breather vent pressure setting	psig	User specified or typically 0.03
P_{BV}	Breather vent vacuum setting	psig	User specified or typically -0.03
P_A	Atmospheric pressure	psia	User specified or typically 14.7
P_{VA}	Stock vapor pressure at the daily average liquid surface temperature	psia	User specified or typically 14.7

V_V = Volumen del espacio de vapor del tanque

$$V_V = \left(\frac{\pi * D^2}{4}\right) * H_{VO} \Rightarrow \left(\frac{\pi * (35.43 \text{ ft})^2}{4}\right) * 0.06 \text{ ft} = 59.15 \text{ ft}^3$$

Donde:

D: diámetro

RS: Radio

H_{VO}: Alturas del espacio de vapor

$$H_{VO} = H_S - H_L + H_{RO} \Rightarrow 0.03 - (-0.03) = 0.06 \text{ ft}$$

H_S= Altura del casco del tanque

H_L= Altura del líquido de existencia

H_{RO}= Corte del techo

Factor de saturación de vapor venteado

$$K_S = \frac{1}{1 + 0.0583 * P_{VA} * H_{VO}}$$

$$K_S = \frac{1}{1 + 0.0583 * 8.7561 * 0.06} = 0.9702$$

Densidad de vapor almacenado

$$W_V = \frac{M_V * P_{VA}}{R * T_{LA}}$$

$$W_V = \frac{64 * 8.7561}{10.731 * 539.63} = 0.09677 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

M_V = Obtenido de tablas

Table 3—Summary of Procedure for Calculating Working Loss (L_W)

Variable	Description	Equation	Units	Source
		Working Loss Equations		
		$L_W \text{ (lb/yr)} = 0.0010 M_V P_{VA} Q K_N K_P$		(7)
		$L_W \text{ (bbl/yr)} = \frac{L_W \text{ (lb/yr)}}{42 W_{VC}}$		(8)
M_V	Stock vapor molecular weight		lb/lb-mole	User specified or Table 6 for selected petroleum liquid stocks Table 7 for selected petrochemical stocks 64 for gasoline 50 for U.S. midcontinent crude oil stocks

Calculo de perdidas por trabajo

$$L_W = 0.0010 * M_V * P_{VA} * Q * K_N * K_P$$

M_V: Peso molecular

P_{VA} : Presión de vapor del stock

Q: Rendimiento neto anual del stock

K_N : Factor de rotación de pérdida de trabajo

K_P : Factor de producto de pérdidas de trabajo

Datos y cálculos adicionales

$$Q = 112347 \text{ bb/año}$$

$$V_{LX} = 27993.94 \text{ ft}$$

$$N = 20 \text{ Renovaciones/año}$$

Factor de pérdida de trabajo por movimiento están dados por las siguientes ecuaciones

$$K_N = 1 \text{ (Para } N \leq 36)$$

$$K_N = \frac{180 + N}{6 * N} \text{ (Para } N > 36)$$

Factor de producto K_P

El factor de pérdida de trabajo, tiene en cuenta el efecto de diferentes tipos de reservas liquidadas sobre la pérdida por evaporación durante el funcionamiento del tanque.

$$K_P = 0.75 \text{ para petróleo crudo}$$

$$K_P = 1.00 \text{ para derivados de petróleo}$$

$$K_P = 1.00 \text{ para un solo componente de un producto petroquímico}$$

$$L_W = 0.0010 * 64 * 8.7561 * 112347 * 1 * 1$$

$$L_W = 62958.18 \text{ Lb/año}$$

Para convertir a barriles por año se divide W_{VC}

$$L_W = \frac{62958.18}{W_{VC}} = \frac{62958.18 \text{ lb/año}}{5.12 \frac{\text{lb}}{\text{galon}} * \frac{42 \text{ galones}}{\text{gal1 barrilon}}} = 292.77 \text{ Bb/año}$$

Cálculo de la pérdida total por evaporación de compuestos orgánicos volátiles en el tanque N° 211 de la planta Guillermo Elder Bell

$$L_T = L_S + L_W$$
$$L_T = 2.125 \frac{Bbl}{año} + 292.77 \frac{Bbl}{año} = 294.895 Bbl/año$$

Mediante los cálculos realizados de las pérdidas por emisiones en el tanque de techo fijo, se tiene como resultado 294.92 Bbl/año. Como se puede apreciar se tiene una gran pérdida de combustible lo cual trae consigo pérdidas económicas a la refinería, en ese sentido como propuesta alternativa propongo al cambio de techo fija a techo flotante.

2.3.3 Dimensionamiento del techo flotante externo y accesorios.

2.3.3.1 Selección de tipo de techo flotante

En el apéndice C de la API 650 TECHOS FLOTANTES EXTERNOS, especifica los requerimientos mínimos sobre los techos flotantes, de esta manera se puede seleccionar con cual podemos trabajar.

- ✓ Tipo pontón: empleado normalmente para un diámetro de hasta 65 m debido a la flexibilidad de la placa cubierta.
- ✓ Doble cubierta: empleado para tanques de diámetros mayores a 65 m, siendo que es más rígido y estable al tener doble plataforma.

Observando el volumen a almacenar 704.9 m³ en comparación con los datos, la capacidad de almacenaje de YPFB Refinación S.A., el diámetro del tanque a diseñar es menor a 65 m (213 ft), por tanto, se diseñará un techo flotante tipo pontón.

2.3.3.2 Techo flotante tipo pontón

De acuerdo a la norma API 650 toda plancha perteneciente al techo del tanque de almacenamiento debería tener un espesor mínimo de 5mm (3/6").

2.3.3.3 Cálculo del techo flotante

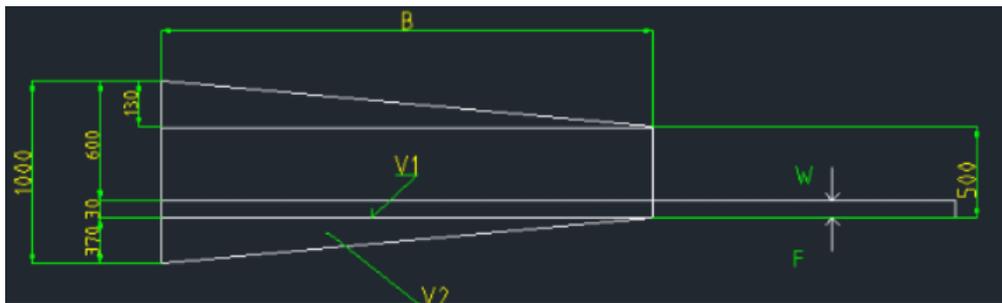
Para el diseño de los techos flotantes tipo pontón se deben considerar los siguientes parámetros.

- ✓ Cálculo de las dimensiones del pontón.

- ✓ Cálculo del techo bajo condiciones de lluvia y drenaje obstruido.
- ✓ Cálculo del techo con líquido de gravedad específica, $G= 0.7$
- ✓ Cálculo de la cantidad de compartimentos del pontón.
- ✓ Comprobación del pandeo de los mamparos.

2.3.2.3.1 Cálculo de las dimensiones del pontón.

Figura 23: Cálculo de dimensiones de pontón



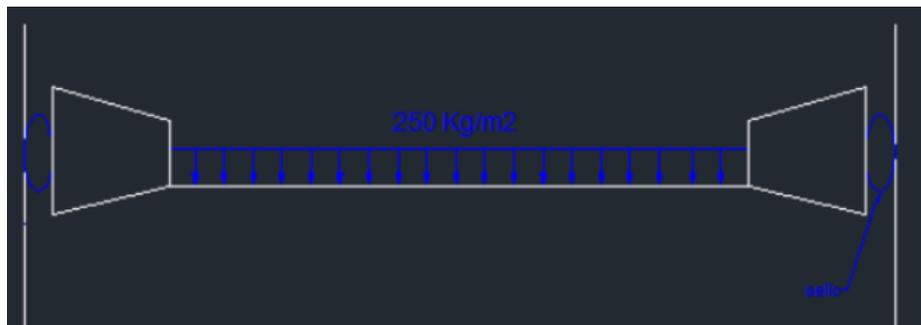
Fuente: dimensión de pontón

Se toma las siguientes consideraciones:

- ✓ Se toma a un metro de altura para facilitar la colocación del sello y tener una profundidad de flotación.
- ✓ El anillo exterior se fija a 50 cm.
- ✓ Se fija la profundidad de flotación en 40 cm.
- ✓ Se ubica el deck central a 3 cm por debajo de la línea de flotación.

2.3.2.3.2 Cálculo del techo bajo condiciones de lluvia y drenaje obstruido.

Figura 24: Cálculo de techo bajo condiciones de lluvia



Fuente: Diseño de pontón

El techo debería mantenerse a flote en un líquido con gravedad específica 0,7 con su sistema de drenaje primario inoperante bajo la siguiente condición:

- 10" de agua lluvia, durante un periodo de 24 horas con el techo intacto.

Para el cálculo se desarrollará de la siguiente manera:

- Se considera que la cubierta mantiene diez pulgadas (10") de agua lluvia.
- Se considera que el centro de la cubierta tiene forma específica bajo la carga de lluvia.

La carga de agua es 10" H₂O = 250Kg/m²

La presión generada se distribuye alrededor del deck central por lo que se define por:

$$P = 250 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \cdot \frac{\text{Área superior inundada}}{\text{Área inferior del techo}}$$

2.3.2.3.3 Cálculo del techo con líquido de gravedad específica, G= 0.7.

Una vez definido el tamaño de B (ancho del pontón) se verifica que el techo actúe correctamente para un líquido de gravedad específica 0,7. Con esto calcularemos la profundidad de flotación.

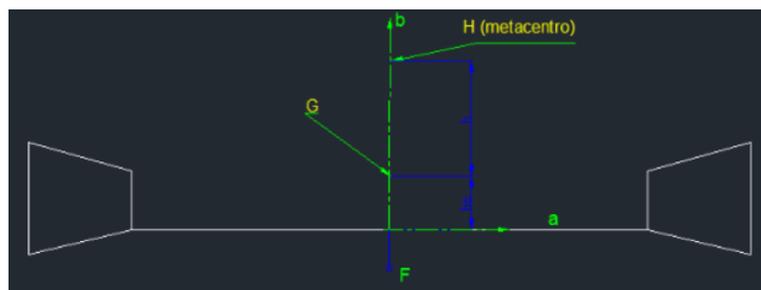
$$c = \frac{2 * \left(\frac{W}{\rho} - C_2 * \frac{\pi * D^2}{4} \right)}{\pi * B^2 * \left(\frac{D}{B} - 1 \right)}$$

Donde la densidad específica es 700kg/m³

El aumento de la profundidad de flotación no debe sobre 'pasar la altura del anillo interior.

2.3.2.3.4 Cálculo de estabilidad del techo de oleaje.

Figura 25: Calculo de estabilidad



Fuente: Dimensionamiento de pontón

Esto se debe verificar en la etapa de llenado.

$$h = \frac{I_z}{V_0 - h_0}$$

donde:

h = Altura metacéntrica (distancia entre el metacentro y centro de gravedad del techo).

I_z =Momento de inercia alrededor del eje en el cual se tiene la rotación.

V_0 = Volumen desplazado del techo.

h_0 =distancia desde el centro de gravedad al centro de flotación del techo.

La condición de h mayor a 0 nos garantiza que el techo regrese a la posición después de ser sometida a una alteración externa.

2.3.2.3.5 Cálculo de la cantidad de compartimentos del pontón.

Puedes usar la siguiente fórmula básica para calcular el área y el volumen de cada compartimento en función de la geometría seleccionada:

Área de cada compartimento (A):

$$A = \frac{1}{n} * A_{total}$$

Volumen de cada compartimento (V):

$$V = A * h$$

Donde:

- n es el número de compartimentos.
- A_{total} es el área total del techo flotante.
- h es la altura del techo flotante.

Esta fórmula asume una distribución uniforme de los compartimentos y es solo un punto de partida. En un escenario más avanzado, se utilizarían métodos de cálculo más detallados, como integración numérica para áreas más complejas o incluso simulaciones por elementos finitos para analizar la resistencia estructural del techo flotante.

Por otra parte, se calcula con base en la condición de dos compartimientos del pontón adyacentes perforados.

Para efecto se limitará la profundidad de flotación de 50 cm en la zona en la zona de compartimientos perforados, a fin de que el sello funcione por lo tanto tenemos:

$$C_1 + C_2 + \Delta C_1 + \Delta C_2 = 50 \text{ cm}$$

Donde:

C_1 =Valor de profundidad de flotación elegido por el diseñador, (mm).

C_2 = Valor de profundidad de flotación elegido por el diseñador, (mm).

ΔC_1 =Incremento de profundidad de flotación por volumen adicional que será desplazado por el pontón por efecto del deck central.

$$\Delta C_1 = \frac{d^2 * C_2}{D^2 - d^2}$$

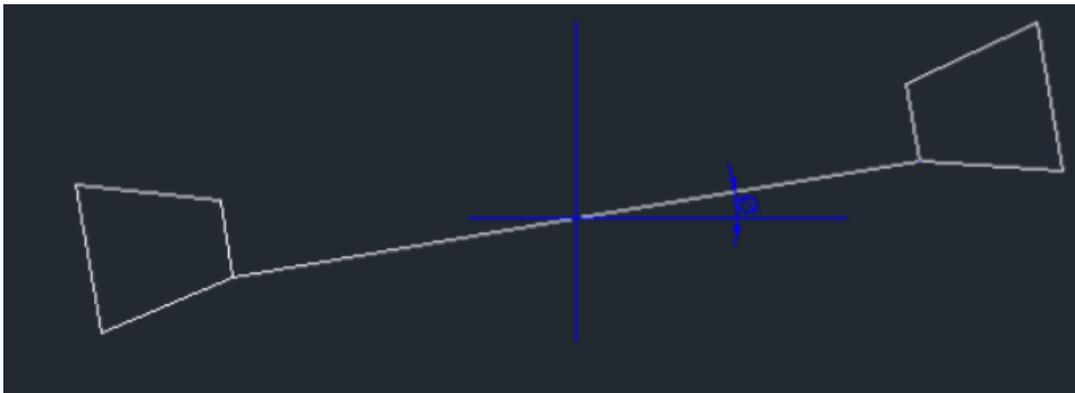
D =Diámetro externo del techo.

d =Diámetro interno del techo.

ΔC_2 =Incremento de profundidad de flotación en el área de pontones por inclinación de techo.

El ángulo de inclinación del techo será:

Figura 26: Angulo de inclinación



Fuente: Dimensionamiento de pontón

$$\theta = \frac{\Delta C_2 * 360}{D * \pi}$$

2.3.2.3.6 Comprobación del pandeo de los mamparos.

Los mamparos están sometidos a compresión debido al peso de las láminas superiores del pontón.

Con la siguiente ecuación se lo representa al peso de la lámina superior:

$$P = d * t * A$$

Donde:

A=Área de la lámina. (m²)

T=espesor de la lámina. (m)

d=densidad del acero en (kg/m³)

Carga distribuida sobre el mamparo sería:

$$\text{carga distribuida sobre el manparo} = \frac{P}{L_{\text{mamparo}}}$$

$$\text{Esfuerzo de compresion} = \frac{E * P}{L_{\text{mamparo}}}$$

Carga critica solo se considera para extremos fijos.

$$C_{\text{critica}} = \frac{\pi^2 * E}{(k * \frac{L}{r})^2}$$

Donde:

L=longitud efectiva de la columna.

r=radio de giro sección transversal columna.

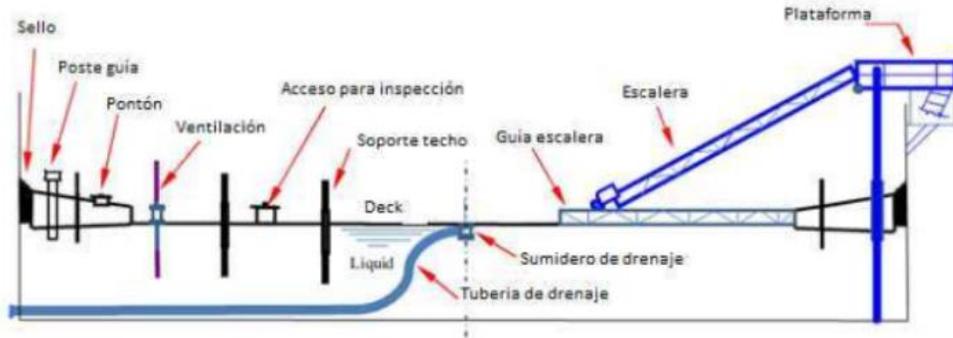
K=coeficiente para las condiciones de apoyo.

E=módulo de Young acero.

2.3.2.4 Dimensionamiento de los accesorios del techo flotante.

Tenemos los siguientes accesorios:

Figura 27: Accesorios techo flotante



Fuente: diseño y cálculo de tanques de almacenamiento

2.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

2.4.1 Análisis

Mermas por pérdidas al ambiente (almacenamiento + movimiento en el tanque)

En los tanques de techo flotante externo (en adelante TTFE), las pérdidas por evaporación son principalmente de dos tipos: las originadas por el almacenamiento, relacionada con la incidencia de las condiciones ambientales en el tanque y aquellas ocasionadas por el movimiento en el tanque (relacionada con el ingreso y salida de producto del tanque). Para estos TTFE, las mayores pérdidas se dan por almacenamiento y se relacionan principalmente con la velocidad del viento y al número, tipo y características de accesorios del techo.

Cuadro comparativo de pérdidas por emisiones en tanque de techo fijo y techo flotante

Tabla 4: Mermas en el tanque N° 211

Parámetros	Techo fijo	Techo flotante
Volumen de vapor Vv	59.15 ft ³	_____
Capacidad máxima	27993.94ft ³	_____
Perdida permanente L _s	2.125 Bb/año	_____
Perdida de trabajo L _w	292.77 Bb/año	_____
Pérdida total por mermas	294.895 Bb/año	35.3874 Bb/año

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la siguiente table se muestra algunos de los parámetros de operación más importantes, en cual se puede notar un gran volumen de perdida por mermas en el tanque de 294.89 bbl/año. Lo cual es un dato muy significativo para la empresa ya que consigo arrastra pérdidas económicas directas a la refinería.

En ese sentido, se propone un tanque de techo flotante de tipo pontón en cual cumple con las características y parámetros de operación del tanque N° 211, el cual tiene como ventajas importantes la reducción de las perdidas por emisión de compuestos orgánicos volátiles hasta en un 12%.

Lo que significa que se tenga un ahorro en volumen aplicando el techo flotante de 259 bbls/año mediante esto se obtendrá ganancias directas para la refinería, además de operar de una manera eficiente.

Inversión necesaria para la propuesta de cambio de techo fijo a flotante en el tanque N° 211

Como se puede apreciar en la siguiente tabla se presenta el monto económico para realizar la implementación del techo flotante.

#	DESCRIPCION	Consortio	DESCRIPCION	LINTEL1
1	Diseño del techo flotante y accesorios	4 955	Diseño del domo, sábana flotante, accesorios, suministro y construcción	368 826
2	Suministro de Materiales	79 628		
3	Construcción e Instalación	101 945	Instalación, pruebas y puesta en servicio	37 930
4	Pruebas y Puesta en Servicio	672		
5	Gastos Generales y utilidades	16 136	Gastos Generales y utilidades	-----
6	Total General	203 337	Total General	406 756
7	Garantía	2 años	Domo geodésico	2 años
			Sábana	5 años

Obteniendo como resultado un monto de 368.826 \$us para la aplicación de la siguiente propuesta.

2.4.2 Discusión

A continuación, realizamos una tabla donde podremos hacer la comparación del trabajo que se realizó con otras investigaciones que se nombró en antecedentes

Tabla 5: Comparación de la monografía con los antecedentes

	Título	Objetivo	Problemática	Solución
Monografía	Estudio técnico para el cambio de techo fijo a techo flotante en el tanque de almacenamiento de gasolina especial no 211 de la planta Guillermo Elder Bell	Desarrollar un estudio técnico para el cambio de techo fijo a techo flotante en el tanque de almacenamiento de gasolina especial N° 211 de la planta Guillermo Elder Bell, con el fin de minimizar la emisión de compuestos orgánicos volátiles.	Perdida de volumen de gasolina especial a causa de emisiones de compuestos volátiles	Cambio de techo fijo a techo flotante.
Antecedentes	modificación de techo fijo a techo flotante en los tanques de almacenamiento para minimizar la evaporación de Hidrocarburos y derivados para disminuir las pérdidas de productos y bajar el potencial de riesgo en la seguridad y contaminación ambiental, así también dar cumplimiento al D.S. No.052-93 EM	bajar el potencial de riesgo en la seguridad y contaminación ambiental, así también dar cumplimiento al D.S. No.052-93 EM (Apolinario, 2010).	Perdida de volumen de gasolina especial a causa de emisiones de compuestos volátiles	Cambio de techo fijo a techo flotante
	analisis de perdidas por evaporación en un tanque de almacenamiento de crudo de techo fijo para justificar el cambio a techo flotante en la estación AGIP OIL (BAEZA)	mediante este análisis con el cambio de techo, el cambio de pintura se redujo dichas emisiones como también la contaminación ambiental y del personal de la estación (Guainilla, 2010).	Perdida de volumen de gasolina especial a causa de emisiones de compuestos volátiles	Cambio de techo fijo a techo flotante
	estudio de minimización de compuestos orgánicos volátiles (COV) en el tanque de techo fijo de almacenamiento de gasolina especial N° 2931 de Y.P.F.B. logística mediante la aplicación de techo interno flotante	se minimizará las pérdidas de los COV y se reducirá el riesgo de formación de mezclas explosivas en las cercanías del tanque (Correa, 2012).	Perdida de volumen de gasolina especial a causa de emisiones de compuestos volátiles	Cambio de techo fijo a techo flotante
	Recuperacion de Vapores (URV) en la planta de almacenamiento de hidrocarburos de Centro Lago I	Se estimo una tasa de recuperacion de 2,1 MMscfd (S.F. 2003).	Perdida de volumen de gasolina especial a causa de emisiones de compuestos volátiles	Cambio de techo fijo a techo flotante

Fuente: Elaboración propia

2.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

2.5.1 Conclusiones.

Mediante el diagnóstico del tanque se pudo evidenciar el problema principal que es la emisión de compuestos orgánicos volátiles, además se recopiló la información de datos de operación necesarios para realizar cálculos de las pérdidas de combustible almacenado.

Se realizó el dimensionamiento del techo fijo a flotante lo cual trajo como resultados de dicho estudio la reducción exponencial del volumen almacenado en el tanque de techo fijo de 294.89 bbl/año, con la aplicación de la propuesta se llegó a reducir en un 12% que es igual a un volumen de 35.38 bbl/año.

Al realizar el análisis de costos del cambio de techo fijo a techo flotante, se determinó la inversión de 368.826 \$us tomando en cuenta la parte logística y mecánica para su aplicación, de esta manera se podrá reducir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles.

2.5.2 Recomendaciones.

- Para cumplir con las normativas de construcción de tanques de almacenamiento de hidrocarburos según la clase de fluido y para minimizar las emisiones así evitando la contaminación al medio ambiente, con el reemplazo de techo fijo del tanque, se recomienda instalar la tecnología de techo flotante externo, según el estudio realizado.
- Tomando como base el estudio propuesto se podría estimar los precios y replantear los cálculos y dimensionamiento del techo flotante elegido y sus accesorios, recomendamos continuar con la siguiente etapa de proceso para poder realizar el cambio de techo flotante externo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Apolinario, S. (2010). *Modificación de techo fijo a flotante en tanques de almacenamiento de hidrocarburos de una refinería. [proyecto de grado]*. Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ingeniería Mecánica obtenido de <https://es.scribd.com/document/404300256/apolinario-ds-pdf>

Correa, W. (2012). *Minimización de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) en el tanque de techo fijo de almacenamiento de gasolina especial № 2931 de Y.P.F.B. Logística mediante la aplicación de techo interno flotante. [proyecto de grado]*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/445059346/237924661-Tesis-Minimizacion-de-Emisiones-de-Compuestos-Organicos-Volatiles-en-El-Tanque-de-Gasolina-Especial-de-YPFB-Mediante-La-Aplicacion-de-Techo>

Guainilla, A. (2010). *Análisis de pérdidas por evaporación en un taque de almacenamiento de crudo de techo fijo para justificar el cambio a techo flotante en la estación AGIP OIL (BAEZA). [tesis de grado]*. Universidad Tecnológica Equinoccial. Obtenido de https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/6057/1/48421_1.pdf

Manual of Petroleum Measurement Standards (Junio, 2017). *Evaporative Loss Measurement Section 1: Evaporative Loss from Fixed-Roof Tanks (5ta ed.)*

Manual of Petroleum Measurement Standards (Agosto, 2020). *Evaporative Loss Measurement Section 2: Evaporative Loss from Floating-Roof Tanks (4ta ed.)*

Valenzuela, Á. (2011). *Evaluación de pérdidas por evaporación en el tanque de techo flotante YT-8015 de nafta liviana proveniente de la planta deisohexanizadora, en el área de Setria en la Refinería Estatal de Esmeraldas. [tesis de grado]*. Universidad Tecnológica Equinoccial. Obtenido de https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/6003/1/45367_1.pdf

YPFB Refinación. (30 de diciembre de 2022). *Carburantes*. Obtenido de <https://www.yfpbrefinacion.com.bo/carburantes.php>

ANH Agencia Nacional de Hidrocarburos.

https://www.anh.gob.bo/InsideFiles/Documentos/Documentos_Id-162-210520-0302-0.pdf

INEVID Tanques estacionarios

<https://inevid.blogspot.com/2013/12/tanques-estacionarios.html>

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, API Standard 650: Welded Steel Tanks for Oil Storage, 1978, Washington.

TUAREZ R. Jorge; Sistemas de almacenamiento de petróleo y derivados. (2010).

Maestría en Petróleos Universidad de Viña del Mar-Chile.

FACULTAD DE INGENIERIA UBA, Técnicas Energéticas 67.56; Tanques de almacenamiento de hidrocarburos. (2006).

ECO PETROL; Tanques de almacenamiento de hidrocarburos. (2010).

SOCIEDAD INTERNACIONAL PETROLERA Y PETROPRODUCCIÓN;
Interpretación, manejo y cumplimiento de normas API-ASTM. (2007).

ANEXOS

ANEXO "A": CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA GASOLINA ESPECIAL

FICHA TÉCNICA

Producto: GASOLINA ESPECIAL

Versión: 2

1. GENERALIDADES Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO

La Gasolina Especial es una mezcla de hidrocarburos parafínicos de cadena recta y ramificada, olefinas, cicloparafinas y aromáticos, que se obtienen del petróleo por distintos procesos de refinación tales como destilación, reformación catalítica e isomerización.

Tradicionalmente, se la emplea como combustible en los motores de explosión interna con encendido a chispa convencional, o en su defecto, por compresión. También es empleada como disolvente.

La especificación más característica es el índice de octano que indica la resistencia que presenta el combustible a producir el fenómeno de la detonación.

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO

Nombre del Producto: GASOLINA ESPECIAL

PRUEBA	ESPECIFICACIÓN				UNIDAD	METODO ASTM			
	VERANO (*)		INVIERNO (*)			Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo					
Gravedad Específica 15,6/15,6°C	Informar		Informar			D 1298	D 4052		
Relación V/L= 20 (760 mmHg)	51 (124)		51 (124)		°C(°F)	D 5188	D 2533	D 4814	
Tensión de Vapor Reid a 100°F (37,8°C)	7.0	11.5	7.0	11.5	Psig	D 323	D 4953	D 5191	
Contenido de Plomo (**)		0.013		0.013	g Pb/L	D 3237	D 5059		
Corrosión lámina de Cobre (3h/50°C)		1		1		D 130			
Gomas Existentes		5		5	mg/100mL	D 381			
Azufre Total		0.05		0.05	% peso	D 1266	D 2622	D 4294	
Octanaje RON	85		85			D 2699			
Octanaje MON		Informar		Informar		D 2700			
Índice Antidetonante (RON+MON)/2		Informar		Informar					
Color	Incolora a ligeramente amarillo		Incolora a ligeramente amarillo			Visual			
Apariencia	Cristalina		Cristalina			Visual			
Poder Calorífico	Informar		Informar		BTU/Lb	D 240			
Destilación Engler (760 mmHg)						D 86			
10% Vol.		65 (149)		60 (140)	°C (°F)				
50% Vol.	77 (170)	118 (245)	77 (170)	116 (240)	°C (°F)				
90% Vol.		190 (374)		185 (365)	°C (°F)				
Punto Final		225 (437)		225 (437)	°C (°F)				
Residuo		2		2	% vol				
Contenido de Aromáticos Totales		42		42	% vol	D 1319	D 5134	D 5769	D 6729
Contenido de Olefinas		18		18	% vol	D 1319	D 5134	D 6729	
Contenido de Benceno		3		3	% vol	D 4053	D 5134	D 3606	D 5769
Contenido de Manganeseo		18		18	mg Mn/L	D 3831			
Contenido de Oxígeno		2.7		2.7	% peso	D 2504	D 4815		

(*) Verano se define del 1° de septiembre al 31 de marzo e invierno se define del 1° de abril al 31 de agosto.

(**) El contenido de plomo especificado es un valor intrínseco de la materia prima, sin haberse adicionado cantidad alguna del mismo con fines de mejorar su octanaje.

Según Reglamento de Calidad de Carburantes del Decreto Supremo N°1499 del 20 de Febrero de 2013.

A través del Decreto Supremo N°2741 del 27 de Abril de 2016, se modificaron las especificaciones de Relación V/L y Tensión de Vapor Reid.

ANEXO "B": FICHA DE EMERGENCIA DE LA GASOLINA ESPECIAL

FICHA DE EMERGENCIA

Producto: GASOLINA ESPECIAL

Versión: 3

Aspecto: Líquido claro ligeramente amarillo, de olor característico.

1.- FICHA DE EMERGENCIA



Riesgo a la salud: 1 Ligeramente peligroso
Riesgo al incendio: 3 Puede inflamarse en condiciones casi normales
Reactividad: 0 Estable
Riesgo específico:



Descripción de clase y subclase de riesgo:
Líquido inflamable



Número de riesgo: **33**
Número ONU: **1203**

2.- EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

EPP: **Específico:** Guantes impermeables (PVC, polietileno o neopreno), uso de respirador con filtro químico para vapores orgánicos, anteojos protectores de seguridad especialmente diseñados para protección contra salpicaduras de líquidos.

3.- RIESGO

Fuego: Líquido y vapor inflamable, los contenedores pueden explotar si son sometidos al calor. Se puede encender por calor, chispa, llama o descarga electrostática. El contacto con agentes oxidantes puede producir explosión. Temperatura de auto inflamación = 250°C.

Salud: El contacto repetido o prolongado con la piel puede causar irritación y dermatitis. La inhalación crónica puede causar daños al hígado y a los riñones. La ingestión causa irritación gastro intestinal, pérdida de consciencia y puede causar neumonía. El contacto con los ojos causa irritación e inflamación.

Medio Ambiente: Altamente volátil, sus vapores son perjudiciales al medio ambiente, el producto es altamente tóxico para la vida acuática, debido a la presencia de hidrocarburos aromáticos. Puede afectar el suelo y por percolación, degradar la calidad del agua subterránea.

4.- EN CASO DE ACCIDENTES

Derrame:

- Evacuar o aislar el área de peligro.
- Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección.
- Detener el derrame si puede hacerlo sin riesgo.
- Absorber el remanente o los derrames pequeños con arena o tierra.
- Colocar en una instalación apropiada los desechos.

Fuego:

- Medios de extinción adecuados son: espuma para hidrocarburos, polvo químico seco y dióxido de carbono (CO2).
- Evacuar o aislar el área de peligro.
- Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección.
- Usar equipo de protección personal incluyendo un equipo de respiración autocontenido.
- Retirar el material combustible de los alrededores.
- Retirar los contenedores si puede hacerlo sin riesgo, en caso contrario, enfriarlos con agua en forma de rocío.
- No introducir agua en los contenedores.

Contaminación:

- Recoger lo vertido con tierra u otros materiales absorbentes inertes.
- No lanzar por la cloaca o los cursos de agua.
- Introducir el material en un contenedor apropiado para desecho.
- Remover hacia un área segura y abierta para que se realice la evaporación natural.
- Si el producto contamina lagos, ríos o alcantarillas, informar a las autoridades pertinentes, según la legislación local.

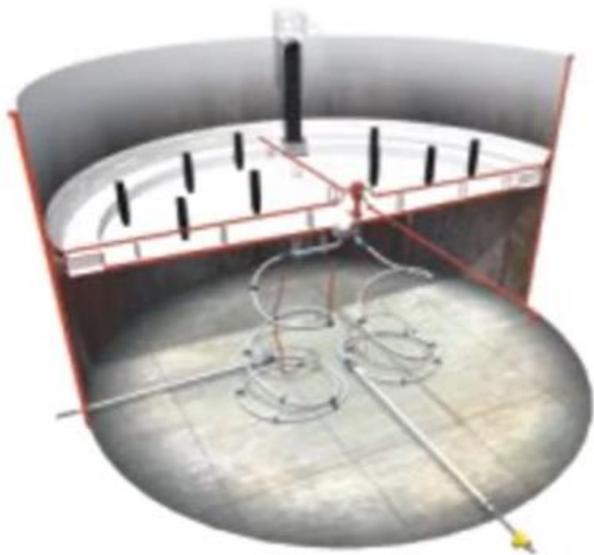
Primeros Auxilios:

- Trasladar al afectado al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial.
- Retirar la ropa y calzados contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos.
- Lavar la boca con agua, suministrar abundante agua. No inducir el vómito.
- Lavar los ojos con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico.

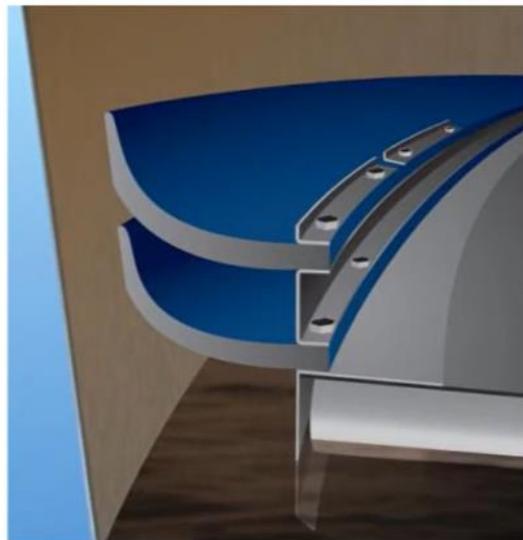
Informaciones al Médico: Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, en base a su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.

ANEXO "C": FICHA TÉCNICA DE LA REFINERÍA GUILLERMO ELDER BELL

FICHA TÉCNICA					
		REFINERÍA GUILLERMO ELDER BELL Inicio de Operaciones Gestión 1979 Capacidad 19.000 BPD			
DATOS GENERALES		RENDIMIENTOS Y PRODUCCIÓN PROMEDIO			
Provincia:	Santa Cruz de la Sierra	PLANTA DE CARBURANTES	UNIDAD	PRODUCCIÓN Promedio 2020	ENTREGAS Promedio 2020
Departamento:	Santa Cruz	Gasolina Especial	m3/mes	29.170	29.937
Zona	Palmasola	Diesel Oil	m3/mes	22.205	22.070
Año de operación	1979	Gasolina Premium	m3/mes	230,4	226,2
Estado actual según cronograma:	En Operación	Kerosene	m3/mes	769	769
Empresa Operadora:	YPFB	Jet Fuel	m3/mes	4.330	4.111
Superficie:	370 km2	GLP	TMD	118	117
Coordenadas:	16.7476° S, 62.0751° W	Crudo Reconstituido	m3/mes	2.116	2.390
Altitud:	416 m.s.n.m.	Gasolina Base 81	m3/mes	7.416	7.377
CAPACIDAD DE PROCESO INICIAL					
Unidad de Crudo	16000 BPD	Gestión 2005			
Unidad de Crudo	3000 BPD				
CAPACIDAD DE PROCESO REVAMP		PRODUCTO	TK	CAPACIDAD NOMINAL (t/a)	CARGA MUERTA (t/a)
Unidad de Crudo	18.500 BPD	Petróleo Crudo	TK-10002	16.000	1.500
Unidad de Crudo	6.000 BPD		TK-2900	16.000	1.500
Capacidad de Diseño	24.500 BPD	Petróleo Crudo	TK-2901	16.000	1.500
Capacidad de Proceso	24.000 BPD		Crudo Reconstituido (B)	TK-2913	9.000
PROYECTOS EN EJECUCIÓN					
Adecuación del parque de esferas		En curso			
		Gasolina Especial	TK-211	792.7	25
		Gasolina Especial	TK-2915	4.000	150
		Gasolina Especial	TK-2916	4.000	150
		Gasolina Premium	TK-2938	700	20
		Jet Fuel	TK-2920	6.000	200
		Jet Fuel	TK-2927	1.800	70
		Jet Fuel	TK-2928	1.800	70
		Diesel Oil	TK-2918	9.000	300
		Diesel Oil	TK-2919	9.000	300
		Gas Licuado de Petróleo	TK-2934	700	30
Gas Licuado de Petróleo	TK-2947	700	30		



Sellos Primarios



Sellos Secundarios

