

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**



**“DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO  
DE BASE ASFÁLTICA DE 10 MB DE CAPACIDAD  
PARA LA PLANTA DE ASFALTO,  
DE REFINERÍA DE TALARA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA  
OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO EN ENERGÍA**

**JEFFERSON ALBURQUEQUE GARCIA**  
**CALLAO, MARZO, 2021**

**PERÚ**

**PEDRO BALTAZAR DE LA CRUZ  
CASTILLO**  
**INGENIERO MECANICO**  
**Reg. CIP N° 96534**



(Resolución N°063-2021-C.F. del 14 de abril de 2021)

**ACTA N° 038 DE EXPOSICIÓN DE INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL DEL II CICLO TALLER  
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO E INGENIERO EN ENERGÍA**

**LIBRO 001 FOLIO N° 086 ACTA N° 038 DE EXPOSICIÓN DE INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

A los 17 días del mes de Julio del año 2021, siendo las 09:33 horas, se reunieron, en la Sala Meet, <https://meet.google.com/ftc-bvra-wuh>, el JURADO DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL para la obtención del Título Profesional de INGENIERO EN ENERGÍA de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- |  |                    |
|--|--------------------|
| ▪ <b>Dr. José Hugo Tezén Campos</b>            | <b>:Presidente</b> |
| ▪ <b>Ing. Lucio Carlos Lozano Ricci</b>        | <b>:Secretario</b> |
| ▪ <b>Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez</b>       | <b>:Vocal</b>      |
| ▪ <b>Mg. Esteban Antonio Gutierrez Hervias</b> | <b>:Suplente</b>   |

Se dio inicio al acto de exposición del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional del Bachiller **ALBURQUEQUE GARCIA JEFFERSON ANDERSON**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero en Energía, sustenta el Informe Titulado: **"DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BASE ASFÁLTICA DE 10 MB DE CAPACIDAD PARA LA PLANTA DE ASFALTO, DE REFINERÍA DE TALARA"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N° 039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **Aprobado** con la escala de calificación cualitativa **MUY BUENO** y calificación cuantitativa **16 (Dieciséis)**, la presente exposición, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018-CU del 30 de Octubre del 2018.

Se dio por cerrado la Sesión a las **09:57** horas del día **17 de Julio del 2021**.



Dr. José Hugo Tezén Campos  
Presidente de Jurado



Ing. Lucio Carlos Lozano Ricci  
Secretario de Jurado



Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez  
Vocal



Mg. Esteban Antonio Gutierrez Hervias  
Suplente

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGÍA**  
**Jurado Evaluador en las Exposiciones de los Informes de Trabajo de Suficiencia**  
**Profesional**

# I N F O R M E

Visto el *Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional* titulado “**DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BASE ASFÁLTICA DE 10 MB DE CAPACIDAD PARA LA PLANTA DE ASFALTO, DE REFINERIA DE TALARA**”, presentado por el(la) **Bachiller de Ingeniería en Energía ALBURQUEQUE GARCIA, Jefferson Anderson**.

**A QUIEN CORRESPONDA:**

El *Presidente del Jurado Evaluador en las Exposiciones de los Informes de Trabajo de Suficiencia Profesional*, manifiesta que la exposición del Informe se realizó el día Sábado 17 de Julio del 2021 a las 09:33hrs., no habiendo observaciones ni correcciones que incluir, el mismo que en su oportunidad fue cuidadosamente evaluado por cada uno de los miembros del Jurado Evaluador, no presentando ninguna observación en su estructura metodológica y contenido temático.

Se emite el presente informe favorable para los fines pertinentes.

Bellavista, 17 de Julio del 2021.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA  
II Ciclo Taller de Titulación por Modalidad de Exposición de  
Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'JHT' followed by a stylized flourish.

Dr. JOSE HUGO TEZEN CAMPOS  
PRESIDENTE JURADO EVALUADOR

## **DEDICATORIA**

A mi amada familia, que fueron las personas que siempre me apoyaron en mis objetivos trazados, y a mis parientes y amigos que perdieron a sus seres queridos en medio de esta pandemia mundial, la cual cambio la forma de vivir de todos nosotros, fuerzas y ánimos para todos ellos.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios y a mis padres, quienes fueron el baluarte en mi vida y me dieron ánimos y la fortaleza para convertirme en una persona con principios y valores.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>I. ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>10</b>
1.1. Objetivo.....	10
1.1.1. Objetivo General.....	10
1.1.2. Objetivos Específicos.....	10
1.2. Organización de la empresa o institución.....	11
1.2.1. Reseña Histórica .....	11
1.2.2. Filosofía Empresarial .....	11
1.2.3 Estructura Organizacional .....	14
1.2.4. Descripción de Puestos .....	17
1.2.5. Actividades desarrolladas por la empresa .....	19
1.2.6. Principales Clientes .....	20
<b>II. FUNDAMENTOS DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL.....</b>	<b>22</b>
2.1. Marco Teórico.....	22
2.1.1. Antecedentes.....	22
2.1.2. Tipos de tensiones producidas .....	25
2.1.3. Conceptos sobre teoría de cascaras cilíndricas .....	27

2.1.4. Estándar API 650 y sus disposiciones generales .....	31
2.1.5. Tanques de almacenamiento .....	34
2.1.6. Descripción del producto almacenado.....	41
2.1.7. Software Ametank .....	43
2.1.8. Aspectos normativos .....	44
2.1.9. Definiciones.....	45
2.2. Descripción de las actividades desarrolladas.....	46
2.2.1. Fase I: Criterios y condiciones de diseño .....	49
2.2.2. Fase II: Dimensionamiento del tanque y selección de materiales.....	59
2.2.3. Fase III: Cálculo de los componentes del tanque .....	66
2.2.4. Fase IV: Elaboración de presupuesto y planos.....	75
<b>III. APORTES REALIZADOS.....</b>	<b>76</b>
3.1. Cálculo de las planchas del cilindro .....	76
3.2. Cálculo de las planchas del techo .....	78
3.3. Cálculo de las planchas de fondo.....	79
3.4. Cálculo del anillo de coronamiento del tanque .....	79
3.5. Cálculo de la comprobación por carga de viento.....	80
3.5.1. Cálculo de viga intermedia .....	81



3.5.2. Cálculo de comprobación de anclaje del tanque .....	82
3.6. Cálculo de la comprobación por carga de sismo.....	84
3.7. Boquillas de conexionado del tanque.....	86
3.8. Selección del aislamiento térmico del tanque .....	88
3.9. Evaluación Técnico – Económica.....	89
<b>IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>91</b>
4.1. Discusión.....	91
4.2. Conclusiones.....	91
<b>V. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>93</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>94</b>

## INTRODUCCIÓN

El almacenamiento del petróleo y sus derivados mediante tanques verticales apoyados sobre el suelo realizados de planchas de acero se remonta a finales del siglo XIX. El uso del petróleo se remonta a épocas ancestrales, usado por las grandes civilizaciones antiguas, por ejemplo, el Mar Muerto era conocido por los griegos como el Lago Asphaltos ya que en sus orillas se depositaba petróleo semisólido debido a las filtraciones subterráneas. También en la biblia se menciona dicho derivado del petróleo como betún o asfalto. Los tanques de almacenamiento son ampliamente utilizados en las industrias, para el almacenamiento temporal de productos a ser utilizados posteriormente. Los tanques forman parte de las distintas operaciones en las industrias, como, producción, transporte, refinación y distribución. A raíz del correcto almacenamiento del petróleo y sus derivados, y dada la gran dependencia que aún tiene nuestra sociedad moderna de los hidrocarburos como fuente de energía, surgieron numerosas normas para el diseño seguro de tanques de almacenamiento, hasta llegar a lo que actualmente conocemos como el estándar API 650 "Welded Tanks for Oil Storage". Los tanques de acero soldado para el almacenamiento del petróleo y sus derivados son los más usados en el Perú y en el mundo por su construcción, diseño y durabilidad que tienen si se fabrican siguiendo estándares de diseño, siendo uno de los más utilizados y reconocidos el API 650 para el diseño, fabricación y montaje de tanques de almacenamiento.

El presente proyecto cuyo título es diseño de un tanque de almacenamiento de base asfáltica de 10MB de capacidad para la planta de asfalto, de Refinería de

Talara, tiene por objetivo general diseñar un tanque atmosférico de almacenamiento de base asfáltica de capacidad de 10 MB. El tanque será diseñado bajo la norma API 650, y se tendrá en consideración, los estándares del cliente, normativa peruana vigente y buenas prácticas de ingeniería, de tal manera de obtener un diseño óptimo, económico y de lado de la seguridad de la instalación y de las personas que lo operan.

En el capítulo 1, se hace una definición de los objetivos del presente informe, además de una descripción de la organización y de las actividades realizadas por la empresa Consultoría Energética y Ambiental SAC., con el fin de identificar el sector en el cual se desarrollará el presente proyecto.

En el capítulo 2, se tiene una descripción de los antecedentes, el cual ha servido como información base para la guía y desarrollo del presente proyecto, además una presentación de los principios fundamentales que gobiernan el diseño de los cuerpos cilíndricos y que están contenidos en los reglamentos de diseño.

En el capítulo 3, se refiere al desarrollo formal del diseño de un tanque de 10 MB capacidad de almacenamiento de asfalto, donde se realiza una descripción detallada de los cálculos obtenidos bajo las pautas dadas por el estándar API 650. El diseño del tanque será de disposición vertical, de material de acero al carbono (ASTM A-36). Los componentes que han sido calculados son, espesores de planchas del cilindro, planchas de fondo y planchas de techo, ángulo superior, cargas transmitidas a cimentación, detalle de estructuras de acero, detalles de conexiones de boquillas, entre otros. Además, se seleccionará un aislamiento térmico adecuado para preservar el calor interno

del tanque destinado a mantener la temperatura del asfalto. Por último, se presenta el presupuesto general de suministro e instalación de los componentes del tanque de almacenamiento.

En el capítulo 4, se exponen las conclusiones correspondientes con los objetivos del presente informe.

En el capítulo 5 y 6, se exponen las recomendaciones y fuentes bibliográficas respectivamente, a las que se llegaron en el presente informe.

Por último, en los anexos se muestra el presupuesto desgregado del proyecto, hojas de datos del tanque según el anexo L del estándar API 650, reporte del diseño del tanque realizado con el software de ingeniería Ametank de Technosoft Inc, y finalmente los planos dimensionales del tanque y el plano P&ID (diagramas de tuberías e instrumentación del tanque).

Este proyecto está destinado para beneficio de PETROLEÓS DEL PERÚ – PETROPERÚ S.A, empresa de propiedad del estado peruano y de derecho privado dedicada al transporte, la refinación, la distribución y la comercialización de combustibles y otros productos derivados del petróleo, ubicada en el distrito de Pariñas, provincia de Talara, departamento de Piura, Perú, como parte de mejoras en el sistema de recepción, de almacenamiento, preparación y transferencia entre tanques de asfalto de la Refinería Talara. Además, espero que el presente proyecto sirva como criterio y guía para el diseño de un tanque de almacenamiento de base asfáltica.

## **I. ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. Objetivo**

#### **1.1.1. Objetivo General**

Diseñar un tanque atmosférico de almacenamiento de base asfáltica de 10 MB capacidad para la planta de asfalto, de la Refinería de Talara.

#### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Definir el alcance del estándar bajo el cual se diseñará el tanque de almacenamiento de base asfáltica de 10MB y las condiciones de diseño del proyecto.
- Dimensionar el tanque atmosférico de almacenamiento de base asfáltica y definir los materiales de los componentes del tanque.
- Calcular los componentes mecánicos del tanque atmosférico de 10 MB siguiendo los lineamientos del estándar de diseño y seleccionar el espesor de aislamiento adecuado para cumplir con mantener la temperatura del fluido.
- Realizar una evaluación económica de los costos de suministro del proyecto y elaborar los planos dimensionales del tanque de acuerdo con los resultados del cálculo.

## **1.2. Organización de la empresa o institución**

### **1.2.1. Reseña Histórica**

Consultoría Energética & Ambiental S.A.C es una organización fundada en el año 2004, con el propósito de brindar servicios de proyectos de ingeniería, evaluación de riesgos, estudios ambientales y económicos, inspección y supervisión de instalaciones, así como otras actividades orientadas hacia los sectores de hidrocarburos, eléctricos, industriales y mineros; cumpliendo con los estándares nacionales e internacionales a satisfacción de nuestros clientes.

Nuestro interés principal es ofrecer servicios de ingeniería altamente profesional, proyectada a cumplir y superar las expectativas de nuestros clientes, para ello la empresa se ha involucrado en la capacitación de sus colaboradores y de esta manera promover el desarrollo de sus competencias, orientadas al cumplimiento de los objetivos y metas establecidas en la organización.

### **1.2.2. Filosofía Empresarial**

#### **Misión**

Proveer servicios técnicos integrados a nuestros clientes, en las ramas de la ingeniería de los sectores hidrocarburos, eléctricos, industriales y mineros; con el apoyo de personal altamente

competente, utilizando las mejores prácticas de ingeniería y tecnología de vanguardia, con el fin de cumplir los objetivos y expectativas de nuestros clientes.

### **Visión**

Ser reconocidos en el ámbito nacional e internacional como una organización líder, proveedora de soluciones tecnológicas en el área de ingeniería de los sectores de hidrocarburos, eléctricos, industriales y mineros.

### **Políticas de calidad**

Consultoría Energética & Ambiental S.A.C. (CE&A S.A.C.) es una organización dedicada a desarrollar estudios de proyectos en ingeniería, evaluación de riesgos, estudios ambientales y económicos, inspección y supervisión de instalaciones, así como otras actividades vinculadas a los sectores hidrocarburos, eléctricos, industriales y mineros. Teniendo como compromiso los siguientes aspectos:

- Establecer y mantener el sistema de gestión de la calidad para asegurar la satisfacción del cliente.
- Capacitar a nuestros colaboradores y promover el desarrollo de sus competencias, orientadas al cumplimiento de los objetivos y metas establecidas en la organización.
- Garantizar la continuidad de los servicios, considerando a

nuestros proveedores como socios estratégicos de la organización.

- Lograr la mejora continua del sistema de gestión de calidad, cumpliendo con los estándares nacionales e internacionales y exigencias del mercado, para mejorar el desempeño de CE&A S.A.C. respetando el medio ambiente, contribuyendo de esta manera al desarrollo sostenible de la sociedad.

### **Políticas de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente**

Consultoría Energética & Ambiental S.A.C. (CE&A S.A.C.) en cuanto a la preservación del medio ambiente, así como la seguridad y salud ocupacional de nuestros colaboradores, nos comprometemos a lo siguiente:

- Cumplir con la normativa legal aplicable y otros que la organización suscriba en materia ambiental y de seguridad y salud en el trabajo.
- Establecer y mantener el sistema de gestión de medio ambiente, seguridad y salud en el trabajo, fomentando la participación y consulta de los colaboradores.
- Establecer y mantener los sistemas gestión de medio ambiente, seguridad y salud ocupacional, con la finalidad de mejorar continuamente el desempeño del sistema para prevenir la contaminación y garantizar la seguridad de los



colaboradores.

- Ejecutar un programa preventivo de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, buscando el bienestar físico, mental y social de los colaboradores, con el propósito de evitar la ocurrencia de accidentes de trabajo, enfermedades ocupacionales y la contaminación en el ambiente.

### **Valores**

Consultoría Energética & Ambiental S.A.C. (CE&A S.A.C.) está basado sobre los siguientes principios éticos y profesionales.

- Honestidad: Plasmamos nuestros conocimientos de manera genuina en la elaboración de ingeniería para ganarnos la confianza y credibilidad de nuestros clientes.
- Pasión: Entregamos nuestro esfuerzo y compromiso en la elaboración de cada proyecto para la satisfacción de nuestro cliente.
- Trabajo en equipo: Creemos que el conocimiento que aporta cada uno de nuestros colaboradores es la base principal de nuestro trabajo en equipo e integración de las distintas disciplinas.

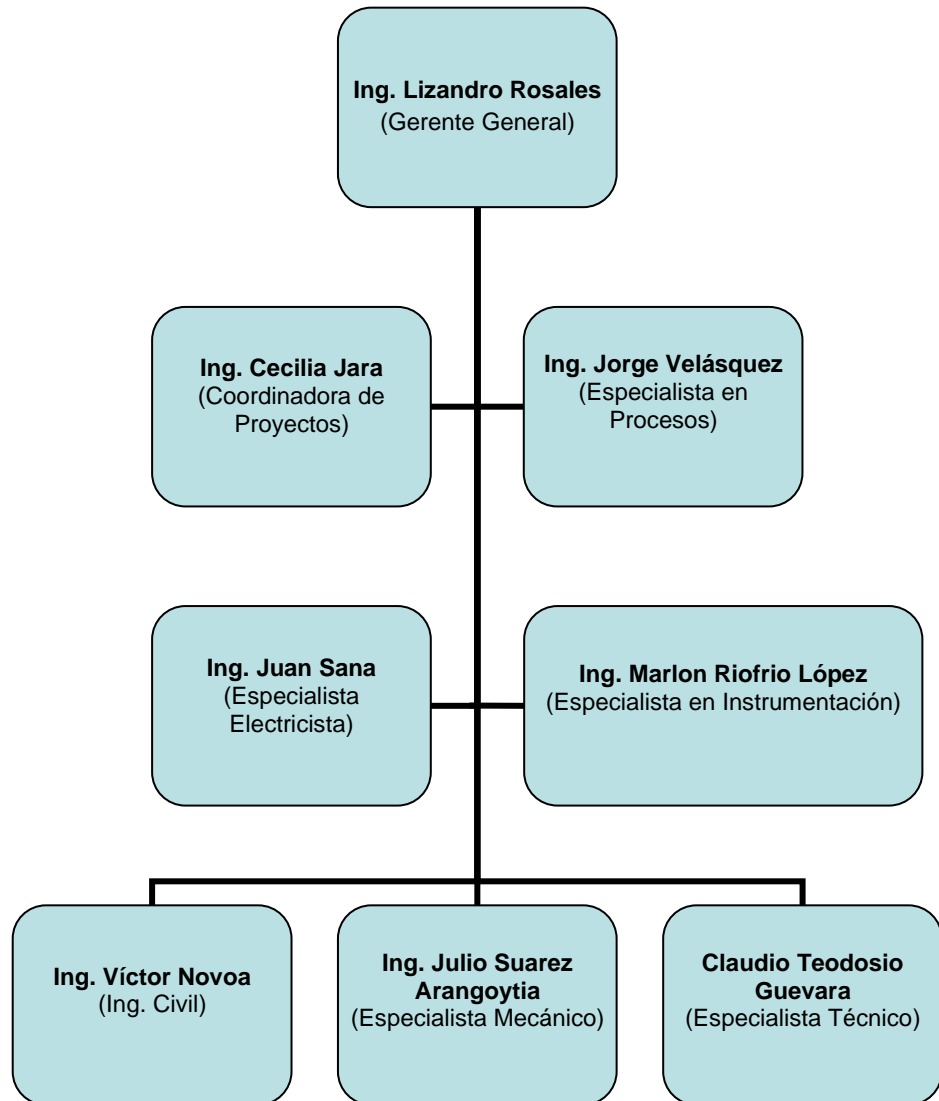
### **1.2.3. Estructura Organizacional**

A continuación, una representación gráfica de la estructura de la empresa Consultoría Energética & Ambiental S.A.C. (CE&A

S.A.C.) su organización, niveles jerárquicos.

**Figura 1**

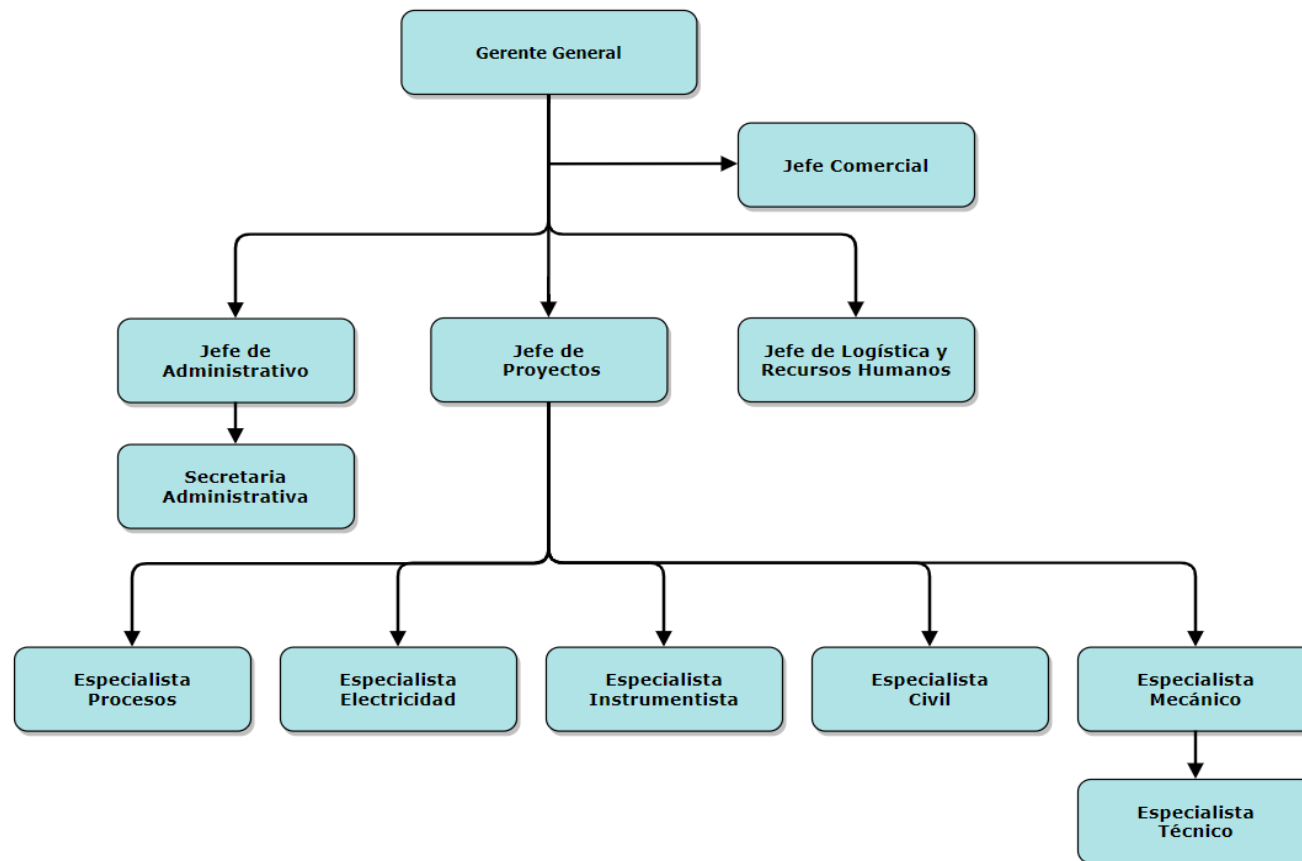
*Organigrama del Proyecto*



Fuente: Consultoría Energética y Ambiental S.A.C.

**Figura 2**

*Organigrama de la Empresa*



Fuente: Consultoría Energética y Ambiental S.A.C.

#### **1.2.4. Descripción de Puestos**

##### **Gerente General**

Es el responsable legal de la empresa y en ese sentido deberá velar por el cumplimiento de todos los requisitos legales que afecten los negocios y operaciones de ésta.

##### **Coordinadora de Proyectos**

La coordinadora de proyectos es la persona que asegura que todos los aspectos del proyecto están completados a tiempo, que las pagas y los problemas se han arreglado, y que el proyecto ha terminado dentro del plazo y del presupuesto.

##### **Especialista en Procesos**

Encargado de diseñar y rediseñar procesos, servicios y procedimientos en operaciones. Realizar informes técnicos sobre la materia, flujogramas, manuales y materiales de capacitación. Elaborar y formular informes de los procesos de la Gerencia.

##### **Especialista Electricista**

Encargado de diseñar los sistemas eléctricos a nivel industrial de acuerdo con los estándares internacionales y nacionales y especificaciones del cliente según las características del proyecto. Además, Leer e interpretar planos, esquemas y bocetos de elementos eléctricos, diagramas de circuito y especificaciones de códigos eléctricos para determinar la disposición del cableado en edificaciones nuevas o existentes.

### **Especialista Instrumentistas**

Encargado de diseñar, analizar e incorporar los componentes básicos de medición, así como los lazos de control del equipo que se esté diseñando, en el proceso de desarrollo de la ingeniería básica o de detalle de un proyecto ya sea para la fabricación, construcción o modificación de parámetros de una planta de procesos industriales.

### **Especialista Civil**

Encargado del diseñar, interpretar, revisar y aprobar cualquier topografía o trabajo de diseño civil, como, por ejemplo, diseño de muros contraincendios, losas de área estanca, anillos de cimentación de tanques, canaletas perimetrales, cajas de registro de fugas, sistema de drenaje pluvial y aceitoso, entre otros.

### **Especialista Mecánico**

Encargado del diseño de equipos estáticos y dinámicos, naves industriales, tuberías de procesos y sistemas contraincendio, elaboración de memorias de cálculo, especificaciones técnicas de suministro y construcción dependiendo de las características del proyecto.

### **Especialista Técnico**

Encargado del relevamiento de campo de los proyectos de ingeniería, con amplio conocimiento técnico de los equipos estáticos y dinámicos, sistemas de tuberías en plantas de

procesos industriales. Apoyo a las demás especialidades con su experiencia e información obtenida en campo para facilidades en la elaboración de planos y documentos técnicos.

#### **1.2.5. Actividades desarrolladas por la empresa**

Consultoría Energética & Ambiental S.A.C. (CE&A S.A.C.) es una organización dedicada a desarrollar estudios de proyectos en ingeniería, evaluación de riesgos, estudios ambientales y económicos, inspección y supervisión de instalaciones, así como otras actividades vinculadas a los sectores hidrocarburos, eléctricos, industriales y mineros.

Nuestros servicios abarcan los siguientes campos:

#### **Proyectos de Ingeniería**

Consultoría Energética & Ambiental S.A.C proporciona servicios de diseño, desarrollo y gestión de proyectos, desarrollando Ingeniería conceptual, básica y de detalle, estudios de seguridad y medio ambientales, liderando el mercado de servicios de ingeniería para el sector hidrocarburos, energético, minero e industrial.

Asimismo, la empresa asesora a las empresas líderes del sector energético, industrial y de hidrocarburos en sus proyectos de ingeniería e inspección industrial brindándoles soluciones amigables con el medio ambiente.

## **Inspección y supervisión**

Consultoría Energética & Ambiental S.A.C proporciona servicios de inspección y supervisión de equipos estáticos, tales como tanques de almacenamiento atmosféricos y recipientes sometidos a presión cumpliendo con los estándares nacionales, internacionales y de nuestros clientes, contando con personal calificado y certificado en la realización de este tipo de servicios.

### **1.2.6. Principales Clientes**

**Proyecto:** Elaboración del Expediente Técnico para obtener el Informe Técnico Favorable (ITF) de Instalación ante OSINERGMIN, y Elaboración de Expediente Definitivo de Ingeniería Complementaria de la Planta de Abastecimiento de combustibles de Aviación Aeropuerto de Juliaca.

**Cliente:** Aeropuertos Andinos del Perú.

**Proyecto:** Análisis Hidráulico del nuevo Recorrido de la Red de Tuberías Contra incendio de Refinería Iquitos.

**Cliente:** PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETRO PERÚ S.A.

**Proyecto:** Montaje e Interconexión de dos (02) tanques en Planta de Ventas Yurimaguas incluido la Elaboración de la Ingeniería Básica, de Detalle y Estudio de Riesgo.

**Cliente:** PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETRO PERÚ S.A.

**Proyecto:** Servicio de Elaboración de la ingeniería Básica y de

Detalle para la obtención del Informe Técnico Favorable (ITF) para la construcción de 01 Batería de Producción y un ducto en Campo Pacaya, ubicada en el Lote 31E de Propiedad de Maple Gas Corporación del Perú SRL.

**Cliente:** Gas Consult del Perú S.A.

**Proyecto:** Estudio de Integridad de Recipientes a Presión y Válvulas de Seguridad en planta Cusco.

**Cliente:** Corporación Lindley S.A.

**Proyecto:** Elaboración de Ingeniería Básica del proyecto mejoras en el Sistema de Recepción, Almacenamiento, Preparación y Transferencia entre Tanques de Asfalto de Refinería Talara.

**Cliente:** PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETRO PERÚ S.A.



## II. FUNDAMENTOS DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

### 2.1. Marco Teórico

#### 2.1.1. Antecedentes

Para la elaboración del presente informe se tomó como información de referencia los siguientes trabajos de investigación, ya que se encontró antecedentes referidos al tema.

- (González Dorta 2018), realizó la tesis titulada “DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE UN FLUIDO DE ALTA TEMPERATURA”. Esta tesis tiene como objetivo el diseño de un depósito de almacenamiento de un fluido a alta temperatura, utilizando el estándar americano API 650 y el software de simulación por análisis de elementos finitos ANSYS para la comprobación de las cargas de diseño al que será sometido el depósito. En esta tesis se llega a la conclusión que la forma del depósito viene determinada por su uso y el producto que almacena, y la selección del material viene determinada por el producto que almacena y los factores externos. Esta tesis, sirve como guía y orientación para la secuencia de los cálculos a seguir dirigida a tanques de almacenamiento de alta temperatura.
- (Masache Sanagua 2011), realizó la tesis titulada “MANTENIMIENTO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO EN LA REFINERÍA ESTATAL ESMERALDAS”. Esta tesis tiene como objetivo un plan de mantenimiento para un tanque de techo flotante siguiendo los requerimientos mínimos y procedimientos descritos

en el estándar de diseño API 650 y el estándar de reparación, alteración y mantenimiento API 653 para lograr que el tanque se mantenga en óptimas condiciones durante la vida útil del activo. En esta tesis se llega a la conclusión que las normas o estándares son una guía para la reparación y mantenimiento de tanques y estos se deben ajustar a las necesidades operacionales del lugar donde se encuentren. Esta tesis sirvió de guía para establecer bien las condiciones de diseño, sobre todo el valor de la corrosión admisible, ya que este último depende del valor de la vida útil del equipo.

- (Valencia Valencia 2019), “DISEÑO Y CONTROL AUTOMÁTICO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO DE PETRÓLEO PARA UNA REFINERÍA”. Esta tesis tiene como objetivo el diseño de tres tanques de almacenamiento de petróleo crudo, además de la instrumentación de los mismo para el control del producto almacenado, usando la reglamentación nacional y el estándar API 650, todo esto con el fin de incrementar la capacidad operativa de la Refinería. En esta tesis se llega a la conclusión que los instrumentos de control para el sistema de llenado y vaciado del tanque permiten el control del inventario y el funcionamiento seguro del mismo, obteniendo una mejor producción del crudo. Esta tesis sirvió de guía para determinar el número de boquillas que debe contar un tanque de almacenamiento para el sistema de control e instrumentación.

- (Saldaña Delgado 2014), "DISEÑO DE TANQUES DE AGUA CON CAPACIDAD HASTA 1200 m<sup>3</sup> CON TECHO CÓNICO BAJO NORMA API 650 CON EXCEL Y SOLIDWORKS". El objetivo de esta tesis es plantear una solución para las empresas que se dedican al diseño y fabricación metalmecánico de tanques de almacenamiento de agua de tipo techo fijo cónico y de capacidad de hasta 1200 m<sup>3</sup>, esta solución se obtuvo a través de una programación entre el Excel y el software de diseño CAD SolidWorks. En esta tesis se llega a la conclusión que el usuario puede realizar el diseño y dibujo de los componentes principales del tanque de manera rápida y eficiente reduciendo así las horas hombres de trabajo de ingeniería. Esta tesis me sirve de orientación para el desarrollo de los cálculos de los componentes del tanque, ya que esta orientado a tanques de techo cónico fijo.
- (Aranda Burckhardt 2011), "DISEÑO DE TANQUES DE ACERO SOLDADO APOYADOS SOBRE EL SUELO PARA ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS". Esta tesis tiene como objetivo el diseño de un tanque de acero apoyado sobre el suelo siguiendo los lineamientos del estándar API 650, poniendo mayor énfasis en la parte sismorresistente a través de un modelamiento sísmico siguiendo las pautas establecidas por el estándar API 650 y un estudio de suelo del lugar de emplazamiento. Esta tesis me sirve de referencia para el desarrollo de mi proyecto porque nos brinda información general, información

tecnica, y una mayor profundización sobre el diseño seguro de tanques de almacenamiento de hidrocarburos siguiendo los lineamientos del estandar API 650.

A continuación, se definen los conceptos, principios físicos y códigos de diseño que se utilizaron para la realización del presente informe, dichas definiciones son base fundamental del diseño del tanque atmosférico de almacenamiento de producto de base asfáltica de capacidad de 10 MB, además servirá de entendimiento de la descripción de las actividades desarrolladas en el presente informe propuestos en el siguiente punto.

### **2.1.2. Tipos de tensiones producidas**

Las cargas que apliquemos a nuestro equipo podrán ser de diferente naturaleza de aplicación, es decir, podrán ser tanto cargas externas debidas a acciones del entorno, o fuerzas distribuidas como cargas internas derivadas de la presión del fluido almacenado. Sea cual sea la naturaleza de aplicación de las cargas en nuestro sistema, éstas generarán en el mismo deformaciones que provocarán tensiones que será necesarios contrarrestarlas. A continuación, se describirán los diferentes tipos de tensiones que se dan en el cilindro de un tanque.

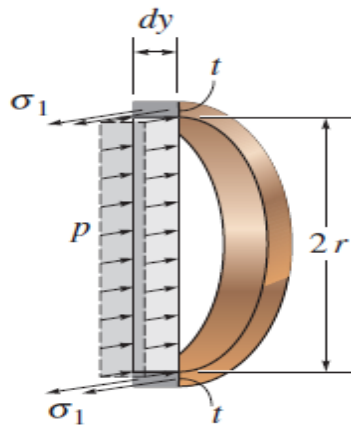
- **Tensión circular (Hoop Stress)**

Es la tensión originada por la presión interna que tiene lugar en el interior de una tubería, tanque o recipiente a presión, actúa en dirección tangencial a la pared de esta, es decir, la tensión que aparece por el principio de acción-reacción para evitar que el

tanque estalle por presión. Se muestra en la figura 2.1 una gráfica de la descripción de la tensión circular.

### Figura 2.1

#### Tensión Circular



Fuente: R. C. Hibbeler, Mecánica de Materiales. Novena Edición.

$$\sigma_1 = \frac{P \cdot D}{2t}$$

Donde:

$\sigma_1$  = Tensión circular.

$P$  = Presión interna.

$D$  = Diámetro interior.

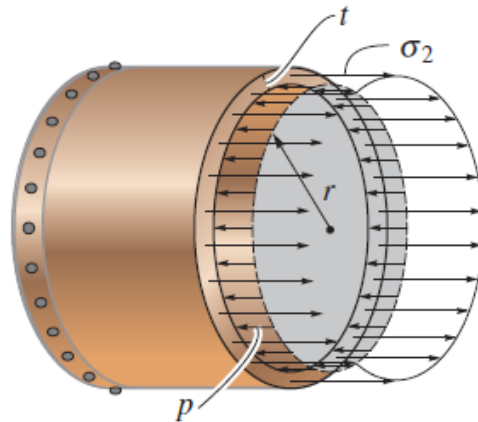
$t$  = Espesor.

- **Tensión longitudinal**

Es la tensión que aparece en la pared del cilindro del tanque en dirección contraria a la fuerza aplicada, esta tensión se genera debido a la presión interior, y es responsable que el cilindro no se separe en dos cuando se aplica una fuerza axial.

**Figura 2.2**

*Tensión Longitudinal*



Fuente: R. C. Hibbeler, Mecánica de Materiales. Novena Edición.

$$\sigma_2 = \frac{P \cdot D}{4t}$$

Donde:

$\sigma_2$  = Tensión longitudinal.

$P$  = Presión interna.

$D$  = Diámetro interior.

$t$  = Espesor.

### **2.1.3. Conceptos sobre teoría de cascaras cilíndricas**

Uno de los conceptos más precisos acerca de los cuerpos de pared cilíndrica es el descrito por (HIBBELER, 2013).

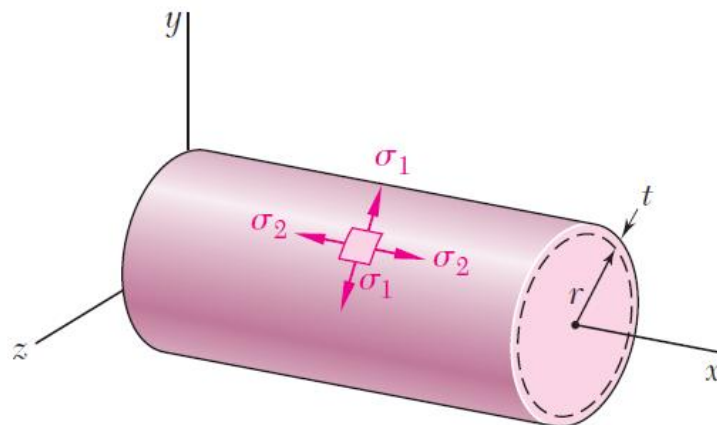
Los recipientes de pared delgada constituyen una aplicación importante del análisis de esfuerzo plano. Como sus paredes oponen poca resistencia a la flexión, puede suponerse que las fuerzas internas ejercidas sobre una parte de la pared son

tangentes a la superficie del recipiente. Los esfuerzos resultantes en un elemento de pared estarán contenidos en un plano tangente a la superficie del recipiente. (p. 462).

Escogemos un perfil arbitrario como línea de referencia y desde ésta medimos las coordenadas  $x$  a lo largo de las generadoras, positivas en una dirección y negativas en otra dirección. La segunda coordenada tiene que variar de generatriz en generatriz. Introducimos un ángulo  $\Phi$  que es tangente al perfil o que hace un plano tangente al cilindro.

### Figura 2.3

#### Carcasa Cilíndrica

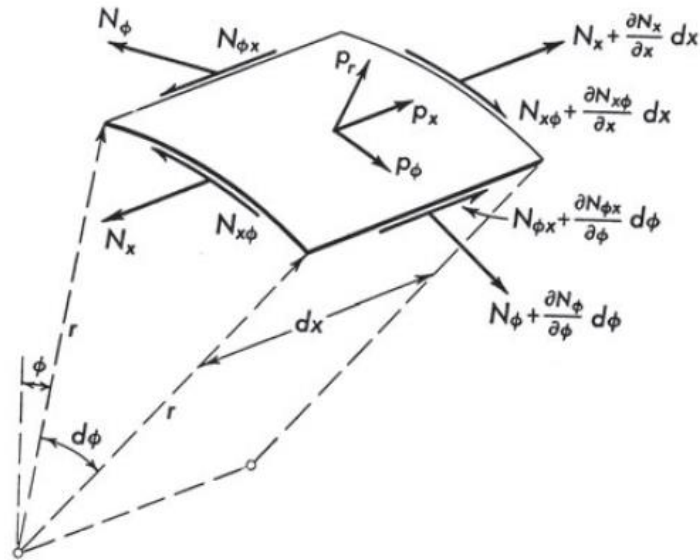


Fuente: Ferdinand P. Beer, Mecánica de Materiales. Sexta edición.

Luego se considera una carcasa cuya superficie es un cilindro. Se toma un fragmento con 2 meridianos contiguos y 2 paralelos contiguos de distancia infinitesimal.

**Figura 2.4**

Descomposición de Esfuerzos



Fuente: Tomado de (Aranda Burckhardt 2011).

Las fuerzas de membrana que actúan en los 4 bordes tienen que ser todas tangentes a la superficie media y pueden ser descompuestas en componentes normales y de corte, según se muestra en la figura 2.4. Las fuerzas por unidad de longitud de sección son las fuerzas normales  $N_x$  y  $N_\phi$  y las fuerzas cortantes  $N_{x\phi} = N_{\phi x}$ . La carga por unidad de área del elemento de cáscara tiene los componentes  $p_x$  y  $p_\phi$  en las direcciones de incremento de  $x$  y  $\phi$  respectivamente y una componente radial (normal a la superficie de la cáscara)  $p_r$ , positiva si va hacia fuera. Las resultantes de esfuerzos  $N_x$ ,  $N_\phi$  y  $N_{x\phi}$  son fuerzas de membrana.  $N_x$  es llamada fuerza meridional,  $N_\phi$  es llamada fuerza de aro, de banda o de anillo o simplemente anular y  $N_{x\phi}$  es llamada fuerza de corte. Además 3 ecuaciones de equilibrio



del elemento de cáscara serán necesarias para encontrar estas 3 fuerzas en función de  $x$  y de  $\Phi$ .

Estas ecuaciones las podemos obtener de la Figura 2.4 de manera directa. El equilibrio en la dirección  $x$  nos da por suma de fuerza:

$$\frac{\partial N_x}{\partial x} dx \cdot rd\phi - \frac{\partial N_{\phi x}}{\partial \phi} d\phi \cdot dx + p_x \cdot dx \cdot rd\phi = 0 \quad (1)$$

y la suma de fuerzas en la dirección paralela a una tangente al perfil:

$$\frac{\partial N_\phi}{\partial \phi} d\phi \cdot dx - \frac{\partial N_{x\phi}}{\partial x} dx \cdot rd\phi + p_\phi \cdot dx \cdot rd\phi = 0 \quad (2)$$

En ángulo recto con la superficie media tenemos, además de la fuerza externa  $p_r \cdot dx \cdot rd\phi$ , la resultante de las dos fuerzas  $N_\phi dx$  apuntado hacia adentro:

$$N_\phi dx \cdot d\phi - p_r \cdot dx \cdot rd\phi = 0 \quad (3)$$

Después de la división por los dos diferenciales  $dx \cdot d\phi$ , estas tres condiciones de equilibrio ya son las ecuaciones diferenciales para las fuerzas de membrana de la cáscara, simplificando el procedimiento resulta:

$$N_\phi = p_r \cdot r \quad (4)$$

$$\frac{\partial N_{x\phi}}{\partial x} = -p_\phi - \frac{1}{r} \frac{\partial N_\phi}{\partial \phi} \quad (5)$$

$$\frac{\partial N_x}{\partial x} = -p_x - \frac{1}{r} \frac{\partial N_{x\phi}}{\partial \phi} \quad (6)$$

Para los tanques que contengan hidrocarburos (o que tengan la misma forma y contengan algún fluido en estado líquido), que son cáscaras cuyos perfiles son curvas cerradas y que solamente tienen 2 perfiles como límites, solamente nos interesa la ecuación (4). En esta ecuación sólo tenemos esta fuerza anular o de tensión circunferencial que es finalmente una fuerza de tensión en la membrana, la cual depende única y exclusivamente de la intensidad de la carga normal  $p_r$  y no es influenciada por condiciones de borde.

#### **2.1.4. Estándar API 650 y sus disposiciones generales**

Este estándar está basado en el conocimiento y experiencias de compradores, fabricantes y usuarios de tanques de almacenamiento soldados, de varios tamaños y capacidades. Cabe mencionar que los requerimientos del estándar son mínimos. Si bien es cierto que el alcance del estándar no se limita a almacenamiento de petróleo y sus derivados, es aplicable para almacenamiento de productos químicos, agua, etc; en la práctica, cuando se hace referencia al API 650 se infiere al almacenamiento de los productos mencionados.

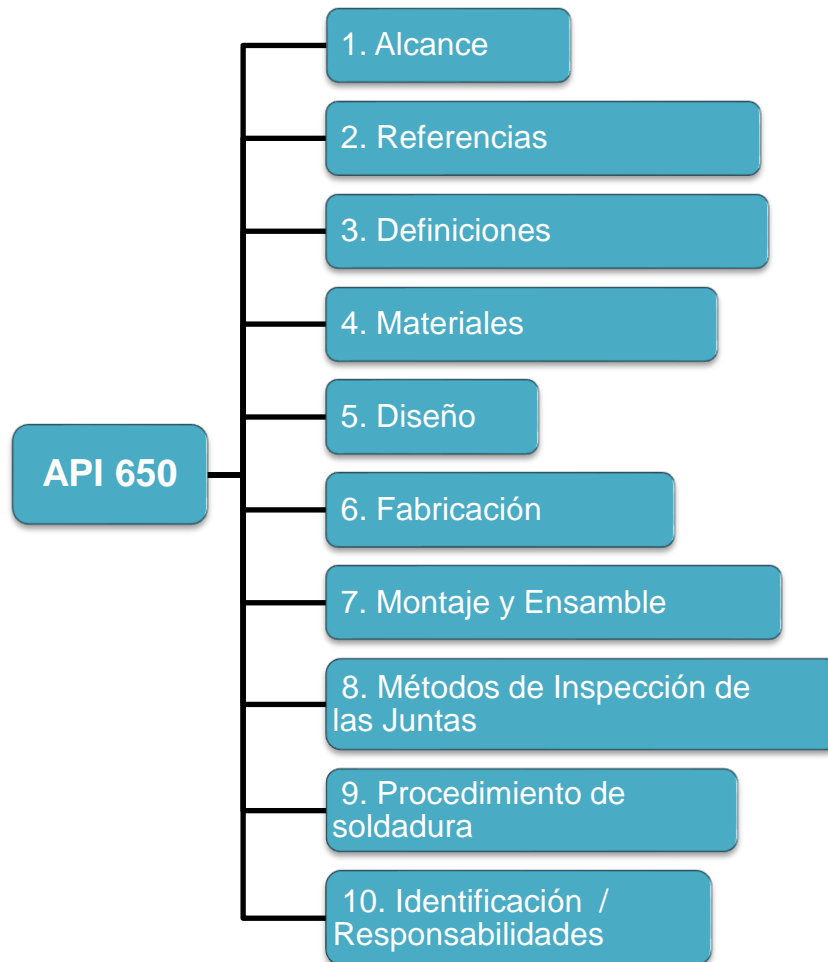
El alcance del estándar abarca capacidades para presiones internas aproximadas a las atmosféricas sin que exceda el peso de las planchas de techo hasta presiones de 2.5 psig, aunque permite

presiones más altas cuando se cumple los requerimientos del apéndice F “Design of Tanks for Small Internal Pressures” que abarca presiones de hasta 15 psig, además indica que la temperatura del líquido contenido no debe exceder 90 °C (200° F), si es que la temperatura interna va a superar este límite, se tendría que usar las disposiciones del apéndice M “Requirements for Tanks Operating at Elevated Temperatures” las cuales permiten una temperatura de operación máxima de 260°C (500° F). Evidentemente tanto el Apéndice F como el Apéndice M deberán ser usados solamente si el diseño y las condiciones de operación del tanque lo ameritan.

A continuación, en la figura 2.5 se menciona los contenidos del estándar API 650.

**Figura 2.5**

*Contenidos de STD API 650*



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con el STD API 650.

Estas 10 Secciones incluyen disposiciones generales, la calidad de los materiales a usar, las referencias a usar que son básicamente normas complementarias, las pautas de diseño, recomendaciones de fabricación y montaje, etc. Además de ello el estándar contiene 26 apéndices que cubren diferentes aspectos del diseño y construcción de tanques., dentro de estos apéndices no se usan todos en simultaneo, va depender de cuales son necesarias para el tanque en

cuestión.

Debido a que el API 650 es una estándar de diseño de Estados Unidos de América, se usan palabras en inglés como “shall” y “should”, donde en el primer caso haciendo la traducción significa “debe” tiene un sentido imperativo, mientras en el segundo caso significa “debería” como en muchas normas de diseño tiene recomendaciones y exigencias, el API 650 no es la excepción en este caso.

Finalmente, el API 650 en muchas de sus exigencias y recomendaciones, indica que el dueño del equipo en acuerdo con el diseñador decidirá sobre los detalles de diseño del tanque.

#### **2.1.5. Tanques de almacenamiento**

El tamaño de un tanque depende de muchos factores, como una evaluación técnica económica del equipo, las disposiciones de lugar de emplazamiento o las distancias mínimas de seguridad que debe cumplir con la reglamentación nacional o los estándares del cliente, en el que muchas veces la decisión recae en el cliente y el personal administrativo de la planta o refinería.

Para la ubicación de un tanque de almacenamiento de combustible dentro del lugar de emplazamiento o dentro del patio de tanques debe tenerse en consideración y cumplir con los requerimientos mínimos de la NFPA 30 “Flammable and Combustible Liquids Code” en cuanto a distanciamientos con equipos existentes u otros tanques de almacenamiento. Además, acá en Perú rige el decreto supremo del

Ministerio de Energía y Minas “DS 052-93-EM, Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos”, el cual deberá de tomarse en consideración para todos los requerimientos de diseño, construcción, fabricación y de seguridad de tanques de almacenamiento de hidrocarburos que operen en las distintas plantas y refinerías a nivel nacional.

Existen varias configuraciones o formas a la hora de diseñar un tanque de almacenamiento. A continuación, se presenta una descripción de cada una obedeciendo a la forma de su cubierta o techo.

### **Tanque de Techo Fijo**

Se usan para almacenar productos no volátiles o productos que tengan poca capacidad de generar gases durante su operación como, por ejemplo: agua, diésel, asfalto, petróleo crudo, etc. El techo del tanque permanece fijo sin posibilidad de movimiento unido generalmente al anillo de coronación del tanque mediante soldadura de filete o siguiendo las configuraciones de unión entre el techo y el cuerpo del tanque descritas en el Anexo F “Design of Tanks for Small Internal Pressures” del STD API 650. Además, en este tipo de techo se debe considerar la presión interna que generan los gases producto de la operación del contenido el cual no debe exceder la presión de diseño, motivo por el cual se disponen a ubicar boquillas o aberturas en el techo del tanque para el venteo la cual es dimensionada y diseñada según el STD API 2000, que es para el diseño de los venteos de tanques de almacenamiento, de tal manera que no se

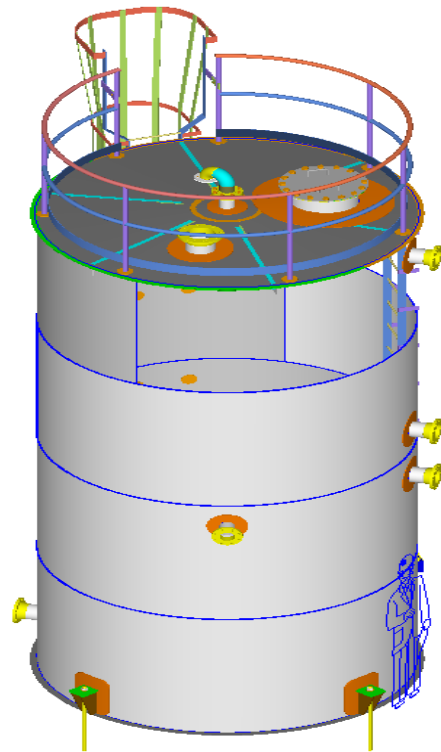
produzcan esfuerzos excesivos por sobrepresión o subpresión. Los techos fijos se clasifican en:

- Techo fijo autosoportado: Son techos que están apoyados únicamente en su periferia, formado únicamente por planchas con un espesor mínimo requerido con el fin de soportar las cargas muertas (peso propio y posible aislamiento) más las cargas vivas (nieve, uso y viento) que pudieran existir.
  - Cónico: Tiene forma de cono recto, es el más económico y de fácil construcción.
  - Umbrella: Tiene forma de casquete esférico, de tal forma que la sección horizontal es un polígono regular con tantos lados como chapas existen en el techo, en forma de gajos, asemejándose a la forma de un paraguas (de ahí su nombre, “umbrella” en inglés).
- Techo fijo soportado: Son techos formados también por planchas pero que se apoyan en una estructura formada por cables o correas, que a su vez se apoyan en vigas que forman una figura poligonal y que dependiendo del diámetro del tanque y/o su altura, en las intersecciones de unión de dichas vigas existen columnas o pilares, así como una columna central que soporta un anillo central de compresión.

A continuación, se presenta la figura 2.5 y 2.6 donde se muestra un ejemplo de tanque de techo autosoportado y soportado respectivamente:

**Figura 2.6**

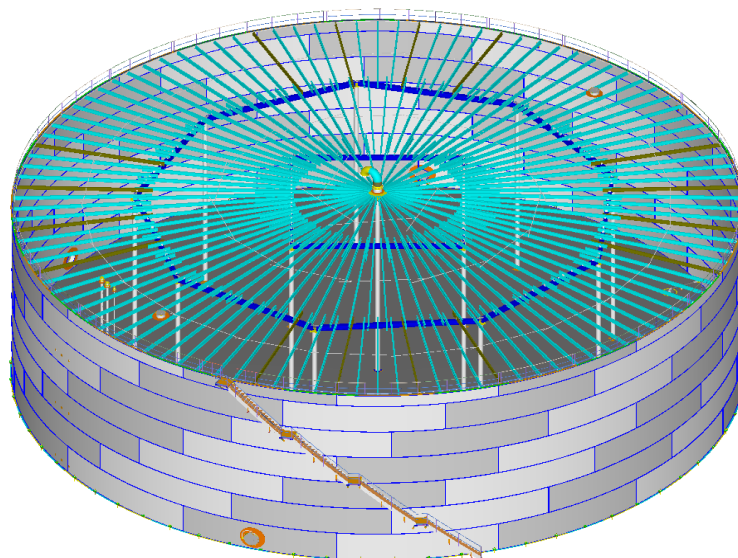
*Tanque de Agua de 30 m<sup>3</sup>*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2.7**

*Tanque de Diesel de 163 MB*



Fuente: Elaboración propia.



## **Tanque de Techo Flotante**

Un tanque de techo flotante se caracteriza porque el techo flota y se mueve (subiendo y bajando) con el nivel del líquido sobre la superficie del líquido eliminando la cámara de vapor que se genera por las propiedades del fluido, minimizando pérdidas por evaporación al exterior reduciendo de esta manera el daño medio ambiental y el riesgo de formación de mezclas explosivas en las zonas colindantes del tanque. Con el fin de minimizar estos vapores se recomienda como buenas prácticas de ingeniería y recomendaciones del STD API 650 instalar unos sellos en la periferia del techo (entre la membrana del techo y el cilindro del tanque) denominados sello primario y sello secundario, además estos sellos impiden el ingreso de cualquier agente externo al tanque. Los principales tipos de techo flotantes son:

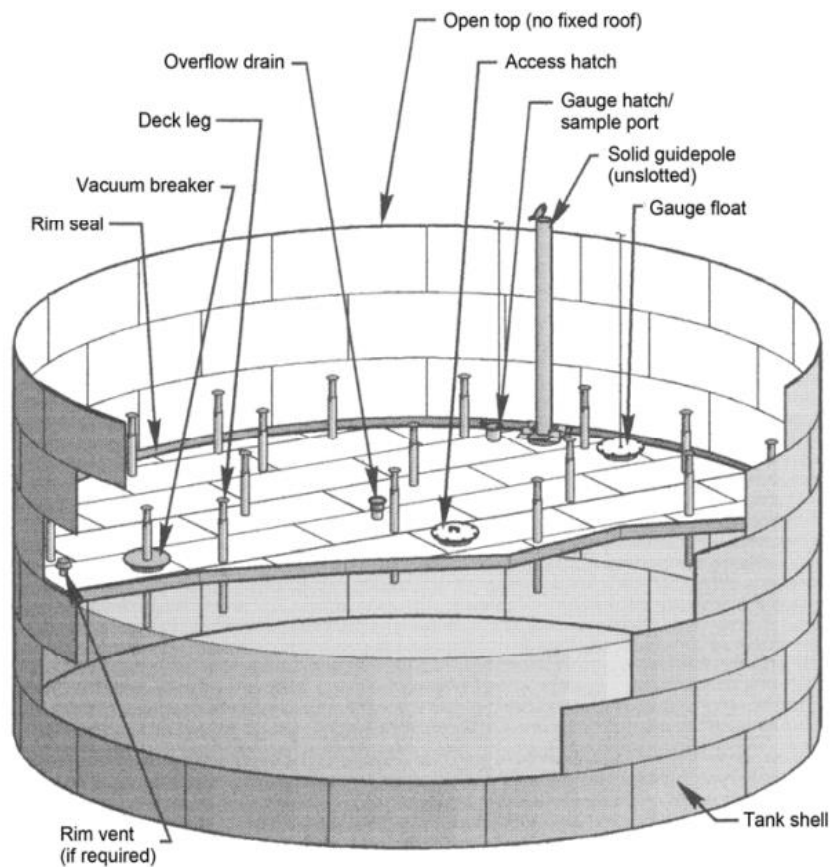
- Techo flotante interno: En este caso, el techo del tanque está compuesto por dos techos, una interna y otra externa, el techo interno generalmente se construye en aluminio, y por encima de este último se coloca un domo geodésico como techo fijo del tanque, o un techo cónico fijo soportado con columnas. Este tipo de configuración se usa en lugares donde hay fuertes nevadas o lluvias, que generarían cargas que podrían hundir un techo flotante convencional.
- Techo flotante externo: Debido a que es un techo que se encuentra a cielo abierto y para el caso de zonas lluviosas, en el techo del tanque deberá estar provisto de un sumidero el cual

deberá poder el agua de lluvia que caiga sobre él. Para esto, se diseña un sistema de tubería pivotante para el drenaje del agua de lluvia a una poza colectora de agua pluviales cercana.

Para el diseño de los techos flotantes se recomienda seguir las disposiciones del Apéndice C “External Floating Roofs” del STD API 650.

### Figura 2.8

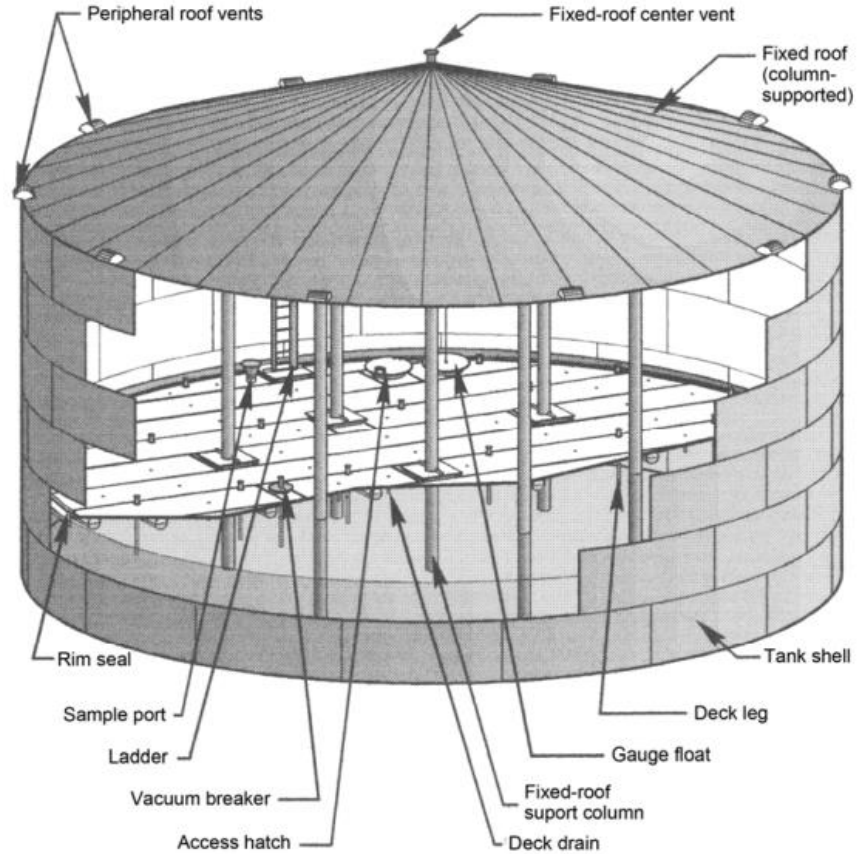
#### *Tanque de Techo Flotante Externo*



Fuente: API PUBL 2517 “Evaporative Loss from Floating-Roof Tanks”.

**Figura 2.9**

*Tanque de Techo Flotante Interno*

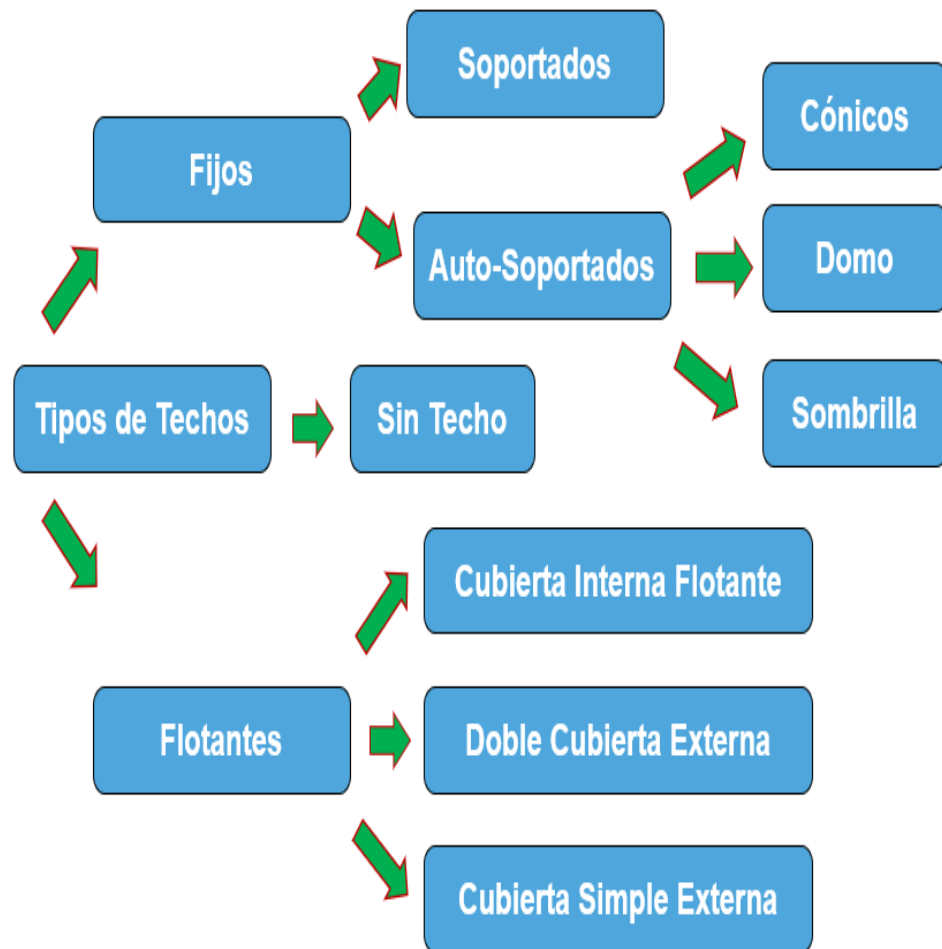


Fuente: API PUBL 2517 "Evaporative Loss from Floating-Roof Tanks".

Además, de estos tipos de tanques de almacenamiento existen otras formas de diseño, como, por ejemplo: esféricos, cilíndricos verticales y horizontales. Generalmente estos tipos de forma de diseño se usan para almacenamiento a presión superior a la presión atmosférica. A continuación, a manera de resumen se presenta en la figura 2.9, todas las formas posibles de diseño de tanques de almacenamiento atmosféricos.

**Figura 2.10**

*Tipo de Techos en Tanques de Almacenamiento Atmosférico*



Fuente: Elaboración propia

### **2.1.6. Descripción del producto almacenado**

El asfalto es definido por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales por sus siglas en inglés ASTM – American Society for Testing and Materials, (ASTM International, 2021):

Un material cementoso de color marrón oscuro a negro cuyos constituyentes predominantes son los bitúmenes que se obtienen en la naturaleza o por procesamiento del petróleo crudo. (p. 1).

Uno de los productores más importante a nivel nacional de asfalto es

PETROPERÚ, abasteciendo al norte, centro y sur del país, además de exportar dicho producto a Ecuador y Bolivia.

Los cementos asfálticos de PETROPERÚ se emplean con éxito en la construcción de carreteras, pistas de aeropuertos, impermeabilizaciones y revestimientos. Son de fácil aplicación en caliente y no se requiere de maquinaria especializada. El asfalto de PETROPERÚ cumple con los estándares de calidad de entidades mundiales como: ASTM (Sociedad Americana de Ensayos y Materiales), AASHTO (Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transportes Oficiales), normas INDECOPI, entre otros.

### **Mercado de asfalto en el país**

PETROPERÚ, produce y comercializa los siguientes grados de cementos asfálticos de pavimentación:

- Base asfáltica 85/100.
- Base asfáltica 60/70.
- Base asfáltica 40/50.

Además, también produce y comercializa los siguientes grados de asfaltos líquidos.

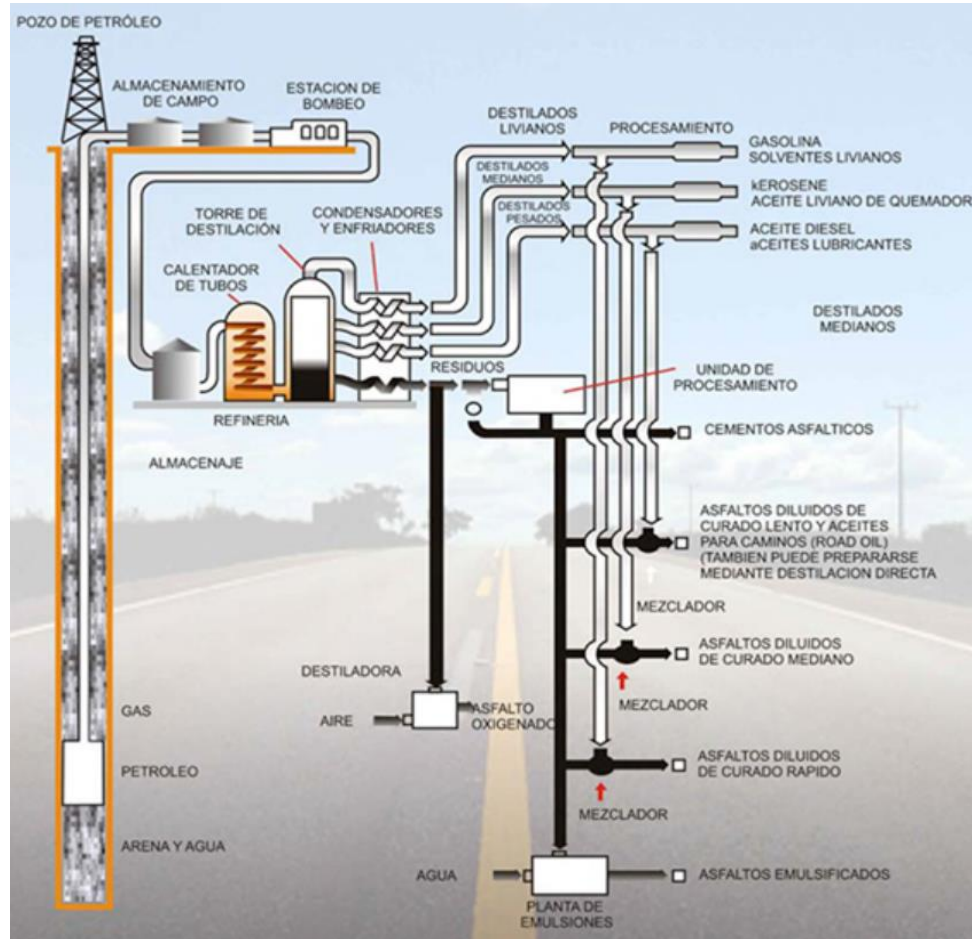
- Asfalto líquido MC-30.
- Asfalto líquido RC-70.
- Asfalto líquido RC-250.

Los productos que se utilizarán en el diseño del tanque de almacenamiento de base asfáltica de 10 MB serán base asfáltica 85/100, 60/70, 40/50.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo para el procesamiento de asfalto de petróleo.

**Figura 2.11**

*Diagrama de Flujo de Asfalto de Petróleo*



Fuente: Tomado de [www.asfaltos.petroperu.com.pe](http://www.asfaltos.petroperu.com.pe)

### 2.1.7. Software Ametank

Es una aplicación de software de ingeniería desarrollado por la empresa Technosoft, que permite la configuración, diseño y el detalle rápido de tanques de almacenamientos sobre suelo construidos en taller y montados en campo. Ametank realiza los cálculos de diseño que cumplen con el estándar API 650, API 620 y AWWA D100, los cálculos incluyen presiones internas, externa y cargas externas.

En el anexo 03 del presente informe se presenta el reporte de cálculo del tanque de almacenamiento de asfalto de 10 MB de capacidad utilizando el software Ametank para los cálculos a detalle de los demás componentes del tanque, se hizo uso del software para las comprobaciones de los cálculos presentados en este informe.

#### **2.1.8. Aspectos normativos**

El desarrollo del proyecto está amparado bajo los siguientes estándares internacionales y normativa nacional:

- API STD 650 (12th Edition 2013), Welded Steel Tanks for Oil Storage. American Petroleum Institute.
- API STD 2350 (4th Edition 2012), Overfill Protection for Storage Tanks in Petroleum Facilities. American Petroleum Institute.
- API STD 2000 (7th Edition 2014), Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks Non refrigerated and Refrigerated. American Petroleum Institute.
- API RP 2023, Guide for Safe Storage and Handling of Heated Petroleum Derived Asphalt Products and Crude-Oil Residual. 3th Edition August 2001 / Reaffirmed, June 2006.
- ASCE/SEI 7-16 (2016), Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures.
- AISI T192 (1992), Steel Engineering Data – Volume 1, Anchor Bolt Chairs Volume Part VII.
- D.S. N°052-93-EM. (18, noviembre 1993). Reglamento de Seguridad de Almacenamiento de Hidrocarburos. Diario oficial el

peruano.

- D.S. N°043-2007-EM. (22, agosto 2007). Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos. Diario oficial El Peruano.

### **2.1.9. Definiciones**

A continuación, definiremos los conceptos más utilizados en el presente informe, con la finalidad de facilitar su discernimiento.

- **Estándar:** Sugerencias para el diseño, construcción y montaje, basadas en la experiencia.
- **Presión atmosférica:** Es la presión que ejerce el peso del aire, y su valor depende de la altura del lugar con respecto al nivel del mar. El valor de la presión atmosférica normalizada es 1.013 bar.
- **Tanque:** Depósito destinado para almacenar o procesar fluidos, generalmente a presión atmosférica o presiones relativamente bajas.
- **Boquilla:** Abertura u orificio realizado en el cuerpo o techo del tanque, para la entrada y salida del fluido almacenado o la instalación de un instrumento de medición.
- **Brida:** Accesorio o elemento para el acoplamiento o unión de los componentes de un sistema de tuberías, que facilita el armado y desarmado de las mismas.
- **Corrosión:** En términos técnicos, la corrosión se define como el deterioro o destrucción del material, ocasionado por el ataque electroquímico de medio que lo rodea.
- **Corrosión admisible:** Espesor añadido al espesor mínimo



requerido de un material, y que se deteriora o se va consumiendo a lo largo de la vida útil del material.

- **Carga hidrostática:** Es la presión ejercida por el peso del líquido almacenado.
- **Carga muerta:** Es el peso ejercido por el propio peso de los componentes constituyentes del equipo.
- **Carga viva:** Es la fuerza ejercida por agentes externo, tales como sismo, y que viene impuestas de acuerdo con el lugar de instalación del equipo.
- **Presión de diseño:** Es la presión relativa o manométrica que se utiliza en los cálculos de los espesores del cilindro del tanque, es una de las condiciones de diseño más importante.
- **Presión interior:** Es la presión que ejerce el fluido almacenado sobre las paredes internas del tanque.
- **Presión exterior:** Es la presión que ejercen los agentes externos sobre las paredes externas del tanque.
- **Presión de prueba:** Valor de la presión manométrica que sirva para realizar la prueba hidrostática o neumática.
- **Factor de combinación de presión:** El factor de combinación de presión se define como la relación entre la presión interna normal de funcionamiento y la presión interna de diseño.

## 2.2. Descripción de las actividades desarrolladas

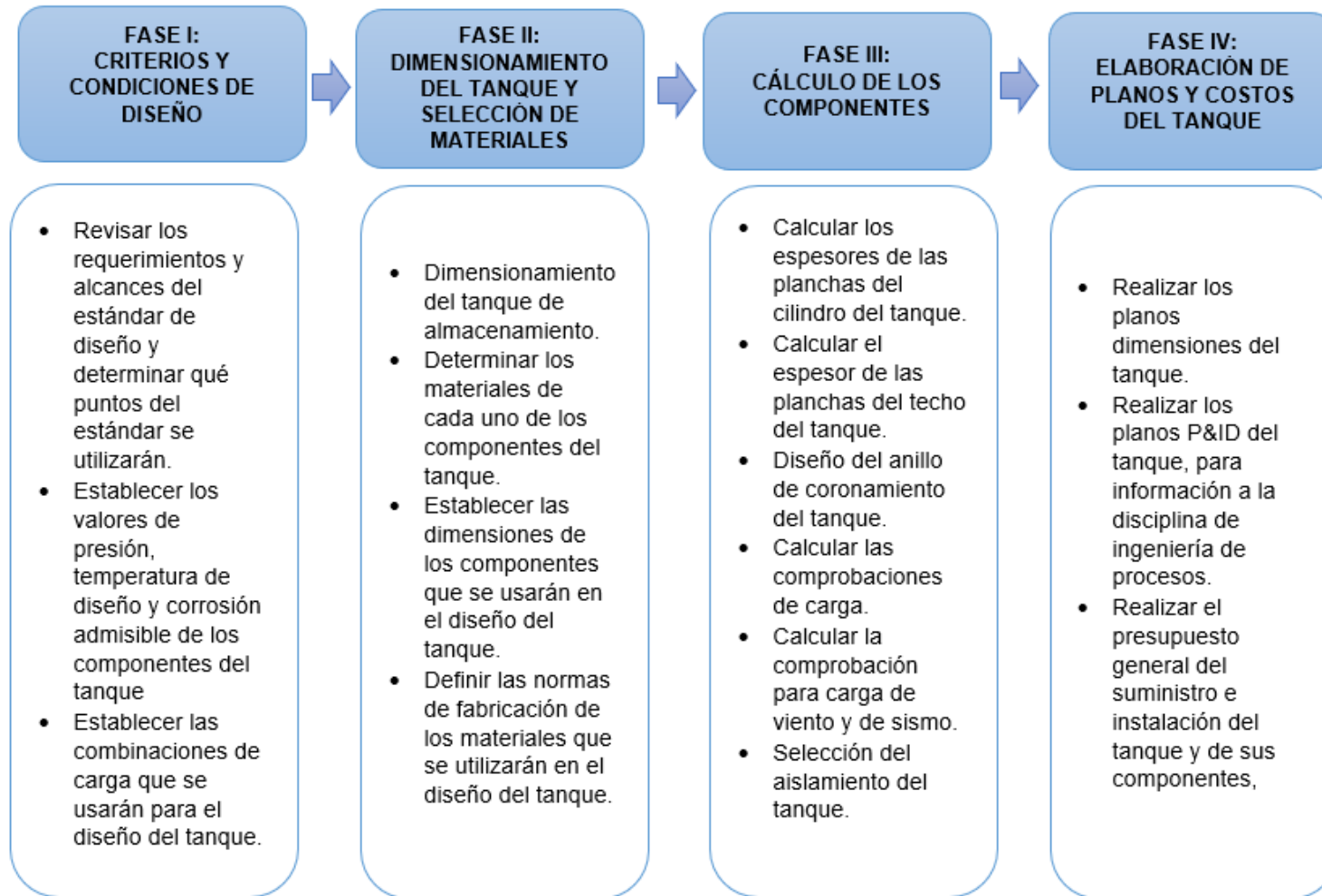
El desarrollo del proyecto de “Diseño de un Tanque de Almacenamiento de Base Asfáltica de 10 MB” tuvo una duración de 60 días calendario, la

cual estuvo comprendida entre los meses de Julio hasta Agosto del 2019, contemplando las siguientes fases:

- Fase I: Criterio y condiciones de diseño.
- Fase II: Dimensionamiento del tanque y selección de materiales.
- Fase III: Cálculo de los componentes.
- Fase IV: Elaboración de planos y costos del tanque.

Para una representación graficas de los contenidos involucrados en cada fase del proyecto, se presentará a continuación un diagrama de flujo que brinda la secuencia de las tareas a llevar a cabo.

**Figura 2.12 Fases del Proyecto**



Fuente: Elaboración propia.

### **2.2.1. Fase I: Criterios y condiciones de diseño**

El tanque será diseñado según el STD API 650 12th (marzo 2013, Adenda 2, enero 2016) y de acuerdo con el apéndice “M - Requisitos para tanques que operan a temperaturas elevadas”, debido a que el producto a almacenar es superior a 93 °C, pero no superior a 260 °C. El tanque tendrá techo cónico fijo. Dentro de la fase 1, se presentan los criterios que serán tomados en cuenta en el diseño estructural del tanque para almacenamiento de base asfáltica. Dichos criterios están ordenados de acuerdo con el acápite 5.2 del STD API 650 (Consideraciones de diseño). Además, para el diseño seguro del tanque se tendrán en cuenta los siguientes acápites del STD API 650:

- Selección de materiales y estructuras de acero Sección 4.4 (Structural Shapes) API Standard 650.
- Consideraciones de diseño Sección 5.2 (Design Considerations) API Standard 650.
- Consideraciones especiales Sección 5.3 (Special Considerations) API Standard 650.
- Placas de fondo Sección 5.4 (Bottom Plates) API Standard 650.
- Placas de fondo Anular Sección 5.5 (Annular Bottom Plates) API Standard 650.

#### **Temperatura mínima de diseño del metal**

La temperatura mínima de diseño del metal es la mínima temperatura que el material presenta resistencia a la fractura frágil. Es una propiedad del material, y no del lugar de instalación. La temperatura

mínima del metal está fijada como parámetro de diseño según el STD API 650 12th (marzo 2013, Adenda 2, enero 2016) en la sección 3.6, siendo la temperatura del lugar de emplazamiento no menor a esta ya establecida por el estándar, por esa razón se considera como valor de diseño en la tabla 2.2.

### Temperatura de diseño

La temperatura de diseño será la máxima temperatura del fluido contenido. La temperatura de diseño y la máxima temperatura de operación para estos productos asfálticos se fijan como recomendación en el estándar API RP 2023 (apéndice E, Cuadro E.1), como parámetro el umbral de temperatura recomendada en USA es de 150-175°C, acorde con el manejo factible de estos productos. Para nuestro diseño consideramos la temperatura recomendada por el API RP 2023 según se muestra en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** *Temperaturas típicas de almacenamiento.*

ALGUNAS TEMPERATURAS TÍPICAS DE ALMACENAMIENTO		
PARAMETROS	TEMPERATURA, °F	TEMPERATURA, °C
Asfalto USA (típica) Europa (típica)	450 máx. 300 – 350 300 – 390	230 máx. 150 – 175 150 – 200
Asfalto, reducir	Puede ser punto de inflamación	Puede ser punto de inflamación
Emulsión asfáltica	Debajo 180	Debajo 82
Asfalto Modificado con polímeros - SBS	380 máx.	193 máx.
Gasolina, #5 & #6 (Combustible residual, combustible búnker, aceite búnker C)	Aprox. 120 – 150	Aprox. 50 – 65
<b>Nota: Información recopilada de publicaciones, guías, especificaciones y MSDS de la industria, solo con fines ilustrativos</b>		

Fuente: Tomado de API RP 2023.

### **Presión interior de diseño**

La presión de diseño será un valor máximo por encima de las presiones más severas de operación del sistema junto con la temperatura de operación normal del sistema. Sin embargo, no se considera que el interior del tanque contemple una presión manométrica mayor que 0 kPa, considerando que en la sección 5.2 del STD API 650 establece como consideración de diseño que el tanque no puede exceder los 18 kPa (2.5 lbf/in<sup>2</sup>) de presión interna, además el tanque cuenta con mecanismos de alivio para preservar la condición estipulada según se indica en la Tabla 2.5.

- Máxima presión interna según API 650 18.00 KPa
- Presión interna de operación normal 0.00 KPa

### **Presión exterior de diseño**

La presión manométrica externa es considerada de acuerdo con la sección 5.2 del STD API 650, que establece como carga mínima 0.25 kPa.

### **Factor de combinación de presión**

El factor de combinación de presión es seleccionado de acuerdo con la sección 5.2.2 del STD API 650, que establece como valor mínimo de 0.4.

### **Carga viva de techo**

La carga viva de techo es establecida como mínimo en la sección 5.2.1 del STD API 650 como valor de 1 kPa, es más estricta que la establecida en la norma ASCE 7-16. La carga de nieve no es aplicable

debido a que este tipo de fenómenos no se ven en la zona costera peruana. Además, no se considera algún valor de la carga muerta, debido a que se desconoce de alguna carga extraordinaria destacable.

### Producto almacenado

La gravedad específica de las bases asfálticas (BA) a la temperatura de 25 °C y según el estándar ASTM D70 “Método de prueba estándar para la gravedad y la densidad específicas del aglutinante asfáltico semisólido”, se mencionan a continuación:

- BA 40/50: 1.00 – 1.05
- BA 60/70: 1.01 – 1.06
- BA 40/50: 1.01 – 1.06

Para consideraciones de diseño se tomará la gravedad específica del producto que a su más baja temperatura de operación posea la más alta gravedad específica, la cual es el valor de 1.01. A continuación, se plantea en la tabla 2.2 las condiciones de temperatura.

**Tabla 2.2.** *Temperatura de operación para bases asfálticas.*

CONDICIONES	VALORES	COMENTARIOS
Temperatura máxima de operación	170 °C (347 °F)	Valores típicos según API 2023. Apéndice E1
Temperatura normal de operación	150 °C (302 °F)	Valores típicos según API 2023. Apéndice E1
Temperatura mínima de operación	135 °C (275 °F)	Deben evitarse las fluctuaciones de temperatura en el rango de 212 ° F - 265 ° F (100 ° C - 130 ° C), ya que podrían provocar condensación, rotura de emulsiones y formación de espuma, según API 2023, ítem 5.6.

Fuente: Tomado de API RP 2023.

### **Corrosión admisible (C.A)**

Según el acápite 5.4.3 del STD API 650 recomienda considerar un valor de corrosión admisible. Para el desarrollo del proyecto, se establecen los siguientes valores de corrosión admisible:

- Espesor para el primer y segundo anillo del tanque 3 mm
- Espesor anillos restantes del tanque 1.5 mm
- Espesor del fondo del tanque 3 mm
- Espesor del techo del tanque 3 mm

Estos espesores se han asumido considerando la vida útil del equipo, ya que el equipo (incluyendo accesorios) debe ser diseñado y construido para una mínima vida de servicio de 20 años y al menos 3 años de operación ininterrumpida.

### **Ubicación del proyecto**

El proyecto se desarrollará en la Refinería de Talara, ubicada en la provincia de Talara, departamento de Piura, Perú. Latitud 4°34'58.43" S y longitud 81°17'3.07" O.

### **Figura 2.13**

*Refinería Talara.*



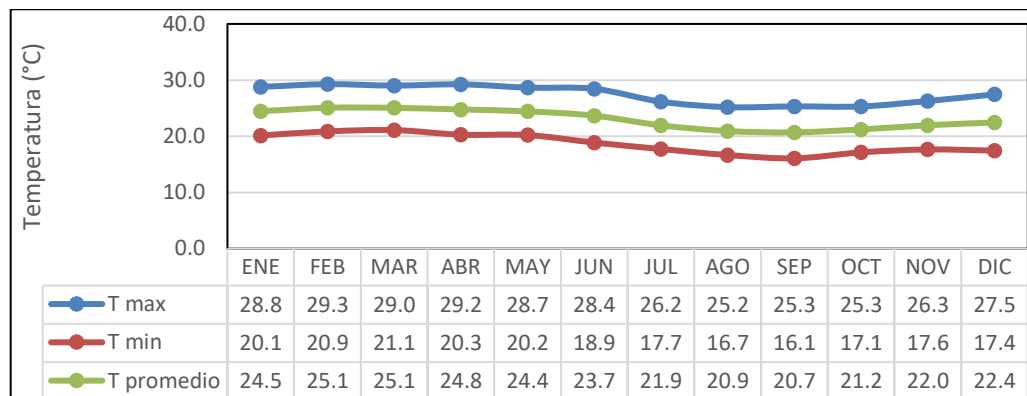
Fuente: Software Google Earth.



La condición ambiental que considera el presente proyecto tendrá una temperatura máxima de 30°C y una temperatura mínima de 16 °C (ver figura 2.14) en el rango de los años 2011 al 2016. Además, se considera la altura para este proyecto de 5 m.s.n.m.

**Figura 2.14**

*Rango de temperatura en Talara.*



Fuente: SENAMHI

Para mayor detalle del proyecto y conocer las características atmosféricas del lugar de emplazamiento, se presentan la siguiente tabla 2.4.

**Tabla 2.4.** *Condiciones atmosféricas del sitio.*

PARAMETROS	DATOS
<b>Atmosfera</b>	Polvorienta, humedad salina y erosiva
<b>Temperatura Ambiente</b>	Mínima 16 °C / Máxima 30 °C
<b>Humedad Relativa</b>	83%
<b>Velocidad del Viento</b>	26 km/h
<b>Sismicidad</b>	Zona de mayor sismicidad del Perú

Fuente: Elaboración propia.

A manera de resumen, se presenta a continuación en la tabla 2.5 todas las condiciones de diseño anteriormente descritas.

**Tabla 2.5. Condiciones de operación.**

CONDICIONES DE OPERACIÓN				
Temperatura Mínima del Diseño del Metal		(°C)	-9.44	
Temperatura de Diseño		(°C)	204	
Máxima Temperatura de Operación		(°C)	170	
Presión Manométrica Interna (Diseño)		(kPa)	0	
Presión Manométrica Externa (Vacío)		(kPa)	0.25	
Factor de Combinación de Presión		0.4		
Carga Viva de Techo		(kPa)	1	
Carga de Nieve en Tierra		(kgf/m <sup>2</sup> )	0	
Carga Muerta de Techo Adicional (Extraordinaria) Considerada		(kPa)	0	
Producto Almacenado		Bases Asfálticas (85/100, 60/70 y 40/50)		
Gravedad Específica del Fluido Almacenado		1.01		
Eficiencia de la Unión (1=100%)		1		
Corrosión Admisible	(mm)	3	(in)	0.11811
Material del Tanque		ASTM A 36		

Fuente: Elaboración propia.

### Consideraciones sísmicas

Las normativas seleccionadas para las estimaciones de cargas en sismo fueron tomadas de las normas sismorresistentes ASCE-7-16 y E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones para la zona costera. El coeficiente de espectro de aceleración fue considerado de la sección E.4.6.1 del STD API 650. La clasificación de sitio sísmico se realizó en consideración al tipo de suelo existente en Talara y asemejándolo a las condiciones tabuladas del cuadro de la sección E.4.4 del STD API 650. El factor de importancia (I) y el factor de escalamiento (Q) fueron extraídos de la sección E.5.1.2 y el valor de “Sp” del cuadro de simbología del anexo E del STD API 650. A partir de aquí el modelado de los resultados posteriores como el “Ss” y “S1” se obtiene a través de las formulaciones y consideraciones del anexo

E sección E.4.3 y E.4.4 de STD API 650.

a) Grupo de uso sísmico (SUG):

Se ha clasificado el tanque con la categoría SUG I.

b) Zona sísmica:

Según se especifica en la Norma E.030: "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones, para la zona costera.

- Factor de zona, Z: 0.45 g

El factor de zona Z se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Donde "g" es la aceleración de la gravedad.

c) Parámetros de diseño sísmico según Apéndice E del STD API 650.

Tipo de sismo: Aceleración máxima de terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

- Aceleración pico de terreno para Non-ASCE ( $S_p$ ): 0.41 g
- Máximo sismo para periodos cortos ( $S_s$ ): 1.025 g
- Máximo sismo para periodos de 1 segundo ( $S_1$ ): 0.5125 g
- Clasificación de terreno: C
- Factor de escala (Q): 1
- Coeficiente de fricción: 0.40
- Factor de importancia (I): 1.00
- Factor de ajuste por aceleración espectral (K): 1.50
- Periodo de transición en segundos (TL): 4.00
- Máximo sismo para periodos de 0 segundos ( $S_0$ ): 0.41 g
- Borde libre requerido (para tanques SUG I): Si

A modo de resumen, se presenta en la tabla 2.6. los parámetros sísmicos del proyecto.

**Tabla 2.6. Condiciones sísmicas**

FACTORES DE DISEÑO SÍSMICO		
Estándar de Diseño Aplicable		API 650 - ASCE7 Mapped (Ss & S1)
Grupo Sísmico Usado		SUG I
Clasificación de Sitio Sísmico		C
T <sub>L</sub>	(sec)	4
S <sub>s</sub>	(g)	1.025
S <sub>1</sub>	(g)	0.5125
Av	(g)	0.4783
Q		1
Factor de Importancia		1

Fuente: Elaboración propia.

### Consideraciones de viento

Para el caso de las consideraciones de viento, se realizaron considerando la condición de viento preponderante fijada por la normativa E.020 “Cargas” capítulo, sección 12.3 y el anexo 2 “Mapa Eólico del Perú” del Reglamento Nacional de Edificaciones. El estándar aplicado fue el API 650 ASCE-7-16, la exposición de carga de viento se extrajo de la ASCE-7-16, capítulo C.6 “Cargas de Viento”, acápite C.6.5.6 “Categorías de Exposición”. El factor de importancia de viento se considera del STD API 650 12th anexo E sección E.5.1.2.

**Tabla 2.7. Condiciones de viento**

Factores de Diseño de Viento		
Estándar de Diseño Aplicable		Factor de Ráfaga a 3 s
Velocidad de Viento de Diseño		Km/h 80
Exposición de Carga de Viento		C
Factor de Importancia del Viento		1
Contrarrestar Momento de Viento debido al Viento		Si

Fuente: Elaboración propia.

## Combinaciones de carga

Para el cálculo de las combinaciones de carga por viento y sismo se sigue lo descrito en el acápite 5.2.2 del STD API 650. Las cargas se combinarán de la siguiente manera.

- a)  $DL + Lr + 0.4Pe$
- b)  $DL + Su + 0.4Pe$
- c)  $DL + Sb + 0.4Pe$
- d)  $DL + Pe + 0.4Lr$
- e)  $DL + Pe + 0.4Su$
- f)  $DL + Pe + 0.4Sb$
- g)  $DL + F + Pi$
- h)  $DL + Ht + Pt$
- i)  $DL + W + Fp * Pi$
- j)  $DL + W + Fpe * Pe$
- a)  $DL + F + E + 0.1 * Sb + Fp * Pi$

Donde

DL = Carga Muerta.

Lr = Carga Viva de Techo.

Sb = Carga de Nieve Equilibrada.

Su = Carga de Nieve sin Equilibrar.

W = Carga de Viento

Pe = Presión Externa.

Pt = Presión Prueba Hidrostática.

Pi = Presión interna.

E = Carga de Sismo.

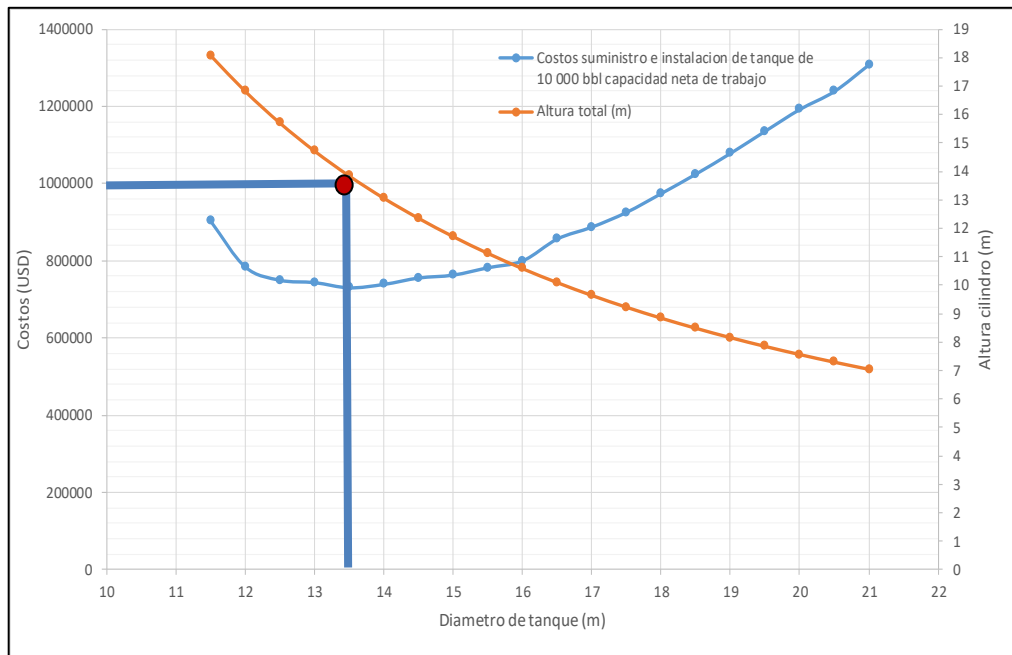
## **2.2.2. Fase II: Dimensionamiento del tanque y selección de materiales**

### **Dimensionamiento del tanque**

Para la estimación del diámetro y altura se consideró minimizar los costos de suministro e instalación del tanque en base a experiencias de elaboración de proyectos similares por la empresa Consultoría Energética & Ambiental SAC. Según la figura 2.14, para un rango de 13 a 14 m de diámetro, se puede obtener los menores costos de suministro instalación para tanques de volumen de 10 000 bbl, para luego adicionarle un factor de costo ocasionado por retrasos y mermas, que no están considerados en los costos consignados. Por lo tanto, para optimizar los costos y espacios disponibles sería oportuno considerar un diámetro óptimo de 13,3 m. Asimismo, se selecciona una altura total del cilindro de 14,4 m. Para detalle de estimación de niveles de alturas, ver tabla 2.9, el cual considera los lineamientos dados en la tabla 2.8 y del STD API 2350 (2012). En la figura 2.16 se visualiza los niveles de altos y mínimos y de trabajo del tanque.

**Figura 2.15**

*Curva de optimización de dimensiones básicas*



Fuente: Consultoría Energética & Ambiental SAC.

**Tabla 2.8.** *Consideraciones de dimensionamiento*

Dimensiones		
Volumen neto de trabajo	10000.00	bbl
	1589.70	m <sup>3</sup>
Flujo de descarga/salida	450	gpm
Flujo de carga	450	gpm
Tiempo de respuesta operativa	7.5	min
Tiempo de respuesta según API 2350 <sup>1</sup>	15.0	min
Diámetro	13.3	m
Altura del cilindro	14.4	m
Área superficial	138.9	m <sup>2</sup>

Fuente: Consultoría Energética & Ambiental SAC.

<sup>1</sup> Se considero un tiempo de respuesta de 15 minutos desde el nivel alto-alto hasta el nivel crítico (nivel de derrame). Este tiempo está en concordancia con el tipo de protección planteado para categoría 3 según el STD API 2350.

**Tabla 2.9. Estimación de niveles**

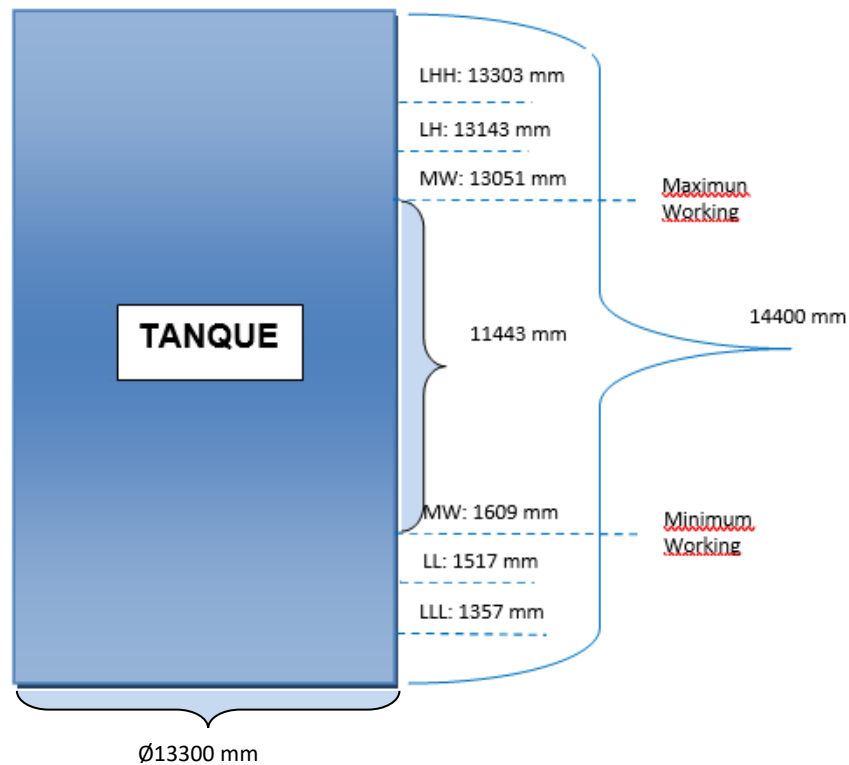
Item	Concepto	Alturas (mm)	Descripción
1	Diferencia de nivel de fondo y eje de boquilla de despacho.	<b>306</b>	Acorde con Tabla 5-6a del API 650 considerando una boquilla de 10" como máximo esperado para el tanque a instalar
2	Radio externo de boquilla de despacho.	<b>137</b>	Acorde con Tabla 5-6a del API 650 considerando una boquilla de 10" como máximo esperado
3	Diferencia de nivel bajo-bajo (LSLL) con respecto a superficie superior de boquilla de despacho.	<b>914</b>	Con la finalidad de evitar vórtices en caso de emergencias y considerando dejar tolerancia para NPSH disponible adecuado se selecciona un nivel de 3 pies por encima de superficie de tubería de descarga, esto es equivalente a considerar un nivel bajo bajo de 5 pies (aprox.) de descarga o succión
4	Diferencia de nivel bajo (LSL) con respecto al nivel bajo-bajo (LSLL).	<b>160</b>	Para un tiempo de 7,5 min de respuesta a un flujo de 450 gpm o 160 mm (facilidad mínima de instalación para LSLL), el cual se selecciona el mayor de ellos.
5	Diferencia del mínimo nivel de llenado con respecto al nivel bajo (LSL).	<b>92</b>	Para un tiempo de 7,5 min de respuesta a un flujo de 450 gpm.
6	Altura neta operativa (Diferencia de llenado normal con respecto al mínimo nivel de llenado).	<b>11 443</b>	Altura en base al volumen neto de trabajo (10 000 bbl).
7	Diferencia de nivel alto (LSH) con respecto al nivel de llenado normal.	<b>92</b>	Para un tiempo de 7,5 min de respuesta a un flujo de 450 gpm.
8	Diferencia de nivel alto alto (LSHH) con respecto al nivel alto (LSH)	<b>160</b>	Para un tiempo de 7,5 min de respuesta a un flujo de 450 gpm.
9	Diferencia de nivel crítico (nivel de sobrellenado) con respecto al nivel alto-alto (LSHH)	<b>92</b>	Para un tiempo de 15 min de respuesta a un flujo de 450 gpm (en concordancia con el API STD 2350 ítems. 4.4.2.5.1 y 4.4.5.1).
9	Altura de ola	<b>792</b>	Se añadió un margen por onda de sismo (0,7 del freeboard para SUG I en concordancia con el API STD 650, Anexo E, Tabla E.7).
10	Altura total estimada del cilindro (Shell) del tanque (HT)	<b>14 187</b>	Sumatoria de las alturas antes señaladas
Altura total seleccionada		<b>14 400</b>	Equivalente a 8 anillos de 1,8m.

Fuente: Consultoría Energética y Ambiental SAC.



**Figura 2.16**

*Esquema de niveles*



Fuente: Elaboración propia.

### **Material de diseño**

Los materiales seleccionados son compatibles con la temperatura del fluido almacenado, la presión, la composición química del producto almacenado y del entorno operativo. El material seleccionado para el diseño de los componentes principales del tanque está de acuerdo con la tabla 4.4a del STD API 650, y además se tendrá en cuenta el acápite M.3 “Modificaciones en tensión y espesor” del STD API 650 para la corrección del esfuerzo admisible del material en función de la temperatura del producto a almacenar.

**Tabla 2.10.** Grupo de materiales según el STD API 650.

Group I As Rolled, Semi-Killed		Group II As Rolled, Killed or Semi-Killed		Group III As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IIIA Normalized, Killed Fine-Grain Practice	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A283M C		A131M B	6	A573M-400		A573M-400	9
A285M C	2	A36M	5	A516M-380		A516M-380	9
A131M A		G40.21-260W		A516M-415		A516M-415	9
A36M	3	Grade 250	7	G40.21-260W	8	G40.21-260W	8, 9
Grade 235	3			Grade 250	8	Grade 250	8, 9
Grade 250	5						
Group IV As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IVA As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group V Normalized, Killed Fine-Grain Practice		Group VI Normalized or Quenched and Tempered, Killed Fine-Grain Practice Reduced Carbon	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A573M-450		A662M C		A573M-485	9	A131M EH 36	
A573M-485		A573M-485	10	A516M-450	9	A633M C	
A516M-450		G40.21-300W	8, 10	A516M-485	9	A633M D	
A516M-485		G40.21-350W	8, 10	G40.21-300W	8, 9	A537M Class 1	
A662M B		E275 D		G40.21-350W	8, 9	A537M Class 2	12
G40.21-300W	8	E355 D				A678M A	
G40.21-350W	8	S275 J2	8			A678M B	12
E275 C	8	S355 (J2 or K2)	8			A737M B	
E355 C	8					A841M, Grade A, Class 1	11, 12, 13
S275 J0	8					A841M, Grade B, Class 2	11, 12, 13
S355 J0	8						
Grade 275	8						

NOTES

- Most of the listed material specification numbers refer to ASTM specifications (including Grade or Class); there are, however, some exceptions: G40.21 (including Grade) is a CSA specification; Grades E275 and E355 (including Quality) are contained in ISO 630; Grades S275 and S355 (including quality) are contained in EN10025; and Grade 235, Grade 250, and Grade 275 are related to national standards (see 4.2.6).
- Must be semi-killed or killed.
- Thickness  $\leq$  20 mm.
- Deleted.**
- Manganese content shall be 0.80 % to 1.2 % by heat analysis for thicknesses greater than 20 mm, except that for each reduction of 0.01 % below the specified carbon maximum, an increase of 0.06 % manganese above the specified maximum will be permitted up to the maximum of 1.35 %. Thicknesses  $\leq$  20 mm shall have a manganese content of 0.80 % to 1.2 % by heat analysis.
- Thickness  $\leq$  25 mm.
- Must be killed.
- Must be killed and made to fine-grain practice.
- Must be normalized.
- Must have chemistry (heat) modified to a maximum carbon content of 0.20 % and a maximum manganese content of 1.60 % (see 4.2.7.4).
- Produced by the thermo-mechanical control process (TMCP).
- See 5.7.4.6 for tests on simulated test coupons for material used in stress-relieved assemblies.
- See 4.2.10 for impact test requirements (each plate-as-rolled tested).

Fuente: Tabla 4.4a del STD API 650.

El material de diseño se seleccionó considerando las siguientes características:

- Soldabilidad.
- Disponibilidad en el mercado.
- Facilidad de conformado.

- Compatibilidad con el fluido a almacenar.

Se selecciona el material ASTM A-36, el cual pertenece al Grupo I de la clasificación del STD API 650. El ASTM A-36 tiene limitaciones de espesores, pues el STD API 650 recomienda utilizar para espesores menores a 20 mm.

**Tabla 2.11.** *Esfuerzo permisible del material seleccionado*

Table 5.2a—Permissible Plate Materials and Allowable Stresses (SI)

Plate Specification	Grade	Nominal Plate Thickness $t$ mm	Minimum Yield Strength MPa	Minimum Tensile Strength MPa	Product Design Stress $S_d$ MPa	Hydrostatic Test Stress $S_t$ MPa
<b>ASTM Specifications</b>						
A283M	C		205	380	137	154
A285M	C		205	380	137	154
A131M	A, B		235	400	157	171
A36M	—		250	400	160	171

Fuente: Tabla 5.2a del STD API 650.

Debido a que se está trabajando con temperaturas superiores a los 93 °C y menores a 260 °C y de acuerdo con el acápite M.3.8 del STD API 650 al esfuerzo de diseño del material ASTM A-36 se le aplica un factor de corrección, resultando las siguientes características de esfuerzos.

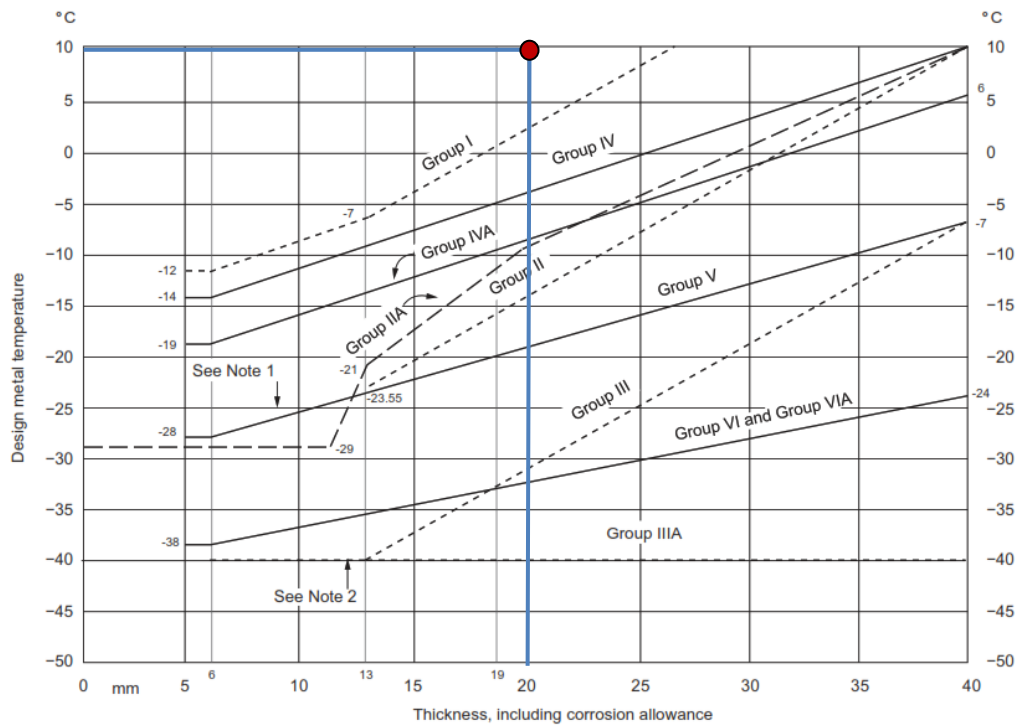
- Esfuerzo de diseño:  $S_d = 160$  MPa;
- Esfuerzo de prueba hidrostática:  $S_t = 144.66$  MPa.

Para verificar el material tiene la tenacidad adecuada para trabajar a la mínima temperatura requerida por el proceso o el entorno deberá cumplir con lo indicado el acápite 4.2.10 del STD API 650. Considerando que el material pertenece al grupo I y el máximo espesor a utilizar en el material es de 20 mm (3/4 pulg) y que la

temperatura crítica sería la del entorno, es decir 16 °C.

**Figura 2.17**

*Verificación de prueba de impacto.*



- NOTE 1 The Group II and Group V lines coincide at thicknesses less than 13 mm.  
 NOTE 2 The Group III and Group IIIA lines coincide at thicknesses less than 13 mm.  
 NOTE 3 The materials in each group are listed in Table 4.4a and Table 4.4b.  
 NOTE 4 Deleted.  
 NOTE 5 Use the Group IIA and Group VIA curves for pipe and flanges (see 4.5.4.2 and 4.5.4.3).  
 NOTE 6 Linear equations provided in Table 4.3a can be used to calculate Design Metal Temperature (DMT) for each API material group and the thickness range.

Fuente: Tabla 4.1a del STD API 650

Por lo tanto, se concluye que el material no requiere de prueba de impacto.

## Propiedades mecánicas

### 1. Propiedades mecánicas de las planchas del tanque

- Norma de fabricación ASTM A36
- Peso específico del acero  $\gamma = 7,850 \text{ kg/m}^3$
- Esfuerzo de fluencia del acero  $f_y = 250 \text{ MPa}$

- Esfuerzo último del acero  $f_u = 400 \text{ MPa}$
- Módulo de elasticidad del acero  $E_s = 2'100,000 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de Poisson del acero  $\mu = 0.30$

## 2. Geometría de las planchas del tanque

- Altura de la plancha metálica  $\text{Altura} = 1.80 \text{ m}$
- Longitud de la plancha metálica  $\text{Longitud} = 6.00 \text{ m}$

### 2.2.3. Fase III: Cálculo de los componentes del tanque

A través de esta sección se destacarán las fórmulas, tabulaciones y consideraciones técnicas de rigor para el diseño del tanque atmosférico.

#### Cálculo de las planchas de cilindro

El espesor mínimo requerido de las planchas del cilindro será el mayor de los obtenidos bajo las condiciones de diseño, o bajo las condiciones de prueba hidrostática, pero en ninguno de los casos será menor a lo que se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 2.12.** *Espesores mínimos de planchas de cilindro*

Nominal Tank Diameter		Nominal Plate Thickness	
(m)	(ft)	(mm)	(in.)
< 15	< 50	5	$\frac{3}{16}$
15 to < 38	50 to < 120	6	$\frac{1}{4}$
38 to 60	120 to 200	8	$\frac{5}{16}$
> 60	> 200	10	$\frac{3}{8}$

NOTE 1 Unless otherwise specified by the Purchaser, the nominal tank diameter shall be the centerline diameter of the bottom shell-course plates.

NOTE 2 The thicknesses specified are based on erection requirements.

NOTE 3 When specified by the Purchaser, plate with a nominal thickness of 6 mm may be substituted for  $\frac{1}{4}$ -in. plate.

NOTE 4 For diameters less than 15 m (50 ft) but greater than 3.2 m (10.5 ft), the nominal thickness of the lowest shell course shall not be less than 6 mm ( $\frac{1}{4}$  in.).

Fuente: Tabla 5.6.1 del STD API 650.

El cálculo del espesor bajo la condición de diseño se establece en base, al nivel del líquido que será almacenado en el interior del tanque, la tensión, la gravedad específica del fluido y el sobre espesor por corrosión.

Por otro lado, el cálculo del espesor por condiciones de prueba hidrostática se obtiene con el mismo nivel de diseño, pero se utiliza la gravedad específica del agua y la tensión máxima de prueba hidrostática.

Cálculo de espesor por el método de 1-Pie:

En unidades internacionales:

$$t_d = \frac{(4.9 \times D \times (H - 0.3)) \times G}{S_d} + CA \quad (2.1)$$

$$t_t = \frac{4.9 \times D \times (H - 0.3)}{S_t} \quad (2.2)$$

Donde:

$t_d$  = Espesor de pared para condiciones de diseño (mm).

$t_t$  = Espesor de pared para prueba hidrostática (mm).

$D$  = Diámetro nominal del tanque (m).

$H$  = Nivel de líquido de diseño (m).

Altura desde la parte baja del anillo de coronamiento; o para cualquier otro nivel especificado por el cliente, restringido por un techo flotante interno, o controlado para permitir acción de onda por sismo.

$G$  = Densidad relativa del líquido a almacenar.

CA = Corrosión Admisible, en mm como específica el cliente.

Sd = Esfuerzo admisible para las condiciones de diseño (MPa).

St = Esfuerzo admisible para condición de prueba hidrostática (MPa).

### **Cálculo de las planchas del fondo**

El fondo se diseñará para soportar la columna del producto almacenado y lograr la hermeticidad para que el producto no se filtre por debajo del tanque. Según el acápite 5.4.1 del STD API 650 todas las planchas de fondo deben tener un espesor mínimo de 6 mm (1/4”), excluyendo cualquier sobre espesor de corrosión. Además, el fondo sobresaldrá con respecto a la pared exterior del tanque por lo menos 51 mm (2”) más el ancho del filete de soldadura entre el primer anillo del tanque y el fondo.

$$t_f = 6 + CA \quad (2.3)$$

Donde:

tf = Espesor del fondo del tanque (mm).

CA = Corrosión Admisible, en mm como específica el cliente.

### **Cálculo del techo cónico autoportado**

El techo cónico autoportado tendrá una pendiente de 2:12 (9.5°), con respecto a la horizontal. Según el acápite 5.10.5 del STD API 650 el espesor de las planchas del techo no deberá ser menor a 4.76 mm (3/16”) y no mayor de 13 mm de espesor, y deberá estar determinado por la siguiente expresión:

$$T_t = \frac{D}{4800 \times \sin \theta} + CA \quad (2.4)$$

Donde:

$T_t$ = Espesor mínimo requerido (cm).

$D$ = Diámetro medio del tanque (cm).

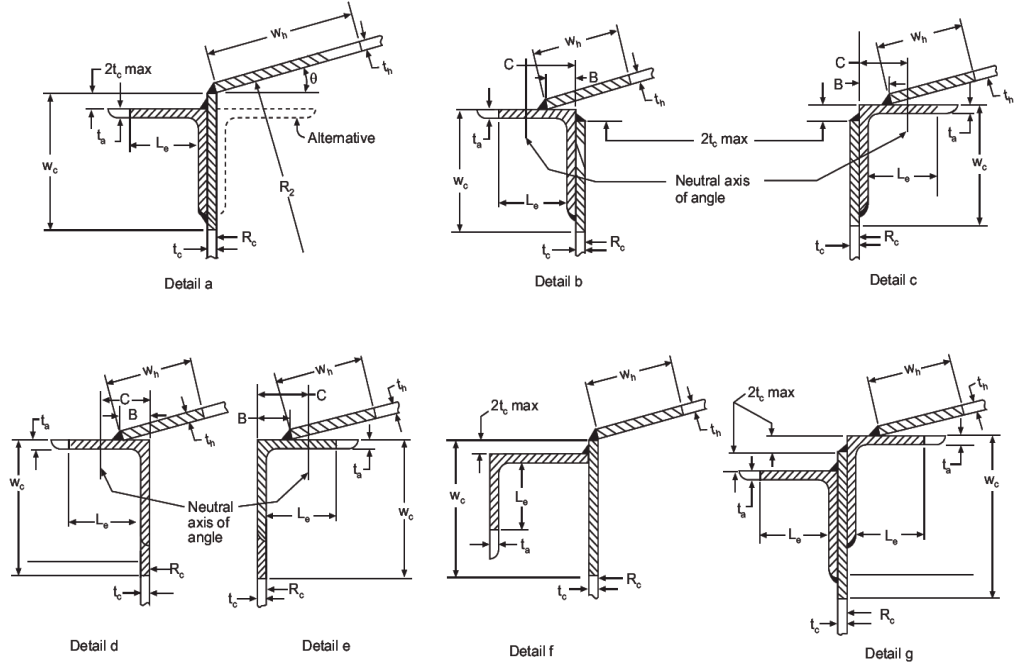
$\Theta$ = Ángulo con respecto a la horizontal, en grados.

### Diseño del anillo de coronamiento del tanque

Este es uno de los elementos importantes del tanque, ya que además de soportar el peso del techo del tanque y de ser la unión entre el cuerpo y el techo, rigidiza el tanque evitando posibles deformaciones en la parte superior del tanque. Además, debe presentar cualquiera de las características de diseño que se muestra en la figura 2.18.

**Figura 2.18**

*Perfil de coronamiento*



Fuente: Figura F.2 del STD API 650

Además, en ningún caso las dimensiones del anillo de coronamiento serán menor que lo indicado en la tabla 2.13. De la cual, según las



dimensiones del tanque se tomará la segunda opción.

**Tabla 2.13.** Dimensiones de anillo de coronamiento

Tank Diameter (D)	Minimum Top Angle Size <sup>a</sup> (mm)	Minimum Top Angle Size <sup>a</sup> (in.)
$D \leq 11 \text{ m}, (D \leq 35 \text{ ft})$	50 × 50 × 5	2 × 2 × 3/16
$11 \text{ m} < D \leq 18 \text{ m}, (35 \text{ ft} < D \leq 60 \text{ ft})$	50 × 50 × 6	2 × 2 × 1/4
$D > 18 \text{ m}, (D > 60 \text{ ft})$	75 × 75 × 10	3 × 3 × 3/8

<sup>a</sup> Approximate equivalent sizes may be used to accommodate local availability of materials.

Fuente: Acápites 5.1.5.9 “Roof and Top-Angle Joints” del STD API 650.

### Comprobación para carga de viento

Para realizar la comprobación de carga de viento se verificará primero si existe la necesidad de una viga intermedia y anclar el tanque.

#### 1. Comprobación de viga de viento intermedia

Se utiliza para evitar el fallo a pandeo en el cuerpo del tanque por la carga de viento. Por lo tanto se tendrá que calcular el tamaño de las vigas intermedias (Z) y el espacio entre ellas (H<sub>I</sub>). Según el acápites 5.9.7 del STD API 650 en unidades del sistema internacional el valor de “H<sub>I</sub>” se calcula de la siguiente manera:

$$H_I = 9.47 \times t \times \sqrt{\left(\frac{t}{D}\right)^3 \times \frac{190}{V^2}} \quad (2.5)$$

Donde:

H<sub>I</sub>= Distancia entre la viga intermedia y el ángulo superior (m).

t= Espesor más delgado del cuerpo del tanque (mm).

D= Diámetro nominal del tanque.

V= Velocidad de diseño del viento (Km/h).

Para el tamaño de la viga de rigidez (Z), se seguirá lo descrito en el acápite 5.9.6.1 del STD API 650.

$$Z = \frac{D^2 \times H_2}{17} \times \left(\frac{V}{190}\right)^2 \quad (2.6)$$

Donde:

Z= Modulo mínimo de sección requerido (cm<sup>3</sup>).

D= Diámetro nominal del tanque (m).

H<sub>2</sub>= Altura del anillo del tanque (m).

V= Velocidad de diseño del viento (Km/h).

## 2. Comprobación de anclaje del tanque

Se ha de comprobar el momento de vuelco de la carga del viento. Los tanques no anclados deben satisfacer dos criterios descritos en el acápite 5.11.2 del STD API 650, el cual se indica a continuación:

$$0.6 \times M_w + M_{Pi} < \frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR} \quad (2.7)$$

$$M_w + 0.4 \times M_{Pi} < \frac{M_{DL} + M_F}{2} + M_{DLR} \quad (2.8)$$

Donde:

M<sub>Pi</sub> = Momento respecto a la junta Cuerpo - Fondo, debido a la presión interna.

M<sub>w</sub> = Momento resistente al volteo respecto a la junta Cuerpo-Fondo, debido a la presión del viento

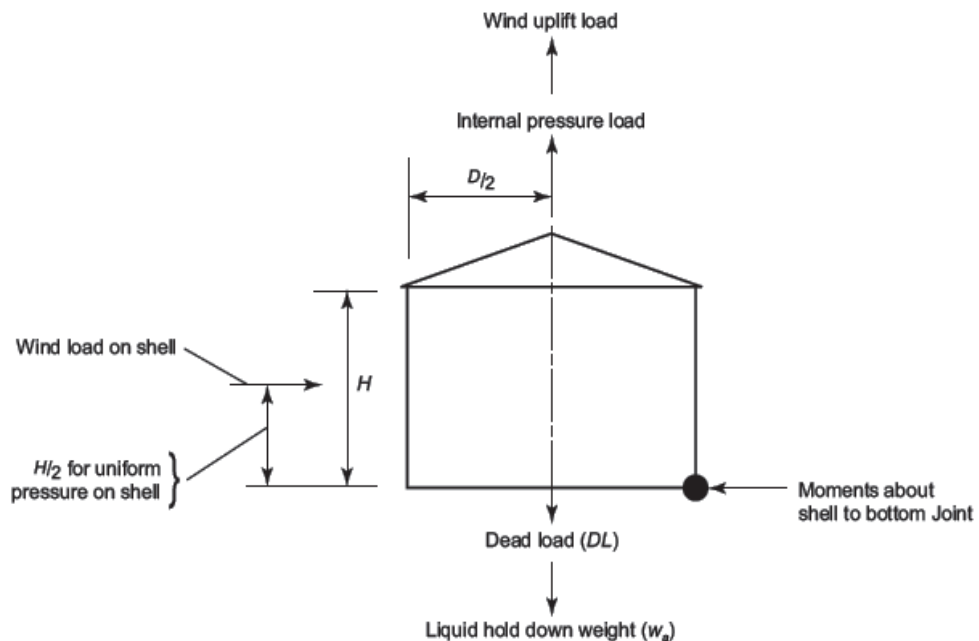
$M_{DL}$  = Momento resistente al volteo respecto a la junta Cuerpo-Fondo, debido al peso del cuerpo, y al peso del techo, soportado por el cuerpo.

$M_{DLR}$  = Es el momento entre la junta de la carcasa y la base desde el peso nominal de la placa del techo más cualquier estructura adjunta.

$M_F$  = Momento respecto a la junta Cuerpo-Fondo, debido al líquido contenido en el tanque, y equivalente.

### **Figura 2.19**

*Consideraciones de carga por viento.*



Fuente: Figure 5.27 "Overturning Check for Unanchored Tanks" del STD API 650.

### **Comprobación para carga de sismo**

Este valor sirve para comprobar la estabilidad del tanque en función del riesgo de sismo. Por lo que se ha de comprobar el momento de vuelco por sismo y factores de compresibilidad sobre la cimentación

del tanque, por lo que la cimentación requiere de un análisis particular aparte que no se realizará en este informe. Según el acápite E.6.1.5 del STD API 650, el momento de vuelco sísmico en la base del tanque se expresa de la siguiente manera:

$$M_{rw} = \sqrt{[A_i(W_i \times X_i + W_s \times X_s + W_r \times X_r)]^2 + [A_c(W_c \times X_c)]^2} \quad (2.9)$$

Donde:

$M_{rw}$ = Momento de vuelco en la base (N-m).

$A_i$ = Parámetro de aceleración espectral impulsiva (%).

$W_i$ = Peso de la parte impulsiva del líquido (N).

$X_i$ = Altura desde el fondo del tanque hasta el centro de acción de fuerzas sísmicas laterales aplicadas a  $W_i$  (m).

$W_s$ = Peso total de las paredes del tanque (N).

$X_s$ = Altura desde el fondo del tanque hasta el centro de gravedad del cilindro (m).

$W_r$ = Peso total del techo del tanque fijo (N).

$X_r$ = Altura desde el fondo del tanque hasta el centro de gravedad del techo (m).

$A_c$ = Parámetro de aceleración espectral convectiva (%).

$W_c$ = Peso de la parte convectiva del líquido (N).

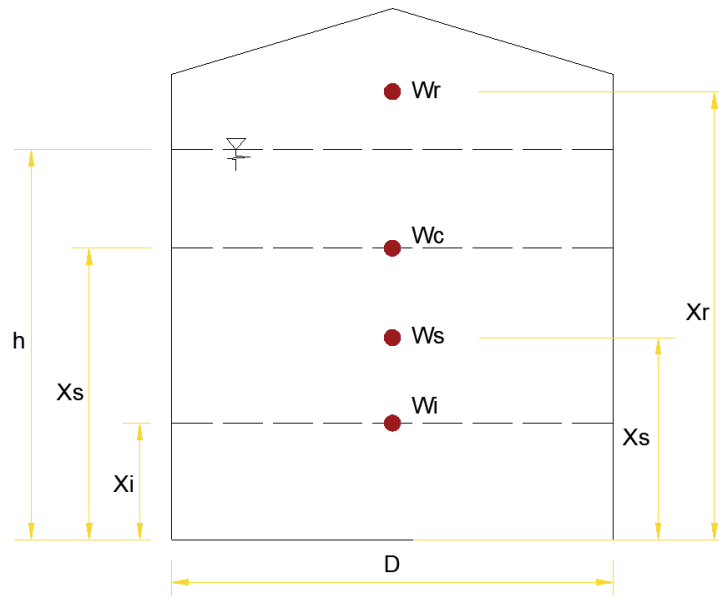
$X_c$ = Altura desde el fondo de tanque hasta el centro de acción de las fuerzas sísmicas laterales (m).

A continuación, se muestra la figura de las alturas de las fuerzas de acción de las cargas sísmicas aplicadas a las masas impulsivas que

provocan el momento de vuelco sobre el tanque.

### Figura 2.20

*Centro de gravedad de las masas convectivas*



Fuente: Elaboración propia.

### Selección del aislamiento del tanque

El tanque cuenta con un mecanismo que permite la preservación de la cantidad de calor distribuida en el interior de este con el propósito de mantener la temperatura del proceso que garantice la fluidez del asfalto durante el despacho de este.

El sistema aislante seleccionado debe ser anti chispa y de no ignición en caso de un evento vinculado a incendio o aparición de llama. El aislante seleccionado no debe poseer asbesto.

Para seleccionar el espesor del aislamiento comercial se debe cumplir con los siguientes criterios:

- No superar una temperatura de superficie externa del aislamiento

de 45 °C, con la finalidad de obtener una protección térmica óptima y al mismo tiempo de dar facilidades de destreza suficiente al personal operativo o de inspección.

- Mantener una temperatura del fluido mayor a los 100 °C.

#### **2.2.4. Fase IV: Elaboración de presupuesto y planos.**

Se ha realizado el presupuesto general del proyecto y un resumen de los costos de cada una de las especialidades que involucran al tanque, los cuales serán presentado a detalle en el anexo 01 “Presupuesto disgregado del proyecto” del presente informe, este análisis refleja el costo de suministro e instalación del tanque de almacenamiento de base asfáltica de 10 MB de capacidad, los cuales servirán para la cotización de los materiales del tanque y para la licitación futura de la parte constructiva del proyecto. Los precios están expresados en moneda nacional (soles).

Además, se realizarán los planos de ingeniería del tanque, los cuales se indicarán en el anexo 04 del presente informe. Los planos se realizarán en base a los a cálculo obtenidos. Los planos son los siguientes:

- Plano dimensional del tanque.
- Plano de distribución de las planchas del techo.
- Plano de distribución de las planchas del cilindro.
- Plano de distribución de las planchas de fondo.
- Plano de detalle de las boquillas anexadas al tanque.
- Plano P&ID (Diagrama de procesos e instrumentación).

### III. APORTES REALIZADOS

#### 3.1. Cálculo de las planchas del cilindro

El espesor del cilindro corresponde al mayor de los espesores obtenidos bajo las condiciones de diseño y bajo la condición de prueba hidrostática, de acuerdo con cómo se describió en el punto 2.2.3 del presente informe. Se utiliza el método de un pie descrito en la ecuación 2.1 y 2.2 del presente informe, ya que esta ecuación es aplicable a tanques que tienen un diámetro menor o igual a 200 pies (60.96 m). En base a lo expuesto anteriormente se tiene:

$$t_d = \frac{(4.9 \times D \times (H - 0.3)) \times G}{S_d} + CA \quad (2.1)$$

$$t_t = \frac{4.9 \times D \times (H - 0.3)}{S_t} \quad (2.2)$$

Donde:

$t_d$  = Espesor de pared para condiciones de diseño (mm).

$t_t$  = Espesor de pared para prueba hidrostática (mm).

$D$  = Diámetro nominal del tanque (m): 13.30 m.

$H$  = Nivel de líquido de diseño (m): 13.58 m.

$G$  = Densidad relativa del líquido a almacenar: 1.01.

$CA$  = Corrosión Admisible, en mm: 3 mm.

$S_d$  = Esfuerzo admisible para las condiciones de diseño: 160 MPa.

$S_t$  = Esfuerzo admisible para condición de prueba hidrostática: 144.66 MPa.

Reemplazando tenemos:

- Para el anillo 1:

$$t_d = \frac{(4.9 \times 13.3 \times (13.58 - 0.3)) \times 1.01}{144.66} + 3$$

$$\rightarrow t_d = 9.04 \text{ mm}$$

$$t_t = \frac{4.9 \times 13.3 \times (13.58 - 0.3)}{171}$$

$$\rightarrow t_t = 5.06 \text{ mm}$$

- Para el anillo 2:

$$t_d = \frac{(4.9 \times 13.3 \times (11.78 - 0.3)) \times 1.01}{144.66} + 3$$

$$\rightarrow t_d = 8.22 \text{ mm}$$

$$t_t = \frac{4.9 \times 13.3 \times (11.78 - 0.3)}{171}$$

$$\rightarrow t_t = 4.38 \text{ mm}$$

A modo de resumen se presenta los valores de los espesores obtenidos bajo las condiciones de diseño y de prueba hidrostática según lo descrito en el cálculo anterior para todos los anillos del tanque.

**Tabla 3.1** Características de anillos de pared del cuerpo de tanque

Anillo	Ancho (mm)	Material	CA (mm)	t-Des (mm)	t-Prueba (mm)	t-min (mm)	t-Actual (mm)	Estatus
1	1800	ASTM A 36	3	9.04	5.06	9.04	10	OK
2	1800	ASTM A 36	3	8.22	4.38	8.22	9	OK
3	1800	ASTM A 36	1.5	6.02	3.69	6.02	7	OK
4	1800	ASTM A 36	1.5	5.09	3.00	5.09	6	OK
5	1800	ASTM A 36	1.5	4.27	2.32	5	5	OK
6	1800	ASTM A 36	1.5	3.45	1.63	5	5	OK
7	1800	ASTM A 36	1.5	2.63	0.95	5	5	OK
8	1750	ASTM A 36	1.5	1.81	0.26	5	5	OK

Fuente: Elaboración propia.



### 3.2. Cálculo de las planchas del techo

El techo cónico es autoportado y tendrá una pendiente de 2:12 (9.5°), con respecto a la horizontal. El espesor del techo no debe ser menor a 4.35 mm y mayor a 13 mm. En base a lo expuesto anteriormente se tiene:

$$T_t = \frac{D}{4800 \times \sin \theta} + CA \quad (2.4)$$

Donde:

T<sub>t</sub>= Espesor mínimo requerido (cm).

D= Diámetro medio del tanque (cm).

Θ= Ángulo con respecto a la horizontal, en grados.

Reemplazando tenemos:

$$T_t = \frac{1330}{4800 \times \sin 9.5^\circ} + 1.5 = 3.18 \text{ mm}$$

En base a lo calculado y recomendado por el STD API 650, se seleccionará un espesor nominal de plancha de:

→ 6.50 mm, siendo este valor 4.35 mm < 6.50 mm < 13 mm, cumpliendo con lo descrito por el STD API 650.

Las planchas del techo del tanque presentan las siguientes características que se utilizarán para el diseño de los planos y fabricación del tanque.

**Tabla 3.2** Listado de planchas del techo del tanque

Listado/características del techo del tanque					
Techo	Dimensiones	Cantidad	Espesor	Unión	Descripción
Roof	6X20ft/ 1800x6000mm	19 unid. Planchas	e=0.256 in (6.5mm)	Soldado a traslape.	Planchas estructurales de calidad ASTM A 36

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Cálculo de las planchas de fondo

Todas las planchas del fondo del tanque deberán tener un espesor mínimo de 6 mm (1/4") excluyendo cualquier sobre espesor por corrosión.

En base a lo expuesto anteriormente se tiene:

$$t_f = 6 + CA \quad (2.3)$$

Donde:

$t_f$  = Espesor del fondo del tanque (mm).

CA = Corrosión Admisible, en mm como especifica el cliente.

Reemplazando:

$$t_f = 6 + 3 = 9 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el espesor seleccionado de las planchas del fondo es:

→ 9 mm.

Las planchas del fondo del tanque presentan las siguientes características que se utilizarán para el diseño de los planos y fabricación del tanque.

**Tabla 3.3** Listado de las planchas del fondo del tanque

Listado de las planchas del fondo del tanque					
Fondo	Dimensiones	Cantidad	Espesor	Unión	Descripción
Bottom plate	6X20ft/ 1800x6000mm	11 1/2 unid. Planchas	e=0.35 in (9mm)	Soldado a tope	Planchas estructurales de calidad ASTM A 36

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. Cálculo del anillo de coronamiento del tanque

Como describimos en el punto 2.2.3 del capítulo anterior de este informe, este es el elemento que soportará el peso del techo del tanque autosoportado, y se considera como junta frágil porque no es capaz de

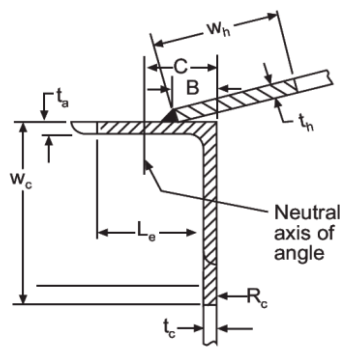
soportar presiones internas fuera del STD API 650. Por lo tanto, de la tabla 2.13 seleccionamos las dimensiones del anillo de coronamiento:

→ Angulo estructural L 50 x 50 x 6 mm (2" x 2" x 1/4").

→ Material: ASTM A-36.

De la figura 2.18, seleccionaremos la alternativa "d" para la disposición geométrica del ángulo de coronamiento del tanque:

**Figura 3.1** *Ángulo de coronamiento*



Detail d

Fuente: Figura F.2 del STD API 650.

Donde:

$t_a = 5$  mm.

$t_h = 6.50$  mm.

$W_h = 219.03$  mm.

$W_c = 91.54$  mm.

$C = 50$  mm.

$B = 14.5$  mm.

### 3.5. Cálculo de la comprobación por carga de viento

Se realiza la comprobación por carga de viento a través de la verificación de una viga intermedia y anclaje del tanque.

### 3.5.1. Cálculo de viga intermedia

Según el acápite 5.9.7 del STD API 650 en unidades del sistema internacional el valor de “HI” se calcula de la siguiente manera:

$$H_l = 9.47 \times t \times \sqrt{\left(\frac{t}{D}\right)^3 \times \frac{190}{V^2}} \quad (2.5)$$

Donde:

HI= Distancia entre la viga intermedia y el ángulo superior (m).

t= Espesor más delgado del cuerpo del tanque (mm): 5 mm.

D= Diámetro nominal del tanque(m): 13.30 m.

V= Velocidad de diseño del viento (Km/h): 80 Km/h.

Reemplazando:

$$H_l = 9.47 \times \sqrt{\left(\frac{5}{13.3}\right)^3 \times \frac{190}{80^2}} = 61.57 \text{ m}$$

Una vez calculado el valor de “HI”, se calcula la altura de la pared transformada ( $H_{tr}$ ), sustituyendo el ancho de cada virola por un ancho transpuesto en función del espesor del techo de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$H_{tr} = \sum W_{tr, i} = W_{tr, 1} + W_{tr, 2} + W_{tr, 3} + W_{tr, 4} + W_{tr, 5} + W_{tr, 6} \\ + W_{tr, 7} + W_{tr, 8} \quad (3.1)$$

$$W_{tr} = W \times \sqrt{\left(\frac{t_{uniforme}}{t_{actual}}\right)^5} \quad (3.2)$$

Como el cuerpo del tanque está conformado por 8 anillos de 1.80 m y con distintos espesores calculados anteriormente. Se calculan los anchos transpuestos ( $W_{tr}$ ):

$$W_{tr,1} = 1.8 \times \sqrt{\left(\frac{5}{10}\right)^5} = 0.32 \text{ m}$$

$$W_{tr,2} = 1.8 \times \sqrt{\left(\frac{5}{9}\right)^5} = 0.41 \text{ m}$$

$$W_{tr,3} = 1.8 \times \sqrt{\left(\frac{5}{7}\right)^5} = 0.78 \text{ m}$$

Se procederá hacer la verificación para los siguientes anillos del tanque y se reemplazará en la ecuación 3.1, entonces:

$$\begin{aligned} H_{tr} &= \sum W_{tr,8} = 0.32 + 0.41 + 0.78 + 0.14 + 1.8 + 1.8 + 1.8 + 1.8 \\ &= 9.85 \text{ m} \end{aligned}$$

Como  $H_i = 61.57 > H_{tr} = 9.85 \text{ m}$ , no será necesario añadir una viga de viento intermedia. Por lo tanto, no es necesario calcular el módulo de sección de la viga intermedia (Z).

### 3.5.2. Cálculo de comprobación de anclaje del tanque

Se ha de calcular el momento de vuelco producido por la carga de viento y determinar si necesita ser anclado o no. Primero determinaremos los pesos característicos del tanque de almacenamiento a través de la tabla 3.4.

**Tabla 3.4 Pesos característicos**

Pesos de los componentes principales del tanque			
Descripción	Símbolo	Unidades	
		kgf	N
Peso del Techo incluido el anillo de coronamiento	Wf	9,988.68	97,955.46
Peso del armazón del techo y 10% de diseño de carga de nieve y aislamiento.	Wr	26,743.00	262,258.39
Peso del Cuerpo	Ws	39,315.00	385,544.85

Fuente: Elaboración propia.

Además, indicaremos los valores de las variables independientes para la comprobación del anclaje del tanque por la carga de viento según la ecuación 2.7 y 2.8, para mayor detalle de los cálculos iterativos ver anexo 03 ubicado al final del presente informe.

**Tabla 3.5 Valores de la variable de diseño para carga de viento.**

Símbolo	Valor	Unidades
M <sub>w</sub>	9,988.68	N-m
M <sub>pi</sub>	0	N-m
M <sub>DL</sub>	2,121,665	N-m
M <sub>DLR</sub>	632,315	N-m
M <sub>F</sub>	5,339,569	N-m

Fuente: Elaboración propio.

Según el acápite 5.11.2 del STD API 650, el cual se indica a continuación:

$$0.6 \times M_w + M_{Pi} < \frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR} \quad (2.7)$$

$$M_w + 0.4 \times M_{Pi} < \frac{M_{DL} + M_F}{2} + M_{DLR} \quad (2.8)$$

Donde:

M<sub>pi</sub> = Momento respecto a la junta Cuerpo - Fondo, debido a la presión

interna.

$M_W$  = Momento resistente al volteo respecto a la junta Cuerpo-Fondo, debido a la presión del viento

$M_{DL}$  = Momento resistente al volteo respecto a la junta Cuerpo-Fondo, debido al peso del cuerpo, y al peso del techo, soportado por el cuerpo.

$M_{DLR}$  = Es el momento entre la junta de la carcasa y la base desde el peso nominal de la placa del techo más cualquier estructura adjunta.

$M_F$  = Momento respecto a la junta Cuerpo-Fondo, debido al líquido contenido en el tanque, y equivalente.

Reemplazando valores:

Criterio 1:

$$0.6 \times 9,988.68 + 0 < \frac{2,121,665}{1.5} + 632,315$$

269,746 < 2,046,758, el tanque es estable.

Criterio 2:

$$449,577 + 0.4 \times 0 < \frac{2,161,665 + 5,339,569}{2} + 632,315$$

449,577 < 4,362,932, el tanque es estable.

Por lo tanto, el tanque no requiere pernos de anclaje por carga de viento.

### **3.6. Cálculo de la comprobación por carga de sismo**

El objetivo del cálculo del tanque a carga sísmica es garantizar la vida útil del equipo y la protección al colapso. Primero, indicaremos los valores de

las variables independientes para la comprobación del momento de vuelco por acción de las cargas sísmicas según la ecuación 2.9 y los valores de la tabla 2.6, para mayor detalle de los cálculos iterativos ver anexo 03 ubicado al final del presente informe.

**Tabla 3.6** Valores de la variable de diseño para carga de sismo.

Símbolo	Valor	Unidades
Ai	0.26	%
Wi	1,498,684	Kgf
g	9.8	m/s <sup>2</sup>
Xi	5.54	m
Ws	39,315	Kgf
Xs	6.79	m
Wr	26,743	Kgf
Xr	14.539	m
Ac	0.134	%
Wc	428,757	Kgf
Xc	10.123	m

Fuente: Elaboración propio.

Según el acápite E.6.1.5 del STD API 650, el momento de vuelco sísmico en la base del tanque se expresa de la siguiente manera:

$$M_{rw} = \sqrt{[A_i(W_i \times X_i + W_s \times X_s + W_r \times X_r)]^2 + [A_c(W_c \times X_c)]^2} \quad (2.9)$$

Donde:

Mrw= Momento de vuelco en la base (Kgf).

Ai= Parámetro de aceleración espectral impulsiva (%).

Wi= Peso de la parte impulsiva del líquido (Kgf).

Xi= Altura desde el fondo del tanque hasta el centro de acción de fuerzas sísmicas laterales aplicadas a Wi (m).



$W_s$ = Peso total de las paredes del tanque (Kgf).

$X_s$ = Altura desde el fondo del tanque hasta el centro de gravedad del cilindro (m).

$W_r$ = Peso total del techo del tanque fijo (Kgf).

$X_r$ = Altura desde el fondo del tanque hasta el centro de gravedad del techo (m).

$A_c$ = Parámetro de aceleración espectral convectiva (%).

$W_c$ = Peso de la parte convectiva del líquido (Kgf).

$X_c$ = Altura desde el fondo de tanque hasta el centro de acción de las fuerzas sísmicas laterales (m).

Reemplazando los valores en la ecuación 2.9:

$$M_{rw} = \sqrt{\left[0.26 \times \left( \frac{(1,498,684 \times 9.8) \times 5.54 + (39.15 \times 9.8) \times 6.79}{(26,743 \times 9.8) \times 14.54} \right) \right]^2 + [0.134 \times (428,757 \times 9.8) \times 10.12]^2}$$

$$M_{rw} = 23,225,971.73 \text{ N} - m$$

### 3.7. Boquillas de conexionado del tanque

El tanque de almacenamiento de base asfáltica (BA), contará con los siguientes accesorios en el cuerpo y techo del tanque el cual servirá para la entrada y salida del fluido almacenado, la instalación de instrumentos de medición y la interconexión con las tuberías de proceso de la planta de asfalto. A continuación, en la tabla 3.5 se mencionan las dimensiones,

ubicación, cantidad y descripción de cada una de las boquillas del tanque, las cuales estarán de acuerdo con el acápite 5.8 “Shell Attachments and Tank Appurtenances” del STD API 650. Para mayor detalle de las boquillas ver anexo 04 ubicado al final del presente informe.

**Tabla 3.7 Dimensiones y características de boquillas en tanque**

Accesorios en tanque			
Tag de accesorios	Medida	Cantidad	Descripción
MH1 (N12) / MH2 (N13) / MH3 (N17) / MH4 (N18)	24 in	4	Manhole de acceso a cilindro de 24 in, API 650, de acuerdo con la figura 5-7A (Shell Manhole API 650).
Ventoeo de Emergencia (N14)	10 in	1	Boquilla de aneji3n de mecanismo de ventoeo de emergencia, WNRF, #300, ASME B16.5.
Compuerta Toma Muestra (N19)	20 in	1	Compuerta toma muestra, Portezuela de inspecci3n.
Boquilla Cuello de Cisne Ventoeo (N20)	10 in	1	Ventoeo de cuello de ganso. Operaci3n rutinaria. WNRF, #300, ASME B16.5.
Drenaje de Fondo (BD01)	6 in	1	Boquilla de la l3nea de drenaje de 6 in, bridada WNRF de 300 libras ANSI B16.5 (Figure 5-8-Shell Nozzles API 650, Table 5-6b)
Vapor 150 (N1)	1 in	1	Boquilla de la l3nea de vapor de 1 in para calentamiento por serpent3n, bridada WNRF de 300 libras ANSI B16.5 (Figure 5-8- Shell Nozzles API 650, Table 5-6b),
Condensado (N2)	1/2 in	1	Boquilla de la l3nea de condensados de 1/2 in para retiro de vapor baja temperatura, bridada WNRF de 300 libras ANSI B16.5 (Figure 5-8-Shell Nozzles API 650, Table 5-6b).
Corriente de Salida BA (N3)	10 in	1	Boquilla de l3nea de producto de 10 in, bridada WNRF de 300 libras ANSI B16.5 (Figure 5-8-Shell Nozzles API 650, Table 5-6b).
Corriente de Ingreso de Fondos de UDV (N4)	10 in	1	Boquilla de l3nea de producto de 10 in fondos de UDV, bridada WNRF de 300 libras ANSI B16.5 (Figure 5-8- Shell Nozzles API 650, Table 5-6b).
L3nea de Despacho de BA (N5)	8 in	1	Boquilla para conexiones de alimentaci3n y transferencia entre tanques, bridada WNRF de 300 libras ANSI B16.5 (Figure 5-8- Shell Nozzles API 650, Table 5-6b).
Recirculaci3n (N6)	6 in	1	Boquilla para conexiones de alimentaci3n y transferencia entre tanques, bridada WNRF de 300 libras ANSI B16.5 (Figure 5-8- Shell Nozzles API 650, Table 5-6b).
LSHH (N7)	2 in	1	Boquilla para conexiones de medici3n de nivel alto alto en el tanque bridada WNRF de 150 libras ANSI B16.5 (Figure 5-8- Shell Nozzles API 650, Table 5-6b).

Accesorios en tanque			
LSLL (N8)	2 in	1	Boquilla para conexiones de medición de nivel bajo bajo en el tanque, brida WNR de 150 libras ANSI B16.5 (Figure 5-8- Shell Nozzles API 650, Table 5-6b).
TT (N9)	2 in	1	Boquilla para conexiones de medición de temperatura en el tanque, brida WNR de 150 libras ANSI B16.5 (Figure 5-8- Shell Nozzles API 650, Table 5-6b).
PROC_1 (N10)	10 in	1	Boquilla para conexiones de alimentación y transferencia entre tanques, brida WNR de 300 libras ANSI B16.5 (Figure 5-8- Shell Nozzles API 650, Table 5-6b).
PROC_2 (N11)	10 in	1	Boquilla para conexiones de alimentación y transferencia entre tanques, brida WNR de 300 libras ANSI B16.5 (Figure 5-8- Shell Nozzles API 650, Table 5-6b).
TE-00503 (N15)	2 in	1	Boquilla para conexiones de medición de temperatura (multipuntos) en el tanque, brida WNR de 150 libras ANSI B16.5
LT-00503 (N16)	6 in	1	Boquilla para conexiones de medición de elevación (radar) en el tanque, brida WNR de 150 libras ANSI B16.5

Fuente: Elaboración propio.

### 3.8. Selección del aislamiento térmico del tanque

El aislamiento seleccionado debe cumplir con los descrito en el apartado 2.2.3 del presente informe para preservar la temperatura del fluido y con las condiciones de diseño anteriormente descritas. A continuación, se muestran las características del aislamiento seleccionado:

- Tipo de material: Lana mineral.
- Cp (calor específico): 0,84 KJ/Kg\*C.
- Densidad: 80 kg/m<sup>3</sup>.
- Conductividad térmica: 0,057 W/m\*K.
- Espesor de aislamiento para el tanque: 100 mm (4 pulg. nominales).

El tanque deberá estar cubierto en cuerpo y techo por el aislamiento de lana mineral seleccionado, además deberá estar recubierto con una cobertura de láminas de acero inoxidable, la información de los

respectivos aislamientos y coberturas se tabular a continuación:

**Tabla 3.8** Características de aislamiento de tanque

Sección del Tanque	Espesor de Aislamiento (mm)	Espesor de Recubrimiento (mm)	Sistema de Instalación
Cuerpo	100 mm de espesor. Aislamiento de alta densidad (80 Kg/m <sup>3</sup> ). Aproximadamente de espesor comercial de: 110 mm.	0,4 mm de espesor de acero inoxidable.	Las uniones cerradas de la fibra mineral (ya sea longitudinal y uniones circulares) deben ser cableadas juntas, usando cable de acero (min 0.5 mm) o asegurado con ganchos adosados a la pared del tanque. Lanás minerales de múltiples capas, ambas longitudinales o uniones circulares deben ser escalonadas (unión tipo mampostería). El sistema de soporte debe ser tipo tablero, y como línea guía se asume que los soportes deben estar cada 3 a 4 m.
Techo	100 mm de espesor. Aislamiento de alta densidad (80Kg/m <sup>3</sup> ) o superior. Aproximadamente de espesor comercial de: 110 mm.	0,7 mm de espesor de acero inoxidable.	

Fuente: Elaboración propio.

### 3.9. Evaluación Técnico – Económica

En esta parte del informe se realiza un detalle económico de los costos de suministro e instalación del tanque de almacenamiento de base asfáltica de 10 MB de capacidad. Además, de considerar todos los costos de materiales e instalación de las partes metalmecánicas del tanque, también se consideran las otras especialidades del proyecto que involucran al tanque, como son las actividades preliminares, civil e instrumentación. A continuación, se describen cada una de ellas.

- Preliminares: Son todas aquellas actividades previas que se realizan antes de la ejecución del proyecto, como, por ejemplo, movilización y desmovilización de todos los equipos y herramientas al lugar de ejecución del proyecto, trazo y replanteo del terreno, entre otros.
- Civil: Son todas aquellas actividades que comprenden, por ejemplo,

mejoramiento de suelos, construcción del anillo de cimentación del tanque e instalación de los pernos de anclaje, entre otros.

- **Mecánica:** Son todas aquellas actividades relacionadas con la parte estructural y metalmecánica del tanque, como, por ejemplo, instalación de planchas de acero, instalación de boquillas en el tanque, entre otros.
- **Instrumentación:** Son todas aquellas actividades que comprenden los sistemas de medición manual y automática del tanque, como, por ejemplo, conexión de cableados de instrumentación, instalación de medidores de nivel y temperatura, entre otros.

A continuación, a manera de resumen se presenta la tabla 3.9 de los costos en soles de cada una de las especialidades del proyecto.

**Tabla 3.9** *Resumen del presupuesto de ejecución del proyecto*

ITEM	ESPECIALIDAD	DESCRIPCIÓN	MONTO (S/.)
1	<b>PRELIMINARES</b>	COSTOS DIRECTOS DE INSTALACIÓN Y SUMINISTRO	471,513.52
2	<b>CIVIL</b>	COSTOS DIRECTOS DE INSTALACIÓN Y SUMINISTRO	1,144,007.32
3	<b>MECÁNICA</b>	COSTOS DIRECTOS DE INSTALACIÓN	2,069,357.01
		COSTO DIRECTOS DE SUMINISTRO	509,748.79
4	<b>INSTRUMENTACIÓN</b>	COSTOS DIRECTOS DE INSTALACIÓN	162,106.03
5		COSTO DIRECTOS DE SUMINISTRO	687,145.61
6		<b>GASTOS GENERALES (20%)</b>	1,008,775.66
7		<b>UTILIDADES (10%)</b>	504,387.83
8		<b>MONTO TOTAL (NO INCLUYE I.G.V.)</b>	<b>6,557,041.75</b>

Fuente: Elaboración propio.

## **IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

### **4.1. Discusión**

Se pueden identificar que los espesores de las planchas que constituyen los anillos del cuerpo del tanque disminuyen conforme ascienden al último anillo del tanque, esto se debe a que la carga hidrostática debido a la presión del fluido sobre la pared del cuerpo del tanque disminuye conforme se aleja del fondo del tanque; además el esfuerzo admisible del ASTM A-36, material seleccionado para el diseño del tanque tiene valores considerables para soportar la carga hidrostática del fluido y evitando de esta manera cualquier posible deformación sobre el mismo.

En comparación con el proyecto de tesis de Gonzáles Dorta usado de referencia para la elaboración del presente trabajo, usa como material de diseño el acero AISI 347H de la familia de los aceros inoxidable, este último ofrece valores de esfuerzo admisibles menores en comparación con el ASTM A-36, presentando menor resistencia a las cargas y deformaciones.

### **4.2. Conclusiones**

- Se uso el estándar API 650 para garantizar el diseño seguro del tanque y la construcción de este, el cual estará ubicado en la planta de asfalto de la Refinería de Talara, para ello se establecieron los parámetros de diseño de acuerdo con la naturaleza del fluido a almacenar, función y ubicación del tanque.
- Las dimensiones estimadas del tanque de almacenamiento de asfaltos constituyen los menores costos de suministros e instalación, el cual

presenta los siguientes resultados:

Tanque de volumen operativo de 10 MB de Base Asfáltica 85/100, 60/70, 40/50 considera un diámetro de 13,3 m y una altura del cilindro de 14,4 m.

- Se realizaron los cálculos de los espesores mínimos requeridos para el dimensionamiento de los componentes del tanque siguiendo los lineamientos del STD API 650 y de acuerdo con las dimensiones del tanque, además para garantizar la temperatura del asfalto se seleccionó un espesor de aislamiento de lana mineral de 4 pulgadas para el cuerpo y techo del tanque.
- Para la fase de licitación y construcción del proyecto, se ha realizado la elaboración de los planos dimensionales del tanque en base a los cálculos obtenidos e indicados en capítulo tres del presente informe, además, la implementación del tanque de almacenamiento de base asfáltica de 10MB de capacidad, considera una inversión total de S/. 6,557,041.75.

## V. RECOMENDACIONES

- Las condiciones de diseño de un tanque de almacenamiento son todos los parámetros de entradas, necesarios para la selección del material, espesores de planchas y selección de componentes, por ello se recomienda tener perfectamente definidos todas las condiciones de diseño, ya que esto solo conllevaría al retrabajo en cuanto a diseño se refiere.
- La selección del material del tanque debe ser un compromiso técnico económico, ya que principalmente de esto dependerá la vida útil del equipo, por lo tanto, se recomienda proveer al material de un espesor de sacrificio para que se vaya consumiendo durante la vida útil del equipo, denominado corrosión admisible.
- La introducción de fibras minerales aislantes como la lana mineral en la superficie del tanque aminora los pesos en la fundación del tanque, en contraste con los ladrillos refractarios, además, facilitan la fácil remoción por mantenimiento y desperfectos y brindan mayor seguridad estructural que los ladrillos refractarios.
- Se recomienda instrumentar el tanque con sistemas de control de nivel de llenado y vaciado de producto, para las actividades de abastecimiento y refinación en la planta de asfalto.
- Se recomienda la instalación de serpentines de calentamiento en el fondo del tanque, para mantener de manera más eficiente la temperatura del asfalto y facilitar su movilidad a lo largo de todo el sistema.



## VI. BIBLIOGRAFÍA

- ARANDA, P. Diseño de Tanques de Acero Soldado Apoyados sobre el Suelo para Almacenamiento de Hidrocarburos. [Tesis de Ingeniero Civil, Inédita]. Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. 2011.
- DORTA, Davinia González. Diseño y cálculo de un tanque de almacenamiento de un fluido de alta temperatura. [Tesis de Fin de Grado, Inédita]. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. 2018.
- SALDAÑA DELGADO, Yuli Ernesto. Diseño de tanques de agua con capacidad hasta 1200 m<sup>3</sup> con techo cónico bajo norma API 650 con Excel y SolidWorks. [Tesis de Ingeniero Mecánico Electricista, Inédita]. Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú. 2020.
- SANAGUANO MASACHE, Erika Magaly. Mantenimiento de Tanques de Almacenamiento en la Refinería Estatal Esmeraldas. [Tesis de Grado, Inédita]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2014.
- VALENCIA VALENCIA, Marleny Elizabeth. Diseño y control automático de tanque de almacenamiento de crudo de petróleo para una refinería. [Tesis de Ingeniero Químico, Inédita]. Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú. 2019.
- HIBBELER, RC Mecánica de Materiales Novena Edición en unidades de SI. 2014.
- FERDINAND, PB; RUSSELL, J; JOHN, TD Mecánica de Materiales Sexta Edición en unidades SI. 2013.

- FLÜGGE, Wilhelm. Teoría de las Conchas. Springer Science & Business Media, 2013.
- MYERS, Philip E. Aboveground storage tanks. McGraw-Hill Education, 1997.
- API Standard 650. 12<sup>th</sup> Edition March. Welded steel tanks for oil storage. Washington, D.C. American Petroleum Institute, 2013.
- API Standard 2000. 7<sup>th</sup> Edition March. Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks: Nonrefrigerated and Refrigerated. Washington, D.C. American Petroleum Institute, 2014.
- API Recommended Practice 2023. 3<sup>rd</sup> Edition August. Guide for Safe storage and Handling of Heated Petroleum Derived Asphalt Products and Crude – Oil Residua. Washington, D.C. American Petroleum Institute, 2001.
- API Standard 2350. 4<sup>th</sup> Edition May. Overfill Protection for Storage Tanks in Petroleum Facilities. Washington, D.C. American Petroleum Institute, 2012.
- API Publication 2517. 3<sup>rd</sup> Edition February. Evaporative Loss from External Floating Roof Tanks. Washington, D.C. American Petroleum Institute, 1989.
- AISI T192. 1992. Steel Plate Engineering Data, Volume 2 - Useful information on the design of plate structures. Washington, D.C. American Iron and Steel Institute, 1992.
- ASCE / SEI 7-16. 2018. Minimum design loads for buildings and other structures. Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers, 2018.

- Ministerio de Energía y Minas. Decreto Supremo N° 052-1933-EM. Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos aprobado y modificado. 1993. Lima. Oficina de imprenta del gobierno. Disponible en: <https://syr.us/0Sc>
- Ministerio de Energía y Minas. Decreto Supremo N° 043-2007-EM. Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos y Modificaciones de Diversas Disposiciones. 2007. Lima. Oficina de imprenta del gobierno. Disponible en: <https://syr.us/fNO>
- Asphalt Institute. (1993). Superpave, Performance graded asphalt binder specifications and testing superpave series N° 1 (SP-1), American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.
- PETROPERÚ, Petróleos del Perú. Diagrama de flujo para asfalto de petróleo. <https://www.petroperu.com.pe/> [en línea]. 2 de enero de 2019 [consultado el 11 de junio de 2021]. Disponible en: <https://asfaltos.petroperu.com.pe/descripcion-asfaltos.php>

## **ANEXOS**

- Anexo 01: Presupuesto desgregado del proyecto.
- Anexo 02: Hoja de datos del tanque.
- Anexo 03: Reporte de cálculo del software Ametank.
- Anexo 04: Planos del tanque.

## Anexo 01: Presupuesto desgregado del proyecto

- Especialidad de trabajos preliminares.

LISTA DE PARTIDAS - TRABAJOS PRELIMINARES					
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	PU	PRECIO PARCIAL
<b>01.00.00</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
<b>01.01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				
01.01.01	DOCUMENTOS EXIGIDOS POR EL SIG (SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN)	glb	1.00	S/. 7,820.00	S/. 7,820.00
01.01.02	CHARLA DE INDUCCIÓN DEL PERSONAL	glb	1.00	S/. 9,520.00	S/. 9,520.00
01.01.03	TRANSPORTE DE MAQUINARIA PESADA, LIGERA Y HERRAMIENTAS	glb	1.00	S/. 15,500.00	S/. 15,500.00
01.01.04	PROCURA DE EQUIPOS E IMPLEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (NO INCLUYE SOLDADORES)	glb	1.00	S/. 5,000.00	S/. 5,000.00
01.01.05	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE PERSONAL	glb	1.00	S/. 10,200.00	S/. 10,200.00
01.01.06	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	glb	1.00	S/. 3,681.60	S/. 3,681.60
01.01.07	INSTALACIONES PROVISIONALES	glb	1.00	S/. 3,240.00	S/. 3,240.00
01.01.08	OFICINAS Y ALMACÉN	glb	1.00	S/. 14,400.00	S/. 14,400.00
01.01.09	SERVICIOS HIGIÉNICOS DE OBRA PROVISIONALES	mes	15.00	S/. 600.00	S/. 9,000.00
01.01.10	INSTALACIÓN PROVISIONAL DE ENERGIA ELECTRICA	mes	15.00	S/. 150.00	S/. 2,250.00
01.01.11	DEMOLICIÓN DE BASE DE TANQUES EXISTENTES	glb	1.00	S/. 5,000.00	S/. 5,000.00
01.01.12	DEMOLICIÓN DE MURO DE CUBETO EXISTENTE	m3	54.00	S/. 205.92	S/. 11,119.68

01.01.13	DEMOLICIÓN DE CASETAS DE BOMBAS	m3	10.00	S/. 117.45	S/. 1,174.50
01.01.14	DEMOLICIÓN DE BASES DE BOMBAS	m3	50.00	S/. 123.18	S/. 6,159.00
01.01.15	DEMOLICIÓN DE CASA DE PASO DE OPERADORES	m3	14.00	S/. 63.29	S/. 886.06
01.01.16	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES	m3	200.00	S/. 26.30	S/. 5,260.00
01.01.17	PREFABRICADO E INSTALACIÓN DE CARTELES INFORMATIVOS DE PROYECTO Y DE SEGURIDAD	glb	1.00	S/. 250.00	S/. 250.00
01.01.18	HABILITACIÓN DE SOPORTES DE SEGURIDAD, CINTA AMARILLA PARA RESTRINGIR EL ACCESO EN AREAS DE TRABAJO	glb	1.00	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00
<b>01.02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
01.02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO	m2	2,454.00	S/. 0.68	S/. 1,668.72
01.02.02	EXCAVACIÓN MANUAL PARA BASE DE TANQUE T-101	m3	453.64	S/. 35.42	S/. 16,067.93
01.02.03	ACARREO HORIZONTAL DE TANQUE D=20 m	m3	469.63	S/. 21.00	S/. 9,862.23
01.02.04	RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE DE EXCAVACIÓN	m3	2,617.00	S/. 29.16	S/. 76,311.72
	<b>COSTOS DIRECTOS DE TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>S/. 471,513.52</b>

- Especialidad civil.

LISTA DE PARTIDAS - MECÁNICA/TUBERÍA					
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	PU	PRECIO PARCIAL
<b>03.00.00</b>	<b>TRABAJOS METALMECANICOS TANQUES Y TUBERIAS</b>				
<b>03.01</b>	<b>MONTAJE DE TANQUES</b>				
03.01.01	<b>MONTAJE E INSTALACIÓN TANQUE</b>				
03.01.01.01	MONTAJE E INSTALACION DE TANQUE 101 D=13.30m, H=14.40 m, Cap. 10 MB, montaje e instalación de casco, techo, fondo, boquillas de 1/2",1",2",6",8",10",manholes 20", 24", soporte estructural interno, escalera en espiral, descansos, barandas.	glb	1.00	S/ 409,815.60	S/ 409,815.60
03.01.01.02	MONTAJE E INSTALACION DE SERPENTIN DE CALENTAMIENTO	glb	1.00	S/ 34,771.86	S/ 34,771.86
<b>03.02</b>	<b>TRABAJOS COMPLEMETARIOS EN TANQUES</b>				
<b>03.02.01</b>	<b>TANQUE</b>				
03.02.01.01	PREFABRICADO, SOLDEO E INSTALACION DE DRENAJE DE SUMIDERO	und	1.00	S/ 793.00	S/ 793.00
<b>03.03</b>	<b>COMPONENTES DE TANQUE</b>				
03.03.01	INSTALACION DE AISLAMIENTO TERMICO CON LANA MINERAL A TUBERIAS, INCLUYE ENCHAQUETADO DE ALUMINIO DE 0.9 mm Esp.	glb	1.00	S/ 3,208.04	S/ 3,208.04
03.03.02	PREFABRICADO E INSTALACION DE SOPORTES PARA TUBERIAS	glb	1.00	S/ 2,435.78	S/ 2,435.78
<b>03.04</b>	<b>AISLAMIENTO DEL TANQUE</b>				

03.04.01	INSTALACION DE AISLAMIENTO TERMICO DE LANA MINERAL, 4" ESPESOR, PLATINAS METALICAS DE SUJECIÓN Y ENCHAQUETADO DE ACERO INOXIDABLE DE 0.4 mm DE ESPESOR PARA EL CILINDRO Y 0.7 mm DE ESP. PARA EL TEC	glb	1.00	S/ 42,371.32	S/ 42,371.32
<b>03.05</b>	<b>ARENADO Y PINTADO DE TANQUES</b>				
<b>03.05.01</b>	<b>TANQUE</b>				
03.05.01.01	ARENADO A METAL BLANCO SSPC-SPC 5 AL CILINDRO, TECHO Y ACCESORIOS DEL TANQUE	m2	605.00	S/ 17.50	S/ 10,587.50
03.05.01.02	ARENADO A METAL BLANCO SSPC-SP 5 A TUBERIAS DE PROCESO	m2	150.00	S/ 17.50	S/ 2,625.00
03.05.01.03	ARENADO METAL BLANCO SSPC-SP 5 A BARANDAS, ESCALERAS, PLATAFORMAS	m2	250.00	S/ 17.50	S/ 4,375.00
03.05.01.04	PINTADO DE UNA SOLA CAPA CON ZINC INORGNICO AL EXTERIOR TANQUE	m2	605.00	S/ 20.00	S/ 12,100.00
03.05.01.05	PINTADO A UNA SOLA CAPA DE BOQUILLAS, MANHOLES Y ACCESORIOS DEL TANQUE	m2	150.00	S/ 40.51	S/ 3,750.00
03.05.01.06	PINTADO DE TRES CAPAS DE PINTURA DE ESTRUCTURAS METALICAS DE TANQUE	m2	250.00	S/ 121.53	S/ 30,382.50
<b>03.06.00</b>	<b>COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA</b>				
03.06.01	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE TUBERÍAS Y EQUIPOS	glb	1.00	S/ 33,760.00	S/ 33,760.00
03.06.02	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL TANQUE	glb	1.00	S/ 20,256.00	S/ 20,256.00
	<b>COSTOS DIRECTOS DE INSTALACIÓN MECANICA</b>				<b>S/2,069,357.01</b>



- Especialidad instalación – mecánica

LISTA DE PARTIDAS - MECÁNICA/TUBERÍA					
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	PU	PRECIO PARCIAL
<b>03.00.00</b>	<b>TRABAJOS METALMECANICOS TANQUES Y TUBERIAS</b>				
<b>03.01</b>	<b>MONTAJE DE TANQUES</b>				
03.01.01	<b>MONTAJE E INSTALACIÓN TANQUE</b>				
03.01.01.01	MONTAJE E INSTALACION DE TANQUE 101 D=13.30m, H=14.40 m, Cap 10 MB, montaje e instalacion de casco, techo, fondo, boquillas de 1/2",1",2",6",8",10", manholes 20", 24", soporte estructural interno, escalera en espiral, descansos, barandas.	glb	1.00	S/409,815.60	S/ 409,815.60
03.01.01.02	MONTAJE E INSTALACION DE SERPENTIN DE CALENTAMIENTO	glb	1.00	S/ 34,771.86	S/ 34,771.86
<b>03.02</b>	<b>TRABAJOS COMPLEMETARIOS EN TANQUES</b>				
<b>03.02.01</b>	<b>TANQUE</b>				
03.02.01.01	PREFABRICADO, SOLDEO E INSTALACION DE DRENAJE DE SUMIDERO	und	1.00	S/ 793.00	S/ 793.00
<b>03.03</b>	<b>COMPONENTES DE TANQUE</b>				
03.03.01	INSTALACION DE AISLAMIENTO TERMICO CON LANA MINERAL A TUBERIAS, INCLUYE ENCHAQUETADO DE ALUMINIO DE 0.9 mm ESPESOR.	glb	1.00	S/ 3,208.04	S/ 3,208.04
03.03.02	PREFABRICADO E INSTALACION DE SOPORTES PARA TUBERIAS	glb	1.00	S/ 2,435.78	S/ 2,435.78
<b>03.04</b>	<b>AISLAMIENTO DEL TANQUE</b>				

03.04.01	INSTALACION DE AISLAMIENTO TERMICO DE LANA MINERAL, 4" ESPESOR, PLATINAS METALICAS DE SUJECIÓN Y ENCHAQUETADO DE ACERO INOXIDABLE DE 0.4 mm DE ESPESOR PARA EL CILINDRO Y 0.7 mm DE ESPESOR PARA EL TECHO	glb	1.00	S/ 42,371.32	S/ 42,371.32
<b>03.05</b>	<b>ARENADO Y PINTADO DE TANQUES</b>				
<b>03.05.01</b>	<b>TANQUE</b>				
03.05.01.01	ARENADO A METAL BLANCO SSPC-SPC 5 AL CILINDRO, TECHO Y ACCESORIOS DEL TANQUE	m2	605.00	S/ 17.50	S/ 10,587.50
03.05.01.02	ARENADO A METAL BLANCO SSPC-SP 5 A TUBERIAS DE PROCESO	m2	150.00	S/ 17.50	S/ 2,625.00
03.05.01.03	ARENADO METAL BLANCO SSPC-SP 5 A BARANDAS, ESCALERAS, PLATAFORMAS	m2	250.00	S/ 17.50	S/ 4,375.00
03.05.01.04	PINTADO DE UNA SOLA CAPA CON ZINC INORGNICO AL EXTERIOR TANQUE	m2	605.00	S/ 20.00	S/ 12,100.00
03.05.01.05	PINTADO A UNA SOLA CAPA DE BOQUILLAS, MANHOLES Y ACCESORIOS DEL TANQUE	m2	150.00	S/ 40.51	S/ 3,750.00
03.05.01.06	PINTADO DE TRES CAPAS DE PINTURA DE ESTRUCTURAS METALICAS DE TANQUE	m2	250.00	S/ 121.53	S/ 30,382.50
<b>03.06.00</b>	<b>COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA</b>				
03.06.01	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE TUBERÍAS Y EQUIPOS	glb	1.00	S/ 33,760.00	S/ 33,760.00
03.06.02	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL TANQUE	glb	1.00	S/ 20,256.00	S/ 20,256.00
	<b>COSTOS DIRECTOS DE INSTALACION MECANICA</b>				<b>S/2,069,357.01</b>

- Especialidad suministro – mecánica

LISTA DE MATERIALES - MECÁNICA/TUBERÍA					
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	PU	PRECIO PARCIAL
<b>04.00.00</b>	<b>SUMINISTRO DE MATERIALES PARA TANQUES Y TUBERIAS</b>				
<b>04.01.00</b>	<b>LISTADO DEL TANQUE 101 (D=13.3 metros, H=14.4 metros)</b>				
04.01.01	Plancha Casco, techo y fondo - ASTM A36 incluye Estructura (Soporte, Escalera espiral, descansos y otros)	kg	80356.00	S/ 5.10	S/ 409,815.60
04.01.02	Boquilla de diámetro de 1 pulg. (Cilindro)	und	1.00	S/ 49.50	S/ 49.50
04.01.03	Boquilla de diámetro de 1/2 pulg (instrumentación)	und	1.00	S/ 25.90	S/ 25.90
04.01.04	Boquilla de diámetro de 2 pulg (techo y cilindro)	und	1.00	S/ 120.45	S/ 120.45
04.01.05	Boquilla de diámetro de 6 pulg (Cilindro)	und	1.00	S/ 461.68	S/ 461.68
04.01.06	Boquilla de diámetro de 6 pulg (Venteo Techo)	und	1.00	S/ 500.00	S/ 500.00
04.01.07	Boquilla de diámetro de 10 pulg (cilindro)	und	1.00	S/ 1,807.94	S/ 1,807.94
04.01.08	Boquilla de diámetro de 10 pulg (techo)	und	1.00	S/ 1,807.94	S/ 1,807.94
04.01.09	Manhole 24 pulg (Techo)	und	1.00	S/ 3,031.00	S/ 3,031.00
04.01.10	Manhole 20 pulg (Techo)	und	1.00	S/ 2,600.00	S/ 2,600.00
04.01.11	Manhole 24 pulg (Cilindro)	und	1.00	S/ 1,515.50	S/ 1,515.50
04.01.12	Materiales para drenaje de sumidero	und	1.00	S/ 2,093.12	S/ 2,093.12
<b>04.02.00</b>	<b>AISLAMIENTO TERMICO TANQUE</b>				
04.02.01	Aislamiento Lana mineral de e= 4" (cilindro y techo)	glb	1.00	S/ 11,322.00	S/ 11,322.00

04.02.02	Materiales para soporte de colchoneta y plancha cobertura)	glb	1.00	S/ 4,928.96	S/ 4,928.96
04.02.03	Plancha de acero inoxidable de e=0.4 mm y 0.9 mm, (traslape horiz. y vertical)	glb	1.00	S/ 69,669.20	S/ 69,669.20
	<b>COSTOS DIRECTOS DE SUMINISTRO MATERIALES METALMECANICAS</b>				<b>S/ 509,748.79</b>

- Especialidad instalación – instrumentación

LISTA DE PARTIDAS - INSTRUMENTACIÓN					
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	PU	PRECIO PARCIAL
<b>07.00.00</b>	<b>TRABAJO DE INSTRUMENTACIÓN</b>				
<b>07.01.00</b>	<b>INSTALACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE TANQUE</b>				
07.01.01	INSTALACIÓN DE TRANSMISOR DE NIVEL LT-00503	und	1.00	S/ 7,560.00	S/ 7,560.00
07.01.02	INSTALACIÓN DE TRANSMISOR DE TEMPERATURA TE-00503	und	1.00	S/ 11,340.00	S/ 11,340.00
07.01.03	INSTALACIÓN DE INDICADOR MULTIVARIABLE UI-00503	und	1.00	S/ 2,520.00	S/ 2,520.00
07.01.04	INSTALACIÓN DE TRANSMISOR DE TEMPERATURA TIPO RTD, TT-00503	und	1.00	S/ 3,780.00	S/ 3,780.00
07.01.05	INSTALACIÓN DE SWITCH DE NIVEL ALTO ALTO LSHH-00503	und	1.00	S/ 2,520.00	S/ 2,520.00
07.01.06	INSTALACIÓN DE SWITCH DE NIVEL BAJO BAJO LSLL-00503	und	1.00	S/ 2,520.00	S/ 2,520.00
07.01.07	INSTALACIÓN DE 'VALVULA SOLENOIDE 1", DE CORTE DE VAPOR XV-00502	und	1.00	S/ 1,260.00	S/ 1,260.00
<b>07.02.00</b>	<b>INSTALACIÓN DE CONDUCTORES DE INSTRUMENTACIÓN</b>				

07.02.01	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE INSTRUMENTACIÓN Y/O COMUNICACIÓN DE TRANSMISOR DE NIVEL LT-00503	m	401.35	S/ 7.35	S/ 2,949.92
07.02.02	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE INSTRUMENTACIÓN Y/O COMUNICACIÓN DE TRANSMISOR DE NIVEL LT-00502	m	217.35	S/ 7.35	S/ 1,597.52
07.02.03	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE INSTRUMENTACIÓN Y/O COMUNICACIÓN DE TRANSMISOR DE NIVEL LT-00501	m	252.28	S/ 7.35	S/ 1,854.26
07.02.04	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE INSTRUMENTACIÓN DE SENSOR DE TEMPERATURA TE-00503	m	4.00	S/ 7.35	S/ 29.40
07.02.05	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE INSTRUMENTACIÓN DE SENSOR DE TEMPERATURA TE-00502	m	4.00	S/ 7.35	S/ 29.40
07.02.06	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE INSTRUMENTACIÓN DE SENSOR DE TEMPERATURA TE-00501	m	4.00	S/ 7.35	S/ 29.40
07.02.07	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE COMUNICACIÓN DE INDICADOR A PIE DE TANQUE UI-00503	m	25.00	S/ 7.35	S/ 183.75
07.02.08	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE COMUNICACIÓN DE INDICADOR A PIE DE TANQUE UI-00502	m	25.00	S/ 7.35	S/ 183.75
07.02.09	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE COMUNICACIÓN DE INDICADOR A PIE DE TANQUE UI-00501	m	25.00	S/ 7.35	S/ 183.75
07.02.10	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE INSTRUMENTACIÓN DE TRANSMISOR DE TEMPERATURA TT-00501	m	401.35	S/ 7.35	S/ 2,949.92

07.02.11	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE INSTRUMENTACIÓN DE TRANSMISOR DE TEMPERATURA TT-00502	m	217.35	S/ 7.35	S/ 1,597.52
07.02.12	INSTALACIÓN DE CABLE FPLP, 2x 14 AWG SHIELDED PARA SENSOR DE TEMPERATURA LINEAL	m	252.28	S/ 7.35	S/ 1,854.26
07.02.13	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE INSTRUMENTACIÓN DE SWITCH DE NIVEL BAJO-BAJO LSSL-00503	m	235.00	S/ 7.35	S/ 1,727.25
07.02.14	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE INSTRUMENTACIÓN DE SWITCH DE NIVEL ALTO-ALTO LSHH-00503	m	245.00	S/ 7.35	S/ 1,800.75
07.02.15	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE INSTRUMENTACIÓN DE SWITCH DE NIVEL BAJO-BAJO LSSL-00502	m	160.00	S/ 7.35	S/ 1,176.00
07.02.16	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE INSTRUMENTACIÓN DE SWITCH DE NIVEL ALTO-ALTO LSHH-00502	m	170.00	S/ 7.35	S/ 1,249.50
07.02.17	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE INSTRUMENTACIÓN DE SWITCH DE NIVEL BAJO-BAJO LSSL-00501	m	160.00	S/ 7.35	S/ 1,176.00
07.02.18	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE INSTRUMENTACIÓN DE SWITCH DE NIVEL ALTO-ALTO LSHH-00501	m	160.00	S/ 7.35	S/ 1,176.00
07.02.19	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE CONTROL DE VALVULA SOLENOIDE DE CORTE DE VAPOR XV-00501	m	235.00	S/ 7.35	S/ 1,727.25
07.02.20	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE CONTROL DE VALVULA SOLENOIDE DE CORTE DE VAPOR XV-00502	m	160.00	S/ 7.35	S/ 1,176.00
07.02.21	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE CONTROL DE VALVULA SOLENOIDE DE CORTE DE VAPOR XV-	m	475.00	S/ 7.35	S/ 3,491.25

	00503				
07.02.22	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE CONTROL DE VALVULA SOLENOIDE DE CORTE DE VAPOR XV-00504	m	475.00	S/ 7.35	S/ 3,491.25
07.02.23	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE CONTROL DE VALVULA SOLENOIDE DE CORTE DE VAPOR XV-00505	m	475.00	S/ 7.35	S/ 3,491.25
07.02.24	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE CONTROL DE VALVULA SOLENOIDE DE CORTE DE VAPOR XV-00506	m	475.00	S/ 7.35	S/ 3,491.25
07.02.25	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE CONTROL DE VALVULA SOLENOIDE DE CORTE DE VAPOR XV-00507	m	475.00	S/ 7.35	S/ 3,491.25
07.02.26	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE INSTRUMENTACIÓN DE TRANSMISOR DE TEMPERATURA TT-00503	m	475.00	S/ 7.35	S/ 3,491.25
07.02.27	INSTALACIÓN DE CONDUCTOR PARA SEÑAL DE INSTRUMENTACIÓN DE TRANSMISOR DE TEMPERATURA TT-00507	m	475.00	S/ 7.35	S/ 3,491.25
<b>07.03.00</b>	<b>INSTALACIÓN DE BANDEJAS Y TUBERÍAS</b>				
07.03.01	INSTALACIÓN DE BANDEJA METÁLICA DE ACERO GALVANIZADO CON TAPA, 150X50X3000 mm	und	112.00	S/ 512.24	S/ 57,370.88
07.03.02	INSTALACIÓN DE TUBERÍA CONDUIT RÍGIDA RMC 1"Ø X 3M, INC. ACCESORIOS	und	128.00	S/ 72.15	S/ 8,167.68
07.03.03	INSTALACIÓN DE COUPLE FLEXIBLE DE 1"Ø X 15" LONG. H-H.	und	22.00	S/ 17.56	S/ 386.32
07.03.04	INSTALACIÓN DE SELLO EYS HEMBRA 1"Ø, CL 1, DIV. 2	und	22.00	S/ 20.66	S/ 454.52

<b>07.04.00</b>	<b>INSTALACIÓN DE VALVULAS DE SUMINISTRO DE VAPOR A BOMBAS</b>				
07.04.01	INSTALACIÓN DE 'VALVULA SOLENOIDE 3", DE CORTE DE VAPOR XV-00503	und	1.00	S/ 1,260.00	S/ 1,260.00
07.04.02	INSTALACIÓN DE 'VALVULA SOLENOIDE 3", DE CORTE DE VAPOR XV-00504	und	1.00	S/ 1,260.00	S/ 1,260.00
07.04.03	INSTALACIÓN DE 'VALVULA SOLENOIDE 3", DE CORTE DE VAPOR XV-00505	und	1.00	S/ 1,260.00	S/ 1,260.00
07.04.04	INSTALACIÓN DE 'VALVULA SOLENOIDE 3", DE CORTE DE VAPOR XV-00506	und	1.00	S/ 1,260.00	S/ 1,260.00
07.04.05	INSTALACIÓN DE 'VALVULA SOLENOIDE 3", DE CORTE DE VAPOR XV-00507	und	1.00	S/ 1,260.00	S/ 1,260.00
<b>07.05.00</b>	<b>PRUEBA DE EQUIPOS E INSTALACIÓN</b>				
07.05.01	PRUEBA DE AISLAMIENTO DE CABLES DE INSTRUMENTACIÓN	glb	1.00	S/ 2,971.28	S/ 2,971.28
07.05.02	PRUEBA DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN	glb	1.00	S/ 5,865.00	S/ 5,865.00
	<b>COSTOS DIRECTOS DE SUMINISTRO DE MATERIALES DE INSTRUMENTACION</b>				<b>S/ 162,106.03</b>

- Especialidad suministro – instrumentación

<b>LISTA DE MATERIALES - INSTRUMENTACIÓN</b>					
<b>PARTIDA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>METRADO</b>	<b>PU</b>	<b>PRECIO PARCIAL</b>
<b>08.00.00</b>	<b>TRABAJOS DE INSTRUMENTACIÓN</b>				
<b>08.01.00</b>	<b>EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE TANQUE</b>				
08.01.01	TRANSMISOR DE NIVEL LT-00503	und	1.00	S/ 72,750.30	S/ 72,750.30
08.01.02	TRANSMISOR DE TEMPERATURA TE-00503	und	1.00	S/ 20,046.79	S/ 20,046.79



08.01.03	INDICADOR MULTIVARIABLE UI-00503	und	1.00	S/ 14,431.39	S/ 14,431.39
08.01.04	TRANSMISOR DE TEMPERATURA TIPO RTD TT-00503	und	1.00	S/ 9,698.33	S/ 9,698.33
08.01.05	SWITCH DE NIVEL ALTO ALTO LSHH-00503	und	1.00	S/ 6,871.04	S/ 6,871.04
08.01.06	SWITCH DE NIVEL BAJO BAJO LSSL-00503	und	1.00	S/ 6,871.04	S/ 6,871.04
08.01.07	VALVULA SOLENOIDE 1", DE CORTE DE VAPOR XV-00502 (SIL2, INC. SW DE APERTURA CIERRE Y HANDWELL)	und	1.00	S/ 15,354.15	S/ 15,354.15
<b>08.02.00</b>	<b>CONDUCTORES DE INSTRUMENTACIÓN</b>				
08.02.01	CONDUCTOR PAR TRENZADO + SHIELD, 22 AWG, ARMADO, ESTAÑADO, PARA SEÑALES DE COMUNICACIÓN SIMILAR A MODBUS RS-485 (TRANSMISOR DE NIVEL LT-00503)	m	401.35	S/ 11.20	S/ 4,495.12
08.02.02	CONDUCTOR 1 PAR TRENZADO + SHIELD, 22 AWG, ARMADO, ESTAÑADO, PARA SEÑALES DE COMUNICACIÓN SIMILAR A MODBUS RS-485 (TRANSMISOR DE NIVEL LT-00502)	m	217.35	S/ 11.20	S/ 2,434.32
08.02.03	CONDUCTOR 1 PAR TRENZADO + SHIELD, 22 AWG, ESTAÑADO, ARMADO, PARA SEÑALES DE COMUNICACIÓN SIMILAR A MODBUS RS-485 (TRANSMISOR DE NIVEL LT-00501)	m	252.28	S/ 11.20	S/ 2,825.54
08.02.04	CONDUCTOR 1 PAR TRENZADO + SHIELD, 16 AWG, ESTAÑADO, INTRÍNECAMENTE SEGURO, ARMADO (TRANSMISOR DE TEMPERATURA TE-00503)	m	4.00	S/ 10.15	S/ 40.60
08.02.05	CONDUCTOR 1 PAR TRENZADO + SHIELD, 16 AWG, ESTAÑADO, INTRÍNECAMENTE SEGURO, ARMADO (TRANSMISOR DE TEMPERATURA TE-00502)	m	4.00	S/ 10.15	S/ 40.60
08.02.06	CONDUCTOR 1 PAR TRENZADO + SHIELD, 16 AWG, ESTAÑADO,	m	4.00	S/ 10.15	S/ 40.60



	INTRINSECAMENTE SEGURO, ARMADO (TRANSMISOR DE TEMPERATURA TE-00501)				
08.02.07	CONDUCTOR PAR TRENZADO + SHIELD, 22 AWG, ARMADO, ESTAÑADO, PARA SEÑALES DE COMUNICACIÓN SIMILAR A MODBUS RS-485 (TRANSMISOR DE NIVEL UI-00503)	m	25.00	S/ 11.20	S/ 280.00
08.02.08	CONDUCTOR PAR TRENZADO + SHIELD, 22 AWG, ARMADO, ESTAÑADO, PARA SEÑALES DE COMUNICACIÓN SIMILAR A MODBUS RS-485 (TRANSMISOR DE NIVEL UI-00502)	m	25.00	S/ 11.20	S/ 280.00
08.02.09	CONDUCTOR PAR TRENZADO + SHIELD, 22 AWG, ARMADO, ESTAÑADO, PARA SEÑALES DE COMUNICACIÓN SIMILAR A MODBUS RS-485 (TRANSMISOR DE NIVEL UI-00501)	m	25.00	S/ 11.20	S/ 280.00
08.02.10	CONDUCTOR 1 PAR TRENZADO + SHIELD, 16 AWG, ESTAÑADO, INTRINSECAMENTE SEGURO, ARMADO (TRANSMISOR DE NIVEL TT-00501)	m	401.35	S/ 10.15	S/ 4,073.70
08.02.11	CONDUCTOR 1 PAR TRENZADO + SHIELD, 16 AWG, ESTAÑADO, INTRINSECAMENTE SEGURO, ARMADO (TRANSMISOR DE NIVEL TT-00502)	m	217.35	S/ 10.15	S/ 2,206.10
08.02.12	CABLE FPLP, 2x 14 AWG SHIELDED PARA SENSOR DE TEMPERATURA LINEAL	m	252.28	S/ 10.32	S/ 2,603.53
08.02.13	CONDUCTOR 1 PAR TRENZADO + SHIELD, 16 AWG, ESTAÑADO, INTRINSECAMENTE SEGURO, (SWITCH DE NIVEL BAJO-BAJO LSSL-00503)	m	235.00	S/ 10.15	S/ 2,385.25
08.02.14	CONDUCTOR 1 PAR TRENZADO + SHIELD, 16 AWG, ESTAÑADO, INTRINSECAMENTE SEGURO, (SWITCH DE NIVEL ALTO-ALTO LSHH-00503)	m	245.00	S/ 10.15	S/ 2,486.75

08.02.15	CONDUCTOR 1 PAR TRENZADO + SHIELD, 16 AWG, ESTAÑADO, INTRÍNSECAMENTE SEGURO, (SWITCH DE NIVEL BAJO-BAJO LSSL- 00502)	m	160.00	S/ 10.15	S/ 1,624.00
08.02.16	CONDUCTOR 1 PAR TRENZADO + SHIELD, 16 AWG, ESTAÑADO, INTRÍNSECAMENTE SEGURO, (SWITCH DE NIVEL ALTO-ALTO LSHH- 00502)	m	170.00	S/ 10.15	S/ 1,725.50
08.02.17	CONDUCTOR 1 PAR TRENZADO + SHIELD, 16 AWG, ESTAÑADO, INTRÍNSECAMENTE SEGURO, (SWITCH DE NIVEL BAJO-BAJO LSSL- 00501)	m	160.00	S/ 10.15	S/ 1,624.00
08.02.18	CONDUCTOR 1 PAR TRENZADO + SHIELD, 16 AWG, ESTAÑADO, INTRÍNSECAMENTE SEGURO, (SWITCH DE NIVEL ALTO-ALTO LSHH- 00501)	m	160.00	S/ 10.15	S/ 1,624.00
08.02.19	CONDUCTOR 2L+T, UNSHIELD, 14 AWG, ESTAÑADO, INTRÍNSECAMENTE SEGURO, 600 VRMS, 105 °C (VALVULA SOLENOIDE DE CORTE DE VAPOR XV- 00501)	m	235.00	S/ 11.97	S/ 2,812.95
08.02.20	CONDUCTOR 2L+T, UNSHIELD, 14 AWG, ESTAÑADO, INTRÍNSECAMENTE SEGURO, 600 VRMS, 105 °C (VALVULA SOLENOIDE DE CORTE DE VAPOR XV- 00502)	m	160.00	S/ 11.97	S/ 1,915.20
08.02.21	CONDUCTOR 2L+T, UNSHIELD, 14 AWG, ESTAÑADO, INTRÍNSECAMENTE SEGURO, 600 VRMS, 105 °C (VALVULA SOLENOIDE DE CORTE DE VAPOR XV- 00503)	m	475.00	S/ 11.97	S/ 5,685.75
08.02.22	CONDUCTOR 2L+T, UNSHIELD, 14 AWG, ESTAÑADO, INTRÍNSECAMENTE SEGURO, 600 VRMS, 105 °C (VALVULA SOLENOIDE DE CORTE DE VAPOR XV- 00504)	m	475.00	S/ 11.97	S/ 5,685.75
08.02.23	CONDUCTOR 2L+T, UNSHIELD, 14 AWG, ESTAÑADO, INTRÍNSECAMENTE	m	475.00	S/ 11.97	S/ 5,685.75

	SEGURO, 600 VRMS, 105 °C (VALVULA SOLENOIDE DE CORTE DE VAPOR XV-00505)				
08.02.24	CONDUCTOR 2L+T, UNSHIELD, 14 AWG, ESTAÑADO, INTRÍNECAMENTE SEGURO, 600 VRMS, 105 °C (VALVULA SOLENOIDE DE CORTE DE VAPOR XV-00506)	m	475.00	S/ 11.97	S/ 5,685.75
08.02.25	CONDUCTOR 2L+T, UNSHIELD, 14 AWG, ESTAÑADO, INTRÍNECAMENTE SEGURO, 600 VRMS, 105 °C (VALVULA SOLENOIDE DE CORTE DE VAPOR XV-00507)	m	475.00	S/ 11.97	S/ 5,685.75
08.02.26	CONDUCTOR 1 PAR TRENZADO + SHIELD, 16 AWG, ESTAÑADO, INTRÍNECAMENTE SEGURO, ARMADO (TRANSMISOR DE NIVEL TT-00503)	m	475.00	S/ 10.15	S/ 4,821.25
08.02.27	CONDUCTOR 1 PAR TRENZADO + SHIELD, 16 AWG, ESTAÑADO, INTRÍNECAMENTE SEGURO, ARMADO (TRANSMISOR DE NIVEL TT-00507)	m	475.00	S/ 10.15	S/ 4,821.25
<b>08.03.00</b>	<b>BANDEJAS Y TUBERÍAS</b>				
08.03.01	BANDEJA METÁLICA DE ACERO GALVANIZADO CON TAPA, 150X50X3000 mm	und	112.00	S/ 121.15	S/ 13,568.80
08.03.02	TUBERÍA CONDUIT RÍGIDA RMC 1"Ø X 3M, INC. ACCESORIOS	und	128.00	S/ 72.15	S/ 9,235.20
08.03.03	COUPLE FLEXIBLE DE 1"Ø X 15" LONG. H-H.	und	22.00	S/ 385.20	S/ 8,474.40
08.03.04	SELLO EYS HEMBRA 1"Ø, CL 1, DIV. 2	und	22.00	S/ 60.23	S/ 1,325.06
<b>08.04.00</b>	<b>BOMBAS DE VAPOR</b>				
08.04.01	VALVULA SOLENOIDE 3", DE CORTE DE VAPOR XV-00503 (SIL2, INC. SW DE APERTURA CIERRE Y HANDWELL)	und	1.00	S/ 23,031.23	S/ 23,031.23
08.04.02	VALVULA SOLENOIDE 3", DE CORTE DE VAPOR XV-00504 (SIL2, INC. SW DE APERTURA CIERRE Y HANDWELL)	und	1.00	S/ 23,031.23	S/ 23,031.23

08.04.03	VALVULA SOLENOIDE 3", DE CORTE DE VAPOR XV- 00505 (SIL2, INC. SW DE APERTURA CIERRE Y HANDWELL)	und	1.00	S/ 23,031.23	S/ 23,031.23
08.04.04	VALVULA SOLENOIDE 3", DE CORTE DE VAPOR XV- 00506 (SIL2, INC. SW DE APERTURA CIERRE Y HANDWELL)	und	1.00	S/ 23,031.23	S/ 23,031.23
08.04.05	VALVULA SOLENOIDE 3", DE CORTE DE VAPOR XV- 00507 (SIL2, INC. SW DE APERTURA CIERRE Y HANDWELL)	und	1.00	S/ 23,031.23	S/ 23,031.23
	<b>COSTOS DIRECTOS DE SUMINISTRO DE MATERIALES DE INSTRUMENTACION</b>				<b>S/ 687,145.61</b>

## Anexo 02: Hoja de datos del tanque

	<b>DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BASE ASFÁLTICA DE 10 MB DE CAPACIDAD PARA LA PLANTA DE ASFALTO, DE REFINERÍA DE TALARA</b>		CÓDIGO	PRY-EJ-F-06
	INGENIERÍA & PROYECTOS		REVISIÓN	B
	HOJA DE DATOS DEL TANQUE		FECHA APROB.	7/06/2021

DATOS GENERALES			
<b>Nombre del Proyecto:</b>	2021	<b>Cliente:</b>	PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ
<b>Código de Información:</b>	HD-UNAC-2021-TKF-001	<b>Descripción:</b>	T-101
<b>Elaborado por:</b>	Jefferson Albuquerque	<b>Fecha:</b>	7/06/2021

\* For boxes marked with \*, if blank, Mfr. Shall determine and submit as per Appendix L. For all lines, see Appendix L for line-by-line instructions.

**GENERAL** Special Documentation Package Requirements:

Measurement Units to be used in API Std 650: SI  US Customary

1 Manufacturer\* \_\_\_\_\_ Contract No.\* \_\_\_\_\_  
 Address\* \_\_\_\_\_  
 Mfg. Serial No.\* \_\_\_\_\_ Year Built\* 2020 Edition & Addendum to API 650\* 12TH EDICIÓN

2 Purchaser PETRÓLEOS DEL PERU - PETROPERÚ Contract No. \_\_\_\_\_  
 Address PIURA - TALARA  
 Tank Designation T-101

3 Owner/Operator (NOTA 1) Location REFINERÍA TALARA

4 Size Limitations\* ACORDE CON EL DOCUMENTO PD-UNAC-2021-DWG-ME-001 Tank Diameter\* 13.30m Shell Height\* 14.40 m  
 Capacity: Maximum\* 1888.29 m<sup>3</sup> Net Working\* 1368.87 m<sup>3</sup> Criteria\* STD API 650 5.2.5

5 Products Stored:  
 Liquid ASFALTO (NOTA 2) Max. S.G.: 1.01 at 15.6 °C  
 Blanketing Gas N/A Vapor Pressure (NOTA 3) PSIA at Max. Operating Temp.  
 % Aromatic NOTA 3 Suppl. Spec. N/A H<sub>2</sub>S Service? Yes  No  Suppl. Spec. (NOTA 5)  
 Other Special Service Conditions? Yes  No  Suppl. Spec. (NOTA 4)

**DESIGN AND TESTING** Purchaser to Review Design Prior to Ordering Material? Yes  No

6 Applicable API Standard 650 Appendices:\* A  B  C  E  F  H  I  J  L  M  O  P  S  U  V  W

7 Max. Design Temp. 204 °C Design Metal Temp.\* -9.44 °C Design Liquid Level\* 13.60 m  
 Design Pressure 0 Kpa External Pressure 0.25 kpa Maximum Fill Rate \_\_\_\_\_ Maximum Emptying Rate \_\_\_\_\_  
 Floation Considerations? Yes  No  Flot. Suppl. Spec.\* N/A Applied Supplemental Load Spec. CARGA DEVIVA

8 Seismic Design? Yes  No  Appendix E  Alternate Seismic Criteria ASCE 7-10 Seismic Use Group I  
 MBE Site Class C Vertical Seismic Design? Yes  No  Vertical Ground Motion Accelerator A<sub>v</sub>: 0.4783 (%g)  
 Basis of Lateral Acceleration (Select one):  Mapped Seismic Parameters? S<sub>s</sub> 1.025 S<sub>1</sub> 0.51 S<sub>0</sub> N/A ;  Site-Specific Procedures: MCE  
 Design Required? Yes  No  ;  Other (Non-ASCE) Methods NTE E 030 NORMA TÉCNICA - DISEÑO SISMO RESISTENTE  
 Freeboard Required for SUG I Design Roof Tie Rods @ Outer Ring?\* Yes  No

9 Wind Velocity for non-U.S. sites, 50-yr. wind speed (3-sec. Gust)\* 80 km/h  
 Top Wind Girder Style\* D Dimensions\* L 2" x 2" x 1/4" Use Top Wind Girder as Walk way? Yes  No   
 Intermediate Wind Girders?\* Yes  No  Intermediate Wind Girder Style\* N/A Dimensions\* N/A  
 Check Buckling in Corroded Cond.? Yes  No



10 Shell Design: 1-Ft Mhd?\* Yes  No  ; Variable-Des-Pt Mhd?\* Yes  No  Alternate  ; Elastic Anal. Mhd?\* Yes  No  Alternate

Plate Stacking Criteria\* Centerline-Stacked? Yes  No  Flush-Stacked? Yes  No  Inside  Outside

Plate Widths (Shell course heights) and Thicknesses \* Numbers below Indicate Course Number.  
 1. 1800 x 6000 x 10 mm 2. 1800 x 6000 x 9 mm 3. 1800 x 6000 x 7 mm 4. 1800 x 6000 x 6 mm 5. 1800 x 6000 x 5 mm  
 6. 1800 x 6000 x 5 mm 7. 1800 x 6000 x 5 mm 8. 1800 x 6000 x 5 mm 9. \_\_\_\_\_ 10. \_\_\_\_\_  
 11. \_\_\_\_\_ 12. \_\_\_\_\_ 13. \_\_\_\_\_ 14. \_\_\_\_\_ 15. \_\_\_\_\_

Joint Efficiency\* 1 % Shell-to-Bottom Weld Type\* BUTT-WELDED JOIN TYPE Shell-to-Bottom Weld Insp. Mhd\* PARTÍCULA MAGNÉTICA

Approvals:	Revisions:	Title:
		By: Jefferson CK/d: Date: 7/06/2021
		Drawing No.: Sheet 1 of 8

	<b>DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BASE ASFÁLTICA DE 10 MB DE CAPACIDAD PARA LA PLANTA DE ASFALTO, DE REFINERÍA DE</b>		CÓDIGO	PRY-EJ-F-06
	<b>INGENIERÍA &amp; PROYECTOS</b>		REVISIÓN	8
	<b>HOJA DE DATOS DEL TANQUE</b>		FECHA APROB.	7/06/2021

DATOS GENERALES			
<b>Nombre del Proyecto:</b>	2021	<b>Cliente:</b>	PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ
<b>Código de Información:</b>	HD-UNAC-2021-TKF-001	<b>Descripción:</b>	T-101
<b>Elaborado por:</b>	Jefferson Alburquerque	<b>Fecha:</b>	7/06/2021

\* If box is blank, Manufacturer shall determine and submit as per Appendix L.

11. Open-Top and Fixed Roofs: (See Sheet 6 for Floating Roofs) Open Top? Yes  No

Fixed Roof Type\* **STRUCTURALLY SUPPORTED CONICAL ROOF** Roof Support Columns\*: Pipe  Or Structural Shape

Cone Slope\* **3.57°** Dome or Umbrella Radius\* **NA** Weld Joints\* **Lap Weld**  
(Lap, Butt, Other)

Seal Weld Underside of: Lap Joints? Yes  No ; Seal Weld Underside of Wind Girder Joints? Yes  No

Gas-tight? Yes  No  Joint Efficiency\* **100** %

Thickness\* **6.5 mm** In. Snow Load\* **0.0 kpa** App. Suppl. Load Spec.\* \_\_\_\_\_ Column Lateral Load \_\_\_\_\_

Normal Venting Devices\* **1** Emergency Venting Devices\* **1**

For Non-Frangible Roofs: Seal Weld Roof Plates to Top Angle on the Inside? Yes  No ; Weld Rafter to Roof Plates? Yes  No

Roof-to-Shell Detail\* **D** Radial Projection of Horizontal Component of Top Angle\* Inward  Outward

---

12. Bottom: Thickness\* **9 mm** Style\* **Flat Bottom** Slope\* **0.125** Weld Joint Type\* **Butt Weld**

Provide Drip Ring? Yes  No  Alternate Spec. \_\_\_\_\_

Annular Ring? Yes  No  Annular Ring: Minimum Radial Width\* \_\_\_\_\_ Thickness\* \_\_\_\_\_

13. Foundation: Furnished by\* \_\_\_\_\_ Type\* **Muro de anillo de hormigón**

Soil Allow: Bearing Pressure\* \_\_\_\_\_ Per Spec.\* \_\_\_\_\_ Anchors: Size\* **M48** Qty.\* **16**

Foundation Design Loads: Base Shear Force: Wind\* **28558 N** Seismic\* **3996.69 KN** Overturning Moment: Wind\* **449576.5942 N-m.** Seismic\* **30769879.2792 N-m.**

Ring Forces: Weight of Shell + Roof New\* **(NOTA 6)** Corroded\* **(NOTA 7)** Roof Live Load\* **1.25 KPA** Internal Pressure\* \_\_\_\_\_

Partial Vacuum\* **NA** Wind\* \_\_\_\_\_ Seismic\* \_\_\_\_\_

Bottom Forces: Floor Wt. New\* \_\_\_\_\_ Corroded\* \_\_\_\_\_ Product Wt.\* \_\_\_\_\_ Water Wt.\* \_\_\_\_\_ Internal Pressure\* \_\_\_\_\_

Partial Vacuum\* \_\_\_\_\_ Other Foundation Loads\* **(NOTA 8)** Min. Projection of Fdn. Above Grade: \_\_\_\_\_

14. Responsibility for Heating Water, if Required: Purchaser  Manufacturer

Hydro-Test Fill Height\* **(NOTA 9)** Settlement Measurements Required? Yes  No  Extended Duration of Hydro-Test: **24 Horas**

Predicted Settlement Profile is Attached

Responsibility for Setting Water Quality: Purchaser  Manufacturer  Supplemental Test Water Quality Spec. \_\_\_\_\_

Test Water Source & Disposal Tie-In Locations \_\_\_\_\_ **(NOTA 10)** Hydro-Test Appendix J Tank? Yes  No

Post-Pressure-Test Activities Required of the Manufacturer: Broom Clean  Potable Water Rinse  Dry Interior

Other

15. Inspection by \_\_\_\_\_ in Shop; \_\_\_\_\_ in Field

Supplemental NDE Responsibility \_\_\_\_\_ Supplemental NDE Spec. **API 650 12th (Section 8) & GS 2500 (5.4)**  
(Purch., Mfg., Other)

Positive Material Identification? Yes  No  PMI Requirements: **A DEFINIR POR EL COMPRADOR**

Max. Plate Thickness for Shearing **10 mm (3/8")**

Must Welds not exceeding 6 mm (1/4 in.) Be Multi-Pass? Yes  No  Must Welds greater than 6 mm (1/4 in.) Be Multi-Pass? Yes  No

Leak Test Mthd: Roof\* **PRUEBA HIDROSTÁTICA** Shell\* \_\_\_\_\_ Shell Noz./Manhole Reinf. Plt\* **(NOTA 11)**

Bottom\* **VACUUM BOX** Floating Roof Components\* \_\_\_\_\_

Modify or Waive API Dimensional Tolerances (see 7.5)? No  Yes  Specify: \_\_\_\_\_



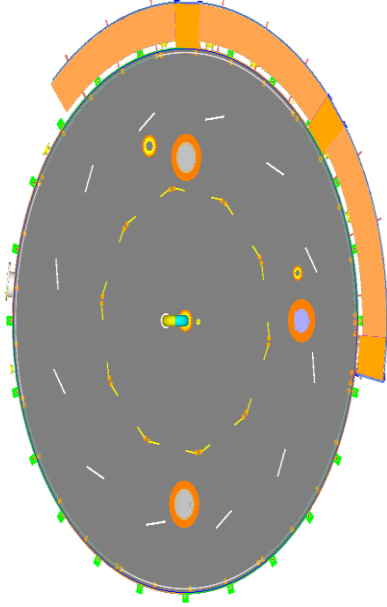
Specify Additional Tolerances, if any, and Circumferential and Vertical Measurement Locations:

- Allowable Plumbness: \_\_\_\_\_ Measure and Record at a Minimum of \_\_\_\_\_ Locations or Every \_\_\_\_\_ m (ft) around the Tank, at the Following Shell Heights: (select one box):  1/3 H, 2/3 H and H  Top of Each Shell Course  Other: \_\_\_\_\_



- Allowable Roundness:\*\* \_\_\_\_\_ Measure Radius and Record at a Minimum of \_\_\_\_\_ Locations or Every \_\_\_\_\_ m (ft) around the Tank, at the Following Shell Heights (select one box):  Top of Tank, H  1/3 H, 2/3 H and H  Top of Each Shell Course  Other: \_\_\_\_\_



\*\*See Data Sheet Instructions for the Maximum Allowable Additional Radial Tolerance.



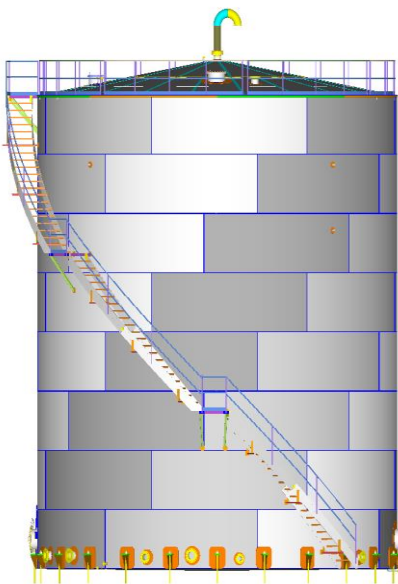












Approvals:	Revisions:	Title:
		By: Jefferson Ck'd: _____ Date: _____
		Drawing No.: _____ Sheet 2 of 8

	<b>DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BASE ASFÁLTICA DE 10 MB DE CAPACIDAD PARA LA PLANTA DE ASFALTO, DE REFINERÍA DE</b>			<b>CÓDIGO</b> PRY-EJ-F-06
	<b>INGENIERÍA &amp; PROYECTOS</b>			<b>REVISIÓN</b> 8
	<b>HOJA DE DATOS DEL TANQUE</b>			<b>FECHA APROB.</b> 7/06/2021
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Nombre del Proyecto:</b> 2021		<b>Cliente:</b> PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ		
<b>Código de Información:</b> HD-UNAC-2021-TKF-001		<b>Descripción:</b> T-101		
<b>Elaborado por:</b> Jefferson Alburqueque		<b>Fecha:</b> 7/06/2021		
<p>16. Coatings:</p> <p>Internal Coatings by: _____ Per Spec.* PER SPEC (Not Req'd., Others, Tank Mfg.)</p> <p>External Coating by: _____ Per Spec.* PER SPEC (Not Req'd., Others, Tank Mfg.)</p> <p>Under-Bottom Coating by: _____ Per Spec.* PER SPEC (Not Req'd., Others, Tank Mfg.)</p> <p>17. Cathodic Protection System? Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Per Spec.* <b>POR API 651</b></p> <p>18. Leak Detection System? Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Per Spec.* <b>POR ANEXO "I" DEL STD API 650</b></p> <p>19. Release Prevention Barrier? Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Per Spec.* _____</p> <p>20. Tank Measurement System Required? Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Remote Capability Required? Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/></p> <p>By:* <b>FABRICANTE</b> Per Spec.* _____</p> <p>21. Weight of Tank Full of Water* <b>19134645,8 N</b> Empty* <b>632861.7 N</b> Shipping* _____ Brace/Lift Spec.* _____</p> <p>22. References:* API Std 650, Appendix L</p> <p>23. Remarks:*</p>				
 <p>Top View</p>				
Approvals:		Revisions:		Title:
				By: Jefferson Ck'd: Date:
				Drawing No.: Sheet 3 of 8



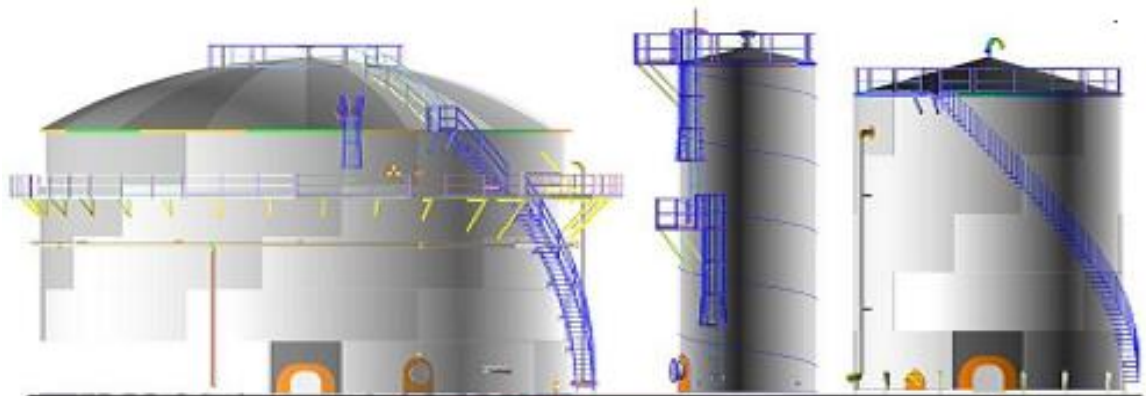
	<b>DISÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BASE ASFÁLTICA DE 10 MB DE CAPACIDAD PARA LA PLANTA DE ASFALTO, DE REFINERÍA DE</b>			CÓDIGO	PRY-EJ-F-06						
	<b>INGENIERÍA &amp; PROYECTOS</b>			REVISIÓN	B						
	<b>HOJA DE DATOS DEL TANQUE</b>			FECHA APROB.	7/06/2021						
<b>DATOS GENERALES</b>											
<b>Nombre del Proyecto:</b>		2021	<b>Cliente:</b>		PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ						
<b>Código de Información:</b>		HD-UNAC-2021-TKF-001	<b>Descripción:</b>		T-1001						
<b>Elaborado por:</b>		Jefferson Alburqueque	<b>Fecha:</b>		7/06/2021						
<small>* If box is blank, Manufacturer shall determine and submit as per Appendix L.</small>											
<b>Table 1 MATERIALS OF CONSTRUCTION</b>											
<b>Component</b>	<b>Material*/Thickness*</b>	<b>C.A.</b>	<b>Component</b>	<b>Material*</b>	<b>C.A.</b>						
Shell, Course 1 to 8	ASTM A36/10mm	3mm	Reinforcing Pads	ASTM A36	3mm						
Shell, Course 2 to 8	ASTM A36/9mm	3mm	Manhole/Nozzle Necks	ASTM A36/ASTM A36	3mm						
Shell, Course 3 to 8	ASTM A36/7mm	1.5mm	Manhole/Nozzle Flanges	ASTM A36/ASTM A36	0						
Shell, Course 4 to 8	ASTM A36/6mm	1.5mm	Flange Covers	N.A	0						
Shell, Course 5 to 8	ASTM A36/5mm	1.5mm	Anchor Attachments	ASTM A36							
Shell, Course 6 to 8	ASTM A36/5mm	1.5mm									
Shell, Course 7 to 8	ASTM A36/5mm	1.5mm									
Shell, Course 8 to 8	ASTM A36/5mm	1.5mm									
Roof	ASTM A36/6.5mm	1.5mm	Submerged Piping								
Bottom	ASTM A36/9mm	3mm	Wetted Structural		+						
Annular Ring			Non-wetted Structural	A240-304L	0 +						
<small>+Check here if C.A. is to apply to each exposed surface <input type="checkbox"/></small>											
<b>Table 2 BOLTS and ANCHORS</b>											
<b>Component</b>	<b>Head Type*</b>	<b>Bolt or Anchor Material*</b>	<b>Nut Material*</b>	<b>Thread Series*</b>	<b>C.A.</b>						
Flange Bolting					++						
Structural Bolting					++						
Anchor Bolts	HEAVY HEX	ASTM A 193 B7	ASTM A 194 Gr 2H	8 UNC	++						
<small>++Total C.A., on the nominal diameter.</small>											
<b>Table 3 NOZZLE and MANHOLE SCHEDULE* (for Fixed Roof, Shell, and Bottom)</b>											
Mark	Service	Size, NPS, or Dia. (in.)	Neck Sch or Wall Thick.	Reinf. Plate Dimensions	Full Pen. On Open. (Y/N)	Flange Type	Flange Class or Thick.	Gasket Bearing Surf. Dimen. and Finish	Gasket Thick. and Dimen.	Gasket Mat'l and Descript.	Proj. to FF or CL or from Datum Lines
RN01	Emergencia	10	SCH 40	558.8x7.19 mm	N	ASME B 16.5	150#	to be defined		NO ASBESTO	228.6mm RF
RN02	Temperatura	2	SCH 40	N.A	N	ASME B 16.5	150#	to be defined		NO ASBESTO	152.4mm RF
RN03	Nivel	6	SCH 40	381x6 mm	N	ASME B 16.5	150#	to be defined		NO ASBESTO	152.4mm RF
RM 01	Manhole	24	N.A	1169x6 mm	N	N.A	N.A	to be defined		NO ASBESTO	279mm
RM 02	Manhole	24	N.A	1169x6 mm	N	N.A	N.A	to be defined		NO ASBESTO	279mm
RCH01	CH	20	N.A	1067x6 mm	N	N.A	N.A	to be defined		NO ASBESTO	281mm
RV01	GRV	10	SCH 40	556x6 mm	N	ASME B 16.5	150#	to be defined		NO ASBESTO	500mm RF
BD01	BD	6	SCH 40	305x6 mm	N	ASME B 16.5	300#	to be defined		NO ASBESTO	200mm RF
SM 01	MH	24	N.A	1257x8 mm	N	N.A	N.A	to be defined		NO ASBESTO	270mm RF
SM 01	MH	24	N.A	1257x8 mm	N	N.A	N.A	to be defined		NO ASBESTO	270mm RF
SN01	Steam	1	SCH 40	101x8 mm	N	ASME B 16.5	300#	to be defined		NO ASBESTO	150mm RF
SN11	Condensado	1/2	SCH 40	43x8 mm	N	ASME B 16.5	300#	to be defined		NO ASBESTO	254mm RF
SN03	Salida	8	SCH 40	485x8 mm	N	ASME B 16.5	150#	to be defined		NO ASBESTO	225mm RF
SN05	EntradaUDV	10	SCH 40	585x8 mm	N	ASME B 16.5	150#	to be defined		NO ASBESTO	225mm RF
SN12	Despacho BA	8	SCH 40	485x8 mm	N	ASME B 16.5	150#	to be defined		NO ASBESTO	200mm RF
SN13	Recirculación	6	SCH 40	400x8 mm	N	ASME B 16.5	300#	to be defined		NO ASBESTO	200mm RF
SN10	LSHH	2	SCH 40	203x6 mm	N	ASME B 16.5	150#	to be defined		NO ASBESTO	150mm RF
SN08	LSLL	2	SCH 40	203x6 mm	N	ASME B 16.5	150#	to be defined		NO ASBESTO	150mm RF
SN09	TT	2	SCH 40	203x6 mm	N	ASME B 16.5	150#	to be defined		NO ASBESTO	150mm RF
SN06	Proceso 1	10	SCH 40	585x8 mm	N	ASME B 16.5	150#	to be defined		NO ASBESTO	225mm RF
SN07	Proceso 2	10	SCH 40	585x8 mm	N	ASME B 16.5	150#	to be defined		NO ASBESTO	225mm RF
Approvals:				Revisions:		Title: By: Jefferson Ckd: Date: 13/02/2020 Drawing No.: Sheet 4 of 8					

	<b>DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BASE ASFÁLTICA DE 10 MB DE CAPACIDAD PARA LA PLANTA DE ASFALTO, DE REFINERÍA DE</b> <b>INGENIERÍA &amp; PROYECTOS</b> <b>HOJA DE DATOS DEL TANQUE</b>		CÓDIGO	PRY-EJ-F-06			
			REVISIÓN	B			
			FECHA APROB.	7/06/2021			
<b>DATOS GENERALES</b>							
Nombre del Proyecto:	2021	Cliente:	PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ				
Código de Información:	HD-UNAC-2021-TKF-001	Descripción:	T-101				
Elaborado por:	Jefferson Alburqueque	Fecha:	7/06/2021				
* If box is blank, Manufacturer shall determine and submit as per Appendix L.							
<b>OTHER TANK APPURTENANCES</b>							
<b>24. Platform, Stairway, and Railing: Galvanizing Req'd?*</b> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Stairway Style* <b>Radial Double Stringer</b> Walk Surf. Type* <b>Diamond-checked</b> (Straight or Helical) Stair and Walkway Clear Width* <u>915 mm</u> National Safety Standards* <u>OSHA 1910</u> Architectural/Structural Specification* <u>API 650 12th Tabla 5.17 y Tabla 5.18</u> Gauger's Platform Req'd? Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Qty. Req'd* _____ Per Spec.* _____							
<b>25. Jacket Required?*</b> Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Other Heaters/Coolers Required? Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Supplemental Jacket, Heater, or Cooler Specifications* _____							
<b>26. Mixer/Agitator:</b> Quantity _____ Size* _____ Per Spec.* _____							
<b>27. Insulation: Required?</b> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Thickness* <u>110 mm</u> Material* <u>Lana Mineral</u> Per Specs* _____ Responsibility for Insulation and Installation <u>Por Fabricante</u> (Purchaser, Manufacturer, Others)							
<b>28. Structural Attachments: Lift Lugs?*</b> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Desc.* _____ Shell Anchorage? Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Type* <u>Sillita de Anclaje</u> Scaffold Cable Support? Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>							
<b>29. Various Other Items: Welded Flush-Type:</b> Shell Connection <input type="checkbox"/> Cleanout Fitting <input type="checkbox"/> Waive Application of Appendix P? Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Miscellany #1 _____ Miscellany #2 _____ Miscellany #3 _____ Miscellany #4 _____ Miscellany #5 _____ Miscellany #6 _____							
<b>Table 4 OTHER TANK APPURTENANCES*</b>							
<b>Mark</b>	<b>Quantity</b>	<b>Service or Description</b>	<b>Size</b>	<b>Orientation</b>	<b>Height from Datum</b>	<b>Material</b>	<b>Remarks</b>
Escalera de acceso	1			45°		ASTM A-36	
Jaula de seguridad	1			45°		ASTM A-36	
Baranda perimetral	1			45°		ASTM A-36	
Approvals:		Revisions:		Title:			
				By: Jefferson CKd: _____ Date: _____			
				Drawing No.: _____			Sheet <u>5</u> of <u>8</u>

	<b>DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BASE ASFÁLTICA DE 10 MB DE CAPACIDAD PARA LA PLANTA DE ASFALTO, DE REFINERÍA DE</b>			CÓDIGO	PRY-EJ-F-06								
	<b>INGENIERÍA &amp; PROYECTOS</b>			REVISIÓN	B								
	<b>HOJA DE DATOS DEL TANQUE</b>			FECHA APROB.	7/06/2021								
<b>DATOS GENERALES</b>													
Nombre del Proyecto:	2021	Cliente:	PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ										
Código de Información:	HD-UNAC-2021-TKF-001	Descripción:	T-101										
Elaborado por:	Jefferson Alburqueque	Fecha:	7/06/2021										
<small>* If box is blank, Manufacturer shall determine and submit as per Appendix L.</small>													
<p>Tank Plan and Sketches:</p> 													
<p><b>Notas:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>A definir por el Comprador en el sitio de la Refinería.</li> <li>El tanque de almacenamiento T-101 estará diseñado para almacenar tres bases asfálticas disponibles 85/100, 60/70 y 40/50.</li> <li>Para las tres bases asfálticas se detalla su respectiva gravedad específica a @ 15.6 °C (2016): Estos datos fueron extraídos del "Informe Anual de Calidad Promedio de Crudos y Productos 2016 de Petroperu". Para bases asfálticas se muestran sus respectivas Presiones de Punto de Burbuja, % Aromático por Volumen y % Aromático por Peso: (85/100-0.05729, 46.79%, 42.91%), (60/70-0.05455, 47.5%, 43.41%), (40/50-0.0574, 48.36%, 44.01%).</li> <li>Según el documento: "Informe Anual de Calidad Promedio de Crudos y Productos 2016 de Petroperu".</li> <li>Las bases asfálticas calentadas podrían liberar H<sub>2</sub>S (gas). La cantidad de toxina de H<sub>2</sub>S se acumularía dentro del tanque que contiene asfalto líquido caliente. Consulte API RP 2023-2001 (2006) Std. Sección 4.3.1 para recomendaciones a manejar y seguridad en las operaciones.</li> <li>Weight of Shell + (Roof New + Plates Overlap Weight) = 299791 N + (69884 N + 1424.3902 N) = 371099.3902 N (Without Insolation = 102375.76 N)</li> <li>Weight of Shell + Roof = 213355 N + 53757 N = 267112 N (Without Insolation = 102375.76 N)</li> <li>Rafters + Column + Uplift Anchor Forces = 21515.1462 N + 8661.6113 N + 6686177.7921 N (Per anchor bolt # 16) = 6716354.55 N</li> <li>According with the section 7.3.6 Testing of the Shell</li> <li>A definir por el Comprador considerando los recursos disponibles en la refinería.</li> <li>Para soldaduras de placas de refuerzo (pernos de anclaje y refuerzos de boquillas) se deben probar por riesgo de fuga de acuerdo con la sección 7.3.5 según API 650 12th).</li> <li> <table border="0"> <tr> <td></td> <td>Boquillas para instrumentación.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Boquillas en el techo.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Boquillas en el fondo.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Boquillas en el cilindro.</td> </tr> </table> </li> </ol>							Boquillas para instrumentación.		Boquillas en el techo.		Boquillas en el fondo.		Boquillas en el cilindro.
	Boquillas para instrumentación.												
	Boquillas en el techo.												
	Boquillas en el fondo.												
	Boquillas en el cilindro.												
Approvals:		Revisions:		Title:									
				By: _____ Ck'd: _____ Date: _____									
				Drawing No.: _____ Sheet 8 of 8									

# AMETANK REPORT

---



# AMETank

**Field Erected and Shop Built Storage Tanks  
Engineering Application Software**

---

## **TABLE OF CONTENTS**

SUMMARY OF DESIGN DATA AND REMARKS

ROOF DESIGN

ROOF SUMMARY OF RESULTS

SHELL COURSE DESIGN

SHELL SUMMARY OF RESULTS

BOTTOM DESIGN

BOTTOM SUMMARY OF RESULTS

WIND MOMENT

SEISMIC SITE GROUND MOTION

SEISMIC CALCULATIONS

ANCHOR BOLT DESIGN

ANCHOR BOLT SUMMARY OF RESULTS

CAPACITIES AND WEIGHTS

MAWP & MAWV SUMMARY

**No Warnings!!**

**SUMMARY OF DESIGN DATA AND REMARKS** [Back](#)

Job : 2018-9-25-10-53  
Date of Calcs. : 18-Dic-2018  
Mfg. or Insp. Date :  
Designer : Pedro Jose Garate Pirela  
Project :  
Tag Number :  
Plant : PURCHASER DESCRIPTION CITY AND STATE  
Plant Location :  
Site :  
Design Basis : API-650 12th Edition, March 2013

**TANK NAMEPLATE INFORMATION**

Pressure Combination Factor	0.4
Design Standard	API-650 12th Edition, March 2013
Appendices Used	E, M
Roof	A36M : 6.5 mm
Shell (1)	A36M : 10 mm
Shell (2)	A36M : 9 mm
Shell (3)	A36M : 7 mm
Shell (4)	A36M : 6 mm
Shell (5)	A36M : 5 mm
Shell (6)	A36M : 5 mm
Shell (7)	A36M : 5 mm
Shell (8)	A36M : 5 mm
Bottom	A36M : 9 mm

Design Internal Pressure = 0 KPa or 0 mmh<sub>2</sub>o  
Design External Pressure = -0.25 KPa or -25.495 mmh<sub>2</sub>o

MAWP = 2.278 KPa or 232.357 mmh<sub>2</sub>o  
MAWV = -0.817 KPa or -83.359 mmh<sub>2</sub>o

D of Tank = 13.3 m  
OD of Tank = 13.32 m  
ID of Tank = 13.3 m  
CL of Tank = 13.31 m  
Shell Height = 14.4 m  
S.G of Contents = 1.01  
Max Liq. Level = 13.58 m  
Min Liq. Level = 1.357 m  
Design Temperature = 204.4 °C  
Tank Joint Efficiency = 1  
Ground Snow Load = 0 KPa  
Roof Live Load = 1 KPa

Additional Roof Dead Load = 0 KPa  
 Basic Wind Velocity = 80 kph  
 Wind Importance Factor = 1

**Using Seismic Method: API-650 - ASCE7 Mapped(Ss & S1)**

**DESIGNER REMARKS**

Remarks or Comments

**SUMMARY OF SHELL RESULTS**

Shell #	Width (m)	Material	CA (m)	J E	Min Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Reduction Factor	Sd (MPa)	St (MPa)	Weight (N)	Weight CA (N)	t-min Erection (mm)	t-Des (m)	t-Tes t (m)	t-min Seismic (mm)	t-min Ext -Pe (m)	t-min (m)	t-Actual (mm)	Status
1	180	A36M	3	1	217	400	0.868	144.666	171	57,793	40,464	6	9.042	5.061	6.918	NA	9.042	10	OK
2	180	A36M	3	1	217	400	0.868	144.666	171	52,018	34,686	5	8.223	4.375	6.259	NA	8.223	9	OK
3	180	A36M	1.5	1	217	400	0.868	144.666	171	40,464	31,797	5	5.904	3.689	4.791	NA	5.904	7	OK
4	180	A36M	1.5	1	217	400	0.868	144.666	171	34,686	26,017	5	5.085	3.003	4.105	NA	5.085	6	OK
5	180	A36M	1.5	1	217	400	0.868	144.666	171	28,907	20,237	5	4.266	2.317	3.414	NA	5	5	OK
6	180	A36M	1.5	1	217	400	0.868	144.666	171	28,907	20,237	5	3.447	1.631	2.877	NA	5	5	OK
7	180	A36M	1.5	1	217	400	0.868	144.666	171	28,907	20,237	5	2.628	0.945	2.326	NA	5	5	OK
8	172.9	A36M	1.5	1	217	400	0.868	144.666	171	27,767	19,439	5	1.809	0.259	1.809	NA	5	5	OK

Total Weight of Shell = 299,453.542 N

**CONE ROOF**

Plates Material = A36M  
 Structural Material = A36M  
 t.required = 6.5 mm  
 t.actual = 6.5 mm  
 Roof corrosion allowance = 1.5 mm  
 Roof Joint Efficiency = 1  
 Plates Overlap Weight = 2,286.633 N  
 Plates Weight = 70,709.948 N

**RAFTERS:**

**Thru Rafters and Jack Rafters**

Qty	At Radius (m)	Size	Length (m)	W (N/m)	Ind. Weight (N)	Total Weight (N)
10	6.65	W6X12	6.34	175.126	1,110.407	11,104.077
10	3.327	W6X12	3.519	175.126	616.374	6,163.746

Rafters Total Weight = 17,267.823 N

**GIRDERS:**

**Header Channel**

Qty	At Radius (m)	Size	Length (m)	W (N/m)	Ind. Weight (N)	Total Weight (N)
10	3.327	C4X5.4	1.79	78.807	141.119	1,411.197

Girders Total Weight = 1,411.197 N

**Bottom Type : Cone-Down Bottom Floor**

Bottom Material = A36M

t.required = 9 mm

t.actual = 9 mm

Bottom corrosion allowance = 3 mm

Bottom Joint Efficiency = 1

Total Weight of Bottom = 97,955.496 N

**ANCHOR BOLT : (24) M56 mm UNC Bolts, A193M-B7**

**TOP END STIFFENER : Detail D**

Size = I50x50x8

Material = A36M

Weight = 2,389.321 N

**STRUCTURALLY SUPPORTED CONICAL ROOF** [Back](#)

A = Actual Part. Area of Roof-to-shell Juncture per API-650 (cm<sup>2</sup>)

A-min = Minimum participating area (cm<sup>2</sup>) per API-650 5.10.5.2

a-min-A = Minimum participating area due to full design pressure per API-650 F.5.1 (cm<sup>2</sup>)

a-min-Roof = Minimum participating area per API-650 App. F.5.2 (cm<sup>2</sup>)

Add-DL = Added Dead load (kPa)

Alpha = 1/2 the included apex angle of cone (degrees)

Aroof = Contributing Area due to roof plates (cm<sup>2</sup>)

Ashell = Contributing Area due to shell plates (cm<sup>2</sup>)

CA = Roof corrosion allowance (mm)

D = Tank Nominal Diameter per API-650 5.6.1.1 Note 1 (m)

density = Density of roof (kg/mm<sup>3</sup>)

DL = Dead load (kPa)

e.1b = Gravity Roof Load (1) - Balanced (kPa)

e.1u = Gravity Roof Load (1) - Unbalanced (kPa)

e.2b = Gravity Roof Load (2) - Balanced (kPa)

e.2u = Gravity Roof Load (2) - Unbalanced (kPa)

Fp = Pressure Combination Factor

Fy = smallest of the yield strength (MPa)

Fy-roof = Minimum yield strength for shell material (Table 5-2a) (MPa)

Fy-shell = Minimum yield strength for shell material (Table 5-2a) (MPa)

Fy-stiff = Minimum yield strength for stiffener material (Table 5-2a) (MPa)

hr = Roof height (m)

ID = Tank Inner Diameter (m)

Insulation = Roof Insulation (m)

JE<sub>r</sub> = Roof joint efficiency



Lr = Entered Roof Live Load (kPa)  
 Lr-1 = Computed Roof Live Load, including External Pressure  
 Max-p = Max Roof Load due to participating Area (kPa)  
 Net-Uplift = Uplift due to internal pressure minus nominal weight of shell, roof and attached framing (N), per API-650 F.1.2  
 P = Minimum participating area (kPa)  
 P-ext-2 = Max external pressure due to roof shell joint area (kPa)  
 P-F51 = Max design pressure reversing a-min-A calculation (kPa)  
 P-max-ext-T = Total max external pressure due to roof actual thickness and roof participating area (kPa)  
 P-max-internal = Maximum design pressure and test procedure per API-650 F.4, F.5. (kPa)  
 P-Std = Max pressure pressure allowed per API-650 App. F.1 & F.7 (kPa)  
 P-Uplift = Uplift case per API-650 1.1.1 (N)  
 P-weight = Dead load of roof plate (kPa)  
 Pe = External Pressure (kPa)  
 pt = Roof cone pitch (mm) rise per 12 (mm)  
 Pv = Internal Pressure (kPa)  
 R = Roof horizontal radius (m)  
 Ra = Roof surface area (cm<sup>2</sup>)  
 Roof-wc = Weight corroded of roof plates (N)  
 S = Ground Snow Load per ASCE 7-05 Fig 7-1 (kPa)  
 Sb = Balanced Design Snow Load per API-650 Section 5.2.1.h.1 (kPa)  
 Shell-wc = Weight corroded of shell (N)  
 Su = Unbalanced Design Snow Load per API-650 Section 5.2.1.h.2 (kPa)  
 T = Balanced Roof Design Load per API-650 Appendix R (kPa)  
 t-calc = Minimum nominal roof plates thickness per API-650 Section 5.10.5.1 (mm)  
 t-Ins = thickness of Roof Insulation (m)  
 Theta = Angle of cone to the horizontal (degrees)  
 U = Unbalanced Roof Design Load per API-650 Appendix R (kPa)  
 Wc = Maximum width of participating shell per API-650 Fig. F-2 (mm)  
 Wh = Maximum width of participating roof per API-650 Fig. F-2 (mm)

### Roof Design Per API-650

**Note: Tank Pressure Combination Factor  $F_p = 0.4$**

D = 13.3 m  
 ID = 13.3 m  
 CA = 1.5 mm  
 R = 6.665 m  
 Fp = 0.4  
 JEr = 1  
 JEs = 1  
 JEst = 1  
 Insulation = 0.11 m  
 Add-DL = 0 kPa  
 Lr = 1 kPa  
 S = 0 kPa  
 Sb = 0 kPa  
 Su = 0 kPa  
 density = 0.00000784 kg/mm<sup>3</sup>  
 P-weight = 0.509 KPa  
 Pe = 0.25 kPa  
 pt = 2 mm rise per 12 mm  
 t-actual = 6.5 mm  
 Fy-roof-original = 250 MPa  
 Fy-roof-reduction-factor = 0.868  
 Fy-roof = 217 MPa

Fy-shell-original = 250 MPa  
Fy-shell-reduction-factor = 0.868  
Fy-shell = 217 MPa

Fy-stiff-original = 250 MPa  
Fy-stiff-reduction-factor = 0.868  
Fy-stiff = 217 MPa

Shell-wc = 213,118.795 N  
Roof-wc = 54,392.267 N  
P-Std = 18 kPa, Per API-650 F.1.3  
t-1 = 5 mm  
CA-1 = 1.5 mm  
Sd = 160 MPa

Theta =  $\text{TAN}^{-1}$  (pt/12)  
Theta =  $\text{TAN}^{-1}$  (2/12)  
Theta = 9.462 degrees

Alpha = 90 - Theta  
Alpha = 90 - 9.462  
Alpha = 80.538 degrees

Ap-Vert =  $D^2 * \text{TAN}(\text{Theta})/4$   
Ap-Vert =  $13.3^2 * \text{TAN}(9.462)/4$   
Ap-Vert = 7.37 m<sup>2</sup>

#### **Horizontal Projected Area of Roof per API-650 5.2.1.f**

Xw = D \* 0.5  
Xw = 13.3 \* 0.5  
Xw = 6.65 m

Ap =  $\text{PI} * (D/2)^2$   
Ap =  $\text{PI} * (13.3/2)^2$   
Ap = 138.929 m<sup>2</sup>

DL = Insulation + P-weight + Add-DL  
DL = 0.138 + 0.509 + 0  
DL = 0.647 kPa

#### **Roof Loads per API-650 5.2.2**

e.1b = DL + MAX(Sb , Lr) + (0.4 \* Pe)  
e.1b = 0.647 + MAX(0 , 1) + (0.4 \* 0.25)  
e.1b = 1.747 kPa

e.2b = DL + Pe + (0.4 \* MAX(Sb , Lr))  
e.2b = 0.647 + 0.25 + (0.4 \* MAX(0 , 1))  
e.2b = 1.297 kPa

T = MAX(e.1b , e.2b)  
T = MAX(1.747 , 1.297)  
T = 1.747 kPa

$$e.1u = DL + \text{MAX}(Su, Lr) + (0.4 * Pe)$$

$$e.1u = 0.647 + \text{MAX}(0, 1) + (0.4 * 0.25)$$

$$e.1u = 1.747 \text{ kPa}$$

$$e.2u = DL + Pe + (0.4 * \text{MAX}(Su, Lr))$$

$$e.2u = 0.647 + 0.25 + (0.4 * \text{MAX}(0, 1))$$

$$e.2u = 1.297 \text{ kPa}$$

$$U = \text{MAX}(e.1u, e.2u)$$

$$U = \text{MAX}(1.747, 1.297)$$

$$U = 1.747 \text{ kPa}$$

$$Lr-1 = \text{MAX}(T, U)$$

$$Lr-1 = \text{MAX}(1.747, 1.747)$$

$$Lr-1 = 1.747 \text{ kPa}$$

$$Ra = \pi * R * \text{SQRT}(R^2 + hr^2)$$

$$Ra = \pi * 6.665 * \text{SQRT}(6.665^2 + 1.111^2)$$

$$Ra = 1,414,603.176 \text{ cm}^2 \text{ or } 141.46 \text{ m}^2$$

$$\text{Roof Plates Weight} = \text{density} * Ra * t\text{-actual}$$

$$\text{Roof Plates Weight} = 0.00000784 * 1,414,603.176 * 6.5$$

$$\text{Roof plates Weight} = 70,709.948 \text{ N}$$

## STRUCTURE CALCULATIONS

Area = Area per rafter = (m<sup>2</sup>)  
 CRR = Center Ring Outside Radius = (mm)  
 D = Tank Nominal Size = (m)  
 G = Total Rafter Weight = (N)  
 h = rise = (m)  
 ID = Inside Diameter = (m)  
 l = Horizontal Rafter Length = (m)  
 l1 = Actual Rafter Length = (m)  
 n = Number of Rafters  
 OD = Outside Diameter = (m)  
 Pt = Pitch of Roof  
 q = Roof Design Load = (kPa)  
 QQ = Total Load per Rafter = (N)  
 R = Inside Radius = (m)  
 rft-S = Rafter Section Modulus = (cm<sup>3</sup>)  
 rft-r = Rafter Radius of Gyration = (mm)  
 rft-wgt = Rafter Weight = (kg/m)  
 rft-A = Rafter Area = (mm<sup>2</sup>)  
 RL = Roof Load = (kPa)  
 Sd = Allowable Stress = (pa)  
 T = Balanced Roof Load = (kPa)  
 Theta = Angle of Cone to the Horizontal = (degrees)  
 t-1 = Top Shell Thickness = (mm)  
 U = Unbalanced Roof Load = (kPa)

$$D = 13.3 \text{ m}$$

$$OD = 13.32 \text{ m}$$

$$ID = 13.3 \text{ m}$$

$$IR = 6.65 \text{ m}$$

$$t-1 = 5 \text{ mm}$$

$T = 1.747 \text{ kPa}$   
 $U = 1.747 \text{ kPa}$   
 $Pt = 2$   
 $n = 20$   
 Rafter Type = W6X12  
 $rft-S = 119.789 \text{ cm}^3$   
 $rft-r = 23.317 \text{ mm}$   
 $rft-wgt = 17.857 \text{ kg/m}$   
 $rft-A = 2,290.318 \text{ mm}^2$   
 $Sd = 160 \text{ MPa}$   
 $CRR = 791.359 \text{ mm}$   
 Compression Ring Material = A36  
 Compression-Ring-Sd = 160 MPa

Area-Crown = Area Crown Ring =  $\text{m}^2$   
 Z-Crown = Section Modulus Crown Ring =  $\text{m}^3$   
 $\phi = 1/2$  of angle between rafters = (degrees)  
 S-actual-between-rafter = Total Compressive Stress = Pa

### Calculated Variables

$Fa = Sd = 160,000,000 \text{ Pa}$   
 $Fbx = Sd = 160,000,000 \text{ Pa}$   
 $\text{Theta} = \text{ATAN}(\text{PI} / 12) = 9.462 \text{ (degrees)}$

$RL = \text{MAX}(U, T)$   
 $RL = \text{MAX}(1.747, 1.747)$   
 $RL = 1.747 \text{ kPa}$

$\text{Area} = \text{PI} * \text{OD}^2 / 4 / n$   
 $\text{Area} = \text{PI} * 13.32^2 / 4 / 20$   
 $\text{Area} = 6.967 \text{ m}^2$

$l = \text{IR} - \text{CRR} / 2 / 1000$   
 $l = 6.65 - 791.359 / 2 / 1000$   
 $l = 6.254 \text{ m}$

$l1 = l / \text{COS}(\text{Theta})$   
 $l1 = 6.254 / \text{COS}(9.462)$   
 $l1 = 6.34 \text{ m}$

$h = l * \text{TAN}(\text{Theta})$   
 $h = 6.254 * \text{TAN}(9.462)$   
 $h = 1.042 \text{ m}$

### Rafter Weight Load (Uniform Load)

$G = rft-wgt * l1$   
 $G = 17.857 * 6.34$   
 $G = 113.23 \text{ kg or } 1,110.407 \text{ N}$

$H-GB = G / 2 * (l / h)$   
 $H-GB = 1,110.407 / 2 * (6.254 / 1.042)$   
 $H-GB = 3,331.223 \text{ N}$

$M-G-\text{Max} = G * l / 8$   
 $M-G-\text{Max} = 1,110.407 * 6.254 / 8$

$$M-G-Max = 868.105 \text{ N-m}$$

$$N-G-Max = G * \sin(\theta) + H-GB * \cos(\theta)$$

$$N-G-Max = 1,110.407 * \sin(9.462) + 3,331.223 * \cos(9.462)$$

$$N-G-Max = 3,468.448 \text{ N}$$

### **Design Load (Dead Load + Live Load + Snow Load + Roof Plates)**

$$q = RL = 1.747 \text{ kPa or } 1,747.041 \text{ Pa}$$

$$QQ = \text{Area} * q$$

$$QQ = 6.967 * 1,747.041$$

$$QQ = 12,135.746 \text{ N}$$

$$H-QB = (QQ / 3) * (l / h)$$

$$H-QB = (12,135.746 / 3) * (6.254 / 1.042)$$

$$H-QB = 24,271.493 \text{ N}$$

$$M-Q-Max = 0.128 * QQ * l$$

$$M-Q-Max = 0.128 * 12,135.746 * 6.254$$

$$M-Q-Max = 9,715.308 \text{ N-m}$$

$$N-Q-Max = QQ * \sin(\theta) + H-QB * \cos(\theta)$$

$$N-Q-Max = 12,135.746 * \sin(9.462) + 24,271.493 * \cos(9.462)$$

$$N-Q-Max = 25,936.358 \text{ N}$$

$$Hmax = H-GB + H-QB$$

$$Hmax = 3,331.223 + 24,271.493$$

$$Hmax = 27,602.716 \text{ N}$$

$$Mmax = M-G-Max + M-Q-Max$$

$$Mmax = 868.105 + 9,715.308$$

$$Mmax = 10,583.414 \text{ N-m}$$

$$\text{Section Modulus Req'd} = Mmax * 1000 / Fbx$$

$$\text{Section Modulus Req'd} = 10,583.414 * 1000 / 160$$

$$\text{Section Modulus Req'd} = 66,146.338 \text{ mm}^3 \text{ or } 66.146 \text{ cm}^3$$

$$Nmax = N-G-Max + N-Q-Max$$

$$Nmax = 3,468.448 + 25,936.358$$

$$Nmax = 29,404.806 \text{ N}$$

$$\text{Area-Req'd} = Nmax / Fa$$

$$\text{Area-Req'd} = 29,404.806 / 160$$

$$\text{Area-Req'd} = 183.78 \text{ mm}^2$$

$$fa = Nmax / rft-A$$

$$fa = 29,404.806 / 2,290.318$$

$$fa = 12,838,743.989 \text{ Pa or } 12.838 \text{ MPa}$$

$$fbx = Mmax / rft-S$$

$$fbx = 10,583.414 / 0$$

$$fbx = 88,350,145.089 \text{ Pa or } 88.35 \text{ MPa}$$

$$\text{Criteria} = fa / Fa + fbx / Fbx$$

$$\text{Criteria} = 12,838,743.989 / 160,000,000 + 88,350,145.089 / 160,000,000$$

Criteria = 0.632

### Long & Garner - Guide to Storage Tanks & Equipment (Page 126)

Area-Crown = 0.006 m<sup>2</sup> or 6,617 mm<sup>2</sup>

Z-Crown = 0 m<sup>3</sup> or 149,123.993 mm<sup>3</sup>

phi = 360/n/2

phi = 360/20/2

phi = 9 (degrees)

phi = 0.157 (radians)

#### Force Between the Rafters

Mo = Hmax \* CRR/2 \* (1 / SIN(phi) - 1 / phi)

Mo = 27,602.716 \* 791.359/2 \* (1 / SIN(0.157) - 1 / 0.157)

Mo = 50,911.795 N-mm

No = Hmax / 2 \* (1 / SIN(phi))

No = 27,602.716 / 2 \* (1 / SIN(0.157))

No = 88,224.537 N

S-actual-between-rafters = Mo / Z-Crown + No / Area-Crown

S-actual-between-rafters = 50,911.795 / 149,123.993 + 88,224.537 / 6,617

S-actual-between-rafters = 13.674 MPa

Force-Between-Rafters-Test = S-Actual-Between-Rafters / Compression-Ring-Sd

Force-Between-Rafters-Test = 13.674 / 160

Force-Between-Rafters-Test = 0.085 <= 1.0 => Crown ring size is acceptable

Cross-Sectional-Area-Required = No / (Compression-Ring-Sd - Mo / Z-Crown)

Cross-Sectional-Area-Required = 88,224.537 / (160 - 50.911 / 149,123.993)

Cross-Sectional-Area-Required = 552.582 mm<sup>2</sup>

Section-Modulus-Required = Mo / (Compression-Ring-Sd - No / Area-Crown)

Section-Modulus-Required = 50.911 / (160 - 88,224.537 / 6,617)

Section-Modulus-Required = 347.125 mm<sup>3</sup>

#### Forces at rafters

Mi = Hmax \* CRR / 2 \* (1 / phi - 1 / TAN(phi))

Mi = 27,602.716 \* 791.359 / 2 \* (1 / 0.157 - 1 / TAN(0.157))

Mi = 101,697.964 N-mm

Ni = Hmax / 2 \* (1 / TAN(phi))

Ni = 27,602.716 / 2 \* (1 / TAN(0.157))

Ni = 87,138.347 N

Total-Tensile-Stress = Mi / Z-Crown + Ni / A-Crown

Total-Tensile-Stress = 101,697.964 / 149,123.993 + 87,138.347 / 6,617

Total-Tensile-Stress = 13.85 Mpa

Forces-at-Rafters-Test = Total-Tensile-Stress / Sd

Forces-at-Rafters-Test = 13.85 / 160

Forces-at-Rafters-Test = 0.086 <= 1.0 => Crown ring size is acceptable

Cross-Sectional-Area-Required = Ni / (Sd - Mi / Z-Crown)

Cross-Sectional-Area-Required =  $87,138.347 / (160 - 101,697.964 / 149,123.993)$   
Cross-Sectional-Area-Required = 546.945 mm<sup>2</sup>

Section-Modulus-Required =  $M_i / (S_d - N_i / \text{Area-Crown})$   
Section-Modulus-Required =  $101,697.964 / (160 - 87,138.347 / 6,617)$   
Section-Modulus-Required = 692.618 mm<sup>3</sup>

### TOP MEMBER DESIGN

CA\_roof (Thickness of roof plate) = 1.5 mm  
CA\_shell (Thickness of shell plate) = 1.5 mm  
D (Shell nominal diameter) = 13.31 m  
ID (Shell inside diameter) = 13.3 m  
Theta angle (Angle between the roof and a horizontal plane at the roof-to-shell junction) = 9.4623 deg  
tc (Thickness of shell plate) = 5 mm  
th (Thickness of roof plate) = 6.5 mm

#### Shell inside radius

$R_c = ID / 2 = 13300.0 / 2 = 6650.0$  mm

Shell nominal diameter (D) = 13.31 m

#### Length of normal to roof

$R_2 = R_c / \sin(\text{Theta angle}) = 6650.0 / \sin(9.4623) = 40450.3708$  mm

#### Thickness of corroded roof plate

$th_{\text{corroded}} = th - CA_{\text{roof}} = 6.5 - 1.5 = 5.0$  mm

#### Thickness of corroded shell plate

$tc_{\text{corroded}} = tc - CA_{\text{shell}} = 5 - 1.5 = 3.5$  mm

$CA_{\text{stiff}} > 0$

Note: The calculation does not take into account the stiffener corrosion allowance, make sure to pick a stiffener size that make up the difference in the thicknesses (corroded vs nominal).

#### Maximum width of participating roof *API-650 Figure F-2*

$W_h = \min((0.3 * \sqrt{(R_2 * th_{\text{corroded}})}), 300)$   
 $= \min((0.3 * \sqrt{(40450.3708 * 5.0)}), 300)$   
 $= 134.9173$  mm

#### Maximum width of participating shell *API-650 Figure F-2*

$W_c = 0.6 * \sqrt{(R_c * tc_{\text{corroded}})} = 0.6 * \sqrt{(6650.0 * 3.5)} = 91.5369$  mm

#### Nominal weight of shell plates and framing

$DLS = W_s + W_{\text{framing}} = 299453.542 + 19593.7722 = 319047.3142$  N

#### Nominal weight of roof plates and attached structural

$DLR = W_r + W_{\text{structural}} = 70709.9482 + 24375.052 = 95085.0003$  N

### Compression Ring Detail d Properties

ID (Shell inside diameter) = 13.3 m  
Size (Compression ring size) = I50x50x8  
Wc (Length of contributing shell) = 91.5369 mm  
Wh (Length of contributing roof) = 134.9173 mm  
tc (Thickness of shell plate) = 3.5 mm  
th (Thickness of roof plate) = 5.0 mm

Angle vertical leg size ( $l_{\text{vert}}$ ) = 50 mm  
 Angle horizontal leg size ( $l_{\text{horz}}$ ) = 50 mm  
 Angle thickness ( $t_{\text{angle}}$ ) = 8.0 mm  
 Angle area ( $A_{\text{angle}}$ ) = 741.0 mm<sup>2</sup>  
 Angle centroid ( $c_{\text{angle}}$ ) = 15.2 mm  
 Angle moment of inertia ( $I_{\text{angle}}$ ) = 163000.0 mm<sup>4</sup>

**Length of contributing shell reduced**

$wc_{\text{reduced}} = Wc - l_{\text{vert}} = 91.5369 - 50 = 41.5369 \text{ mm}$

**Contributing shell moment of inertia**

$I_{\text{shell}} = (wc_{\text{reduced}} * (tc_{\text{corroded}}^3)) / 12$   
 $= (41.5369 * (3.5^3)) / 12$   
 $= 148.4078 \text{ mm}^4$

**Contributing shell area**

$A_{\text{shell}} = wc_{\text{reduced}} * tc_{\text{corroded}} = 41.5369 * 3.5 = 145.3791 \text{ mm}^2$

**Contributing roof area**

$A_{\text{roof}} = Wh * th_{\text{corroded}} = 134.9173 * 5.0 = 674.5863 \text{ mm}^2$

**Detail total area**

$A_{\text{detail}} = A_{\text{shell}} + A_{\text{roof}} + A_{\text{angle}}$   
 $= 145.3791 + 674.5863 + 741.0$   
 $= 1560.9654 \text{ mm}^2$

Find combined moment of inertia about shell inside axis with negative value toward center

Description	Variable	Equation	Value	Unit
Shell centroid	$d_{\text{shell}}$	$tc_{\text{corroded}} / 2$	1.7500	mm
Stiffener centroid	$d_{\text{stiff}}$	(the-reference (current-object) '(superior angle-centroid) t t t nil 'default-the-error nil)	15.2000	mm
moment of inertia of first body	$I_1$	$I_{\text{angle}} + (A_{\text{angle}} * (d_{\text{stiff}}^2))$	334200.6400	mm <sup>4</sup>
moment of inertia of second body	$I_2$	$I_{\text{shell}} + (A_{\text{shell}} * (d_{\text{shell}}^2))$	593.6312	mm <sup>4</sup>
Total area	$A_{\text{sum}}$	$A_{\text{angle}} + A_{\text{shell}}$	886.3791	mm <sup>2</sup>
Sum of moments of inertia's	$I_{\text{sum}}$	$I_1 + I_2$	334794.2712	mm <sup>4</sup>
Combined centroid	$c_{\text{combined}}$	$((d_{\text{stiff}} * A_{\text{angle}}) + (d_{\text{shell}} * A_{\text{shell}})) / (A_{\text{angle}} + A_{\text{shell}})$	12.9940	mm
Combined moment of inertia	$I_{\text{combined}}$	$I_{\text{sum}} - (A_{\text{sum}} * (c_{\text{combined}}^2))$	185134.3548	mm <sup>4</sup>
Distance from neutral axis to edge 1 (inside)	$e1$	$l_{\text{horz}} - c_{\text{combined}}$	37.0060	mm
Distance from neutral axis to edge 2 (outside)	$e2$	$l_{\text{horz}} - e1$	12.9940	mm
Combined stiffener shell section modulus	$S$	$I_{\text{combined}} / \text{MAX}(e1, e2)$	5002.8205	mm <sup>3</sup>



## Roof Design Requirements

### Appendix F Top Member Requirements

A\_actual (Area resisting compressive force) = 1560.9654 mm<sup>2</sup>

D (Tank nominal diameter) = 13.31 m

DLR (Nominal weight of roof plates and attached structural) = 95085.0003 N

DLS (Nominal weight of shell plates and framing) = 319047.3142 N

Fy (Minimum specified yield-strength of the materials in the roof-to-shell junction) = 217.0 MPa

ID (Tank inside diameter) = 13.3 m

Mw (Wind moment) = 449576.5942 N.m

P (Design pressure) = 0.0 kPa

Theta angle (Angle between the roof and a horizontal plane at the roof-to-shell junction) = 9.4623 deg

W\_framing (Weight of framing supported by the shell and roof) = 19593.7722 N

W\_structural (Weight of roof attached structural) = 24375.052 N

Wr (Roof plates weight) = 70709.9482 N

Ws (Shell plates weight) = 299453.542 N

#### Uplift due to internal pressure *API-650 F.1.2*

$P_{\text{uplift}} = P * \pi * ((ID^2) / 4) = 0.0 * \pi * ((13.3^2) / 4) = 0.0 \text{ N}$

Tank design does not have to meet App. F requirements.

#### Maximum allowable internal pressure for the actual resisting area *API 650 F.5.1*

$$P_{F51} = ((F_y * \text{TAN}(\text{Theta angle}) * A_{\text{actual}}) / (200 * (D^2))) + ((0.00127 * \text{DLR}) / (D^2))$$
$$= ((217.0 * \text{TAN}(9.4623) * 1560.9654) / (200 * (13.31^2))) + ((0.00127 * 95085.0003) / (13.31^2))$$
$$= 2.275 \text{ kPa}$$

#### Maximum allowable internal pressure

$P_{\text{max\_internal}} = \text{MIN}(P_{\text{std}}, P_{F51}) = \text{MIN}(18, 2.275) = 2.275 \text{ kPa}$

### SUMMARY OF ROOF RESULTS [Back](#)

Material = A36M

Structural Material = A36M

t-actual = 6.5 mm

t-required = 6.5 mm

t-calc = 6.34 mm

P-Max-Internal = 2.275 kPa

P-Max-External = 0 kPa

Roof Plates Weight = 70,709.948 N

Weight of Rafters = 17,267.823 N

Weight of Girders = 1,411.197 N

Weight of Columns = 0 N

## SHELL COURSE DESIGN (Bottom course is #1) [Back](#)

### API-650 ONE FOOT METHOD

D = Tank Nominal diameter (m) per API-650 5.6.1.1 Note 1

H = Max liquid level (m)

I-p = Design internal pressure (kPa)

L = Factor

I-p = 0 kPa

D = 13.3 m

H = 13.58 m

$L = (500 * D (t-1 - Ca-1))^{0.5}$

$L = (500 * 13.3 (10 - 3))^{0.5} = 215.754$

### Course # 1

Ca-1 = Corrosion allowance per API-650 5.3.2 (mm)

G = Design specific gravity of the liquid to be stored

H' = Effective liquid head at design pressure (m)

hmax-1 = Max liquid level based on shell thickness (m)

JE = Joint efficiency

pmax-1 = Max pressure at design (kPa)

pmax-int-shell-1 = Max internal pressure at design (kPa)

Sd = Allowable design stress for the design condition per API-650 Table 5-2b (MPa)

St = Allowable stress for the hydrostatic test condition per API-650 5.6.2.2 (MPa)

t-1 = Shell actual thickness (mm)

t-calc-1 = Shell thickness design condition td (mm)

t-seismic-1 = See E.6.2.4 table in SEISMIC calculations.

t-test-1 = Shell thickness hydrostatic test condition (mm)

Material = A36M

Width = 1.8 m

Ca-1 = 3 mm

JE = 1

t-1 = 10 mm

Sd = 144.666 MPa

St = 171 MPa

### Design Condition G = 1.01 (per API-650)

H' = H

H' = 13.58

H' = 13.58 m

$t\text{-calc-1} = (4.9 * D * (H' - 0.3) * G) / Sd + Ca-1$  (per API-650 5.6.3.2)

$t\text{-calc-1} = (4.9 * 13.3 * (13.58 - 0.3) * 1.01) / 144.666 + 3$

t-calc-1 = 9.042 mm

$h\text{max-1} = Sd * (t-1 - CA-1) / (2.6 * D * G) + 1$

$h\text{max-1} = 144.666 * (10 - 3) / (2.6 * 13.3 * 1.01) + 1$

hmax-1 = 15.686 m

$p\text{max-1} = (h\text{max-1} - H) * 9.8 * G$

$p\text{max-1} = (15.686 - 13.58) * 9.8 * 1.01$

pmax-1 = 20.848 kPa

pmax-int-shell-1 = pmax-1  
pmax-int-shell-1 = 20.848 kPa

### Hydrostatic Test Condition G = 1

H' = H  
H' = 13.58  
H' = 13.58 m

t-test-1 = (\* 4.9 D (H' - 0.3))/St  
t-test-1 = (\* 4.9 13.3 (13.58 - 0.3))/171  
t-test-1 = 5.061 mm

### Course # 2

Ca-2 = Corrosion allowance per API-650 5.3.2 (mm)  
G = Design specific gravity of the liquid to be stored  
H' = Effective liquid head at design pressure (m)  
hmax-2 = Max liquid level based on shell thickness (m)  
JE = Joint efficiency  
pmax-2 = Max pressure at design (kPa)  
pmax-int-shell-2 = Max internal pressure at design (kPa)  
Sd = Allowable design stress for the design condition per API-650 Table 5-2b (MPa)  
St = Allowable stress for the hydrostatic test condition per API-650 5.6.2.2 (MPa)  
t-2 = Shell actual thickness (mm)  
t-calc-2 = Shell thickness design condition td (mm)  
t-seismic-2 = See E.6.2.4 table in SEISMIC calculations.  
t-test-2 = Shell thickness hydrostatic test condition (mm)

Material = A36M  
Width = 1.8 m  
Ca-2 = 3 mm  
JE = 1  
t-2 = 9 mm  
Sd = 144.666 MPa  
St = 171 MPa

### Design Condition G = 1.01 (per API-650)

H' = H  
H' = 11.78  
H' = 11.78 m

t-calc-2 = (4.9 \* D \* (H' - 0.3) \* G)/Sd + Ca-2 (per API-650 5.6.3.2)  
t-calc-2 = (4.9 \* 13.3 \* (11.78 - 0.3) \* 1.01)/144.666 + 3  
t-calc-2 = 8.223 mm

hmax-2 = Sd \* (t-2 - CA-2)/(2.6 \* D \* G) + 1  
hmax-2 = 144.666 \* (9 - 3)/(2.6 \* 13.3 \* 1.01) + 1  
hmax-2 = 13.489 m

pmax-2 = (hmax-2 - H) \* 9.8 \* G  
pmax-2 = (13.489 - 11.78) \* 9.8 \* 1.01  
pmax-2 = 16.915 kPa

pmax-int-shell-2 = MIN(pmax-int-shell-1 pmax-2)  
pmax-int-shell-2 = MIN(20.848 16.915)

$$p_{\text{max-int-shell-2}} = 16.915 \text{ kPa}$$

### Hydrostatic Test Condition G = 1

$$H' = H$$

$$H' = 11.78$$

$$H' = 11.78 \text{ m}$$

$$t_{\text{-test-2}} = (* 4.9 D (H' - 0.3))/St$$

$$t_{\text{-test-2}} = (* 4.9 13.3 (11.78 - 0.3))/171$$

$$t_{\text{-test-2}} = 4.375 \text{ mm}$$

### Course # 3

Ca-3 = Corrosion allowance per API-650 5.3.2 (mm)

G = Design specific gravity of the liquid to be stored

H' = Effective liquid head at design pressure (m)

hmax-3 = Max liquid level based on shell thickness (m)

JE = Joint efficiency

pmax-3 = Max pressure at design (kPa)

pmax-int-shell-3 = Max internal pressure at design (kPa)

Sd = Allowable design stress for the design condition per API-650 Table 5-2b (MPa)

St = Allowable stress for the hydrostatic test condition per API-650 5.6.2.2 (MPa)

t-3 = Shell actual thickness (mm)

t-calc-3 = Shell thickness design condition td (mm)

t-seismic-3 = See E.6.2.4 table in SEISMIC calculations.

t-test-3 = Shell thickness hydrostatic test condition (mm)

Material = A36M

Width = 1.8 m

Ca-3 = 1.5 mm

JE = 1

t-3 = 7 mm

Sd = 144.666 MPa

St = 171 MPa

### Design Condition G = 1.01 (per API-650)

$$H' = H$$

$$H' = 9.98$$

$$H' = 9.98 \text{ m}$$

$$t_{\text{-calc-3}} = (4.9 * D * (H' - 0.3) * G)/Sd + Ca-3 \text{ (per API-650 5.6.3.2)}$$

$$t_{\text{-calc-3}} = (4.9 * 13.3 * (9.98 - 0.3) * 1.01)/144.666 + 1.5$$

$$t_{\text{-calc-3}} = 5.904 \text{ mm}$$

$$h_{\text{max-3}} = Sd * (t-3 - CA-3)/(2.6 * D * G) + 1$$

$$h_{\text{max-3}} = 144.666 * (7 - 1.5)/(2.6 * 13.3 * 1.01) + 1$$

$$h_{\text{max-3}} = 12.39 \text{ m}$$

$$p_{\text{max-3}} = (h_{\text{max-3}} - H) * 9.8 * G$$

$$p_{\text{max-3}} = (12.39 - 9.98) * 9.8 * 1.01$$

$$p_{\text{max-3}} = 23.856 \text{ kPa}$$

$$p_{\text{max-int-shell-3}} = \text{MIN}(p_{\text{max-int-shell-2}} \text{ } p_{\text{max-3}})$$

$$p_{\text{max-int-shell-3}} = \text{MIN}(16.915 \text{ } 23.856)$$

$$p_{\text{max-int-shell-3}} = 16.915 \text{ kPa}$$

### Hydrostatic Test Condition G = 1

H' = H  
H' = 9.98  
H' = 9.98 m

t-test-3 =  $(4.9 D (H' - 0.3))/St$   
t-test-3 =  $(4.9 \cdot 13.3 (9.98 - 0.3))/171$   
t-test-3 = 3.689 mm

### Course # 4

Ca-4 = Corrosion allowance per API-650 5.3.2 (mm)  
G = Design specific gravity of the liquid to be stored  
H' = Effective liquid head at design pressure (m)  
hmax-4 = Max liquid level based on shell thickness (m)  
JE = Joint efficiency  
pmax-4 = Max pressure at design (kPa)  
pmax-int-shell-4 = Max internal pressure at design (kPa)  
Sd = Allowable design stress for the design condition per API-650 Table 5-2b (MPa)  
St = Allowable stress for the hydrostatic test condition per API-650 5.6.2.2 (MPa)  
t-4 = Shell actual thickness (mm)  
t-calc-4 = Shell thickness design condition td (mm)  
t-seismic-4 = See E.6.2.4 table in SEISMIC calculations.  
t-test-4 = Shell thickness hydrostatic test condition (mm)

Material = A36M  
Width = 1.8 m  
Ca-4 = 1.5 mm  
JE = 1  
t-4 = 6 mm  
Sd = 144.666 MPa  
St = 171 MPa

### Design Condition G = 1.01 (per API-650)

H' = H  
H' = 8.18  
H' = 8.18 m

t-calc-4 =  $(4.9 * D * (H' - 0.3) * G)/Sd + Ca-4$  (per API-650 5.6.3.2)  
t-calc-4 =  $(4.9 * 13.3 * (8.18 - 0.3) * 1.01)/144.666 + 1.5$   
t-calc-4 = 5.085 mm

hmax-4 =  $Sd * (t-4 - CA-4)/(2.6 * D * G) + 1$   
hmax-4 =  $144.666 * (6 - 1.5)/(2.6 * 13.3 * 1.01) + 1$   
hmax-4 = 10.193 m

pmax-4 =  $(hmax-4 - H) * 9.8 * G$   
pmax-4 =  $(10.193 - 8.18) * 9.8 * 1.01$   
pmax-4 = 19.923 kPa

pmax-int-shell-4 = MIN(pmax-int-shell-3 pmax-4)  
pmax-int-shell-4 = MIN(16.915 19.923)  
pmax-int-shell-4 = 16.915 kPa

### Hydrostatic Test Condition G = 1

H' = H  
H' = 8.18  
H' = 8.18 m

t-test-4 = ( \* 4.9 D (H' - 0.3))/St  
t-test-4 = ( \* 4.9 13.3 (8.18 - 0.3))/171  
t-test-4 = 3.003 mm

### Course # 5

Ca-5 = Corrosion allowance per API-650 5.3.2 (mm)  
G = Design specific gravity of the liquid to be stored  
H' = Effective liquid head at design pressure (m)  
hmax-5 = Max liquid level based on shell thickness (m)  
JE = Joint efficiency  
pmax-5 = Max pressure at design (kPa)  
pmax-int-shell-5 = Max internal pressure at design (kPa)  
Sd = Allowable design stress for the design condition per API-650 Table 5-2b (MPa)  
St = Allowable stress for the hydrostatic test condition per API-650 5.6.2.2 (MPa)  
t-5 = Shell actual thickness (mm)  
t-calc-5 = Shell thickness design condition td (mm)  
t-seismic-5 = See E.6.2.4 table in SEISMIC calculations.  
t-test-5 = Shell thickness hydrostatic test condition (mm)

Material = A36M  
Width = 1.8 m  
Ca-5 = 1.5 mm  
JE = 1  
t-5 = 5 mm  
Sd = 144.666 MPa  
St = 171 MPa

### Design Condition G = 1.01 (per API-650)

H' = H  
H' = 6.38  
H' = 6.38 m

t-calc-5 = (4.9 \* D \* (H' - 0.3) \* G)/Sd + Ca-5 (per API-650 5.6.3.2)  
t-calc-5 = (4.9 \* 13.3 \* (6.38 - 0.3) \* 1.01)/144.666 + 1.5  
t-calc-5 = 4.266 mm

hmax-5 = Sd \* (t-5 - CA-5)/(2.6 \* D \* G) + 1  
hmax-5 = 144.666 \* (5 - 1.5)/(2.6 \* 13.3 \* 1.01) + 1  
hmax-5 = 7.996 m

pmax-5 = (hmax-5 - H) \* 9.8 \* G  
pmax-5 = (7.996 - 6.38) \* 9.8 \* 1.01  
pmax-5 = 15.99 kPa

pmax-int-shell-5 = MIN(pmax-int-shell-4 pmax-5)  
pmax-int-shell-5 = MIN(16.915 15.99)  
pmax-int-shell-5 = 15.99 kPa

### Hydrostatic Test Condition G = 1

H' = H  
H' = 6.38  
H' = 6.38 m

t-test-5 = (\* 4.9 D (H' - 0.3))/St  
t-test-5 = (\* 4.9 13.3 (6.38 - 0.3))/171  
t-test-5 = 2.317 mm

### Course # 6

Ca-6 = Corrosion allowance per API-650 5.3.2 (mm)  
G = Design specific gravity of the liquid to be stored  
H' = Effective liquid head at design pressure (m)  
hmax-6 = Max liquid level based on shell thickness (m)  
JE = Joint efficiency  
pmax-6 = Max pressure at design (kPa)  
pmax-int-shell-6 = Max internal pressure at design (kPa)  
Sd = Allowable design stress for the design condition per API-650 Table 5-2b (MPa)  
St = Allowable stress for the hydrostatic test condition per API-650 5.6.2.2 (MPa)  
t-6 = Shell actual thickness (mm)  
t-calc-6 = Shell thickness design condition td (mm)  
t-seismic-6 = See E.6.2.4 table in SEISMIC calculations.  
t-test-6 = Shell thickness hydrostatic test condition (mm)

Material = A36M  
Width = 1.8 m  
Ca-6 = 1.5 mm  
JE = 1  
t-6 = 5 mm  
Sd = 144.666 MPa  
St = 171 MPa

### Design Condition G = 1.01 (per API-650)

H' = H  
H' = 4.58  
H' = 4.58 m

t-calc-6 = (4.9 \* D \* (H' - 0.3) \* G)/Sd + Ca-6 (per API-650 5.6.3.2)  
t-calc-6 = (4.9 \* 13.3 \* (4.58 - 0.3) \* 1.01)/144.666 + 1.5  
t-calc-6 = 3.447 mm

hmax-6 = Sd \* (t-6 - CA-6)/(2.6 \* D \* G) + 1  
hmax-6 = 144.666 \* (5 - 1.5)/(2.6 \* 13.3 \* 1.01) + 1  
hmax-6 = 7.996 m

pmax-6 = (hmax-6 - H) \* 9.8 \* G  
pmax-6 = (7.996 - 4.58) \* 9.8 \* 1.01  
pmax-6 = 33.807 kPa

pmax-int-shell-6 = MIN(pmax-int-shell-5 pmax-6)  
pmax-int-shell-6 = MIN(15.99 33.807)  
pmax-int-shell-6 = 15.99 kPa

### Hydrostatic Test Condition G = 1

H' = H  
H' = 4.58  
H' = 4.58 m

t-test-6 = ( \* 4.9 D (H' - 0.3))/St  
t-test-6 = ( \* 4.9 13.3 (4.58 - 0.3))/171  
t-test-6 = 1.631 mm

### Course # 7

Ca-7 = Corrosion allowance per API-650 5.3.2 (mm)  
G = Design specific gravity of the liquid to be stored  
H' = Effective liquid head at design pressure (m)  
hmax-7 = Max liquid level based on shell thickness (m)  
JE = Joint efficiency  
pmax-7 = Max pressure at design (kPa)  
pmax-int-shell-7 = Max internal pressure at design (kPa)  
Sd = Allowable design stress for the design condition per API-650 Table 5-2b (MPa)  
St = Allowable stress for the hydrostatic test condition per API-650 5.6.2.2 (MPa)  
t-7 = Shell actual thickness (mm)  
t-calc-7 = Shell thickness design condition td (mm)  
t-seismic-7 = See E.6.2.4 table in SEISMIC calculations.  
t-test-7 = Shell thickness hydrostatic test condition (mm)

Material = A36M  
Width = 1.8 m  
Ca-7 = 1.5 mm  
JE = 1  
t-7 = 5 mm  
Sd = 144.666 MPa  
St = 171 MPa

### Design Condition G = 1.01 (per API-650)

H' = H  
H' = 2.78  
H' = 2.78 m

t-calc-7 = (4.9 \* D \* (H' - 0.3) \* G)/Sd + Ca-7 (per API-650 5.6.3.2)  
t-calc-7 = (4.9 \* 13.3 \* (2.78 - 0.3) \* 1.01)/144.666 + 1.5  
t-calc-7 = 2.628 mm

hmax-7 = Sd \* (t-7 - CA-7)/(2.6 \* D \* G) + 1  
hmax-7 = 144.666 \* (5 - 1.5)/(2.6 \* 13.3 \* 1.01) + 1  
hmax-7 = 7.996 m

pmax-7 = (hmax-7 - H) \* 9.8 \* G  
pmax-7 = (7.996 - 2.78) \* 9.8 \* 1.01  
pmax-7 = 51.623 kPa

pmax-int-shell-7 = MIN(pmax-int-shell-6 pmax-7)  
pmax-int-shell-7 = MIN(15.99 51.623)  
pmax-int-shell-7 = 15.99 kPa

### Hydrostatic Test Condition G = 1

H' = H



$$H' = 2.78$$

$$H' = 2.78 \text{ m}$$

$$t\text{-test-7} = (* 4.9 D (H' - 0.3))/St$$

$$t\text{-test-7} = (* 4.9 13.3 (2.78 - 0.3))/171$$

$$t\text{-test-7} = 0.945 \text{ mm}$$

### Course # 8

Ca-8 = Corrosion allowance per API-650 5.3.2 (mm)  
 G = Design specific gravity of the liquid to be stored  
 H' = Effective liquid head at design pressure (m)  
 hmax-8 = Max liquid level based on shell thickness (m)  
 JE = Joint efficiency  
 pmax-8 = Max pressure at design (kPa)  
 pmax-int-shell-8 = Max internal pressure at design (kPa)  
 Sd = Allowable design stress for the design condition per API-650 Table 5-2b (MPa)  
 St = Allowable stress for the hydrostatic test condition per API-650 5.6.2.2 (MPa)  
 t-8 = Shell actual thickness (mm)  
 t-calc-8 = Shell thickness design condition td (mm)  
 t-seismic-8 = See E.6.2.4 table in SEISMIC calculations.  
 t-test-8 = Shell thickness hydrostatic test condition (mm)

Material = A36M  
 Width = 1.729 m  
 Ca-8 = 1.5 mm  
 JE = 1  
 t-8 = 5 mm  
 Sd = 144.666 MPa  
 St = 171 MPa

### Design Condition G = 1.01 (per API-650)

$$H' = H$$

$$H' = 0.98$$

$$H' = 0.98 \text{ m}$$

$$t\text{-calc-8} = (4.9 * D * (H' - 0.3) * G)/Sd + Ca-8 \text{ (per API-650 5.6.3.2)}$$

$$t\text{-calc-8} = (4.9 * 13.3 * (0.98 - 0.3) * 1.01)/144.666 + 1.5$$

$$t\text{-calc-8} = 1.809 \text{ mm}$$

$$h\text{max-8} = Sd * (t-8 - CA-8)/(2.6 * D * G) + 1$$

$$h\text{max-8} = 144.666 * (5 - 1.5)/(2.6 * 13.3 * 1.01) + 1$$

$$h\text{max-8} = 7.996 \text{ m}$$

$$p\text{max-8} = (h\text{max-8} - H) * 9.8 * G$$

$$p\text{max-8} = (7.996 - 0.98) * 9.8 * 1.01$$

$$p\text{max-8} = 69.44 \text{ kPa}$$

$$p\text{max-int-shell-8} = \text{MIN}(p\text{max-int-shell-7 } p\text{max-8})$$

$$p\text{max-int-shell-8} = \text{MIN}(15.99 69.44)$$

$$p\text{max-int-shell-8} = 15.99 \text{ kPa}$$

### Hydrostatic Test Condition G = 1

$$H' = H$$

$$H' = 0.98$$

H' = 0.98 m

t-test-8 = (\* 4.9 D (H' - 0.3))/St

t-test-8 = (\* 4.9 13.3 (0.98 - 0.3))/171

t-test-8 = 0.259 mm

### SUMMARY OF SHELL RESULTS [Back](#)

t-min-Seismic = See API-650 E.6.1.4, table in SEISMIC calculations.

Shell API-650 Summary (Bottom is 1)

Shell #	Width (m)	Material	CA (m)	J E	Min Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Reduction Factor	Sd (MPa)	St (MPa)	Weight (N)	Weight CA (N)	t-min Erection (mm)	t-Des (m)	t-Test (m)	t-min Seismic (mm)	t-min Ext-Pe (m)	t-min (m)	t-Actual (mm)	Status
1	1800	A36M	3	1	217	400	0.868	144.666	171	57,793	40,464	6	9.042	5.061	6.918	NA	9.042	10	OK
2	1800	A36M	3	1	217	400	0.868	144.666	171	52,018	34,686	5	8.223	4.375	6.259	NA	8.223	9	OK
3	1800	A36M	1.5	1	217	400	0.868	144.666	171	40,464	31,797	5	5.904	3.689	4.791	NA	5.904	7	OK
4	1800	A36M	1.5	1	217	400	0.868	144.666	171	34,686	26,017	5	5.085	3.003	4.105	NA	5.085	6	OK
5	1800	A36M	1.5	1	217	400	0.868	144.666	171	28,907	20,237	5	4.266	2.317	3.414	NA	5	5	OK
6	1800	A36M	1.5	1	217	400	0.868	144.666	171	28,907	20,237	5	3.447	1.631	2.877	NA	5	5	OK
7	1800	A36M	1.5	1	217	400	0.868	144.666	171	28,907	20,237	5	2.628	0.945	2.326	NA	5	5	OK
8	1729	A36M	1.5	1	217	400	0.868	144.666	171	27,767	19,439	5	1.809	0.259	1.809	NA	5	5	OK

Total Weight = 299,453.542 N

### INTERMEDIATE STIFFENER CALCULATIONS PER API-650 Section 5.9.7

D = Nominal diameter of the tank shell (m)

Hu = Vertical Distance Between the Intermediate Stiffener (Per API-650 5.9.7) (m)

ME per API 650 App. M.6~a

L\_act = Actual Transform Height Spacing between Stiffeners (m)

L\_0 = Uniform Maximum Transform Height Spacing between Stiffeners (m)

V = Design wind speed (km/h)

Wtr = Transposed width of each shell course (m)

Zi = Required Intermediate Stiffener Section Modulus (per API-650 5.9.6.1) (cm<sup>3</sup>)

Zi-actual = Actual Top Comp Ring Section Modulus (cm<sup>3</sup>)

D = 13.3 m

V = 80 km/h

ME = 1

Hu = ME \* 9.47 \* t<sub>min</sub> \* (SQRT (t<sub>min</sub> / D)<sup>3</sup>) \* (190 / V)<sup>2</sup>

Hu = 1 \* 9.47 \* 5 \* (SQRT (5 / 13.3)<sup>3</sup>) \* (190 / 80)<sup>2</sup>

Hu = 61.564 m (Maximum Height of Unstiffened Shell)

### Transforming courses (1) to (8)

$$Wtr = \text{Course-width} * (\text{SQRT} (t\text{-uniform} / t\text{-course})^5)$$

$$Wtr-1 = 1.8 * (\text{SQRT} (5 / 10)^5) = 0.318 \text{ m}$$

$$Wtr-2 = 1.8 * (\text{SQRT} (5 / 9)^5) = 0.414 \text{ m}$$

$$Wtr-3 = 1.8 * (\text{SQRT} (5 / 7)^5) = 0.776 \text{ m}$$

$$Wtr-4 = 1.8 * (\text{SQRT} (5 / 6)^5) = 1.141 \text{ m}$$

$$Wtr-5 = 1.8 * (\text{SQRT} (5 / 5)^5) = 1.8 \text{ m}$$

$$Wtr-6 = 1.8 * (\text{SQRT} (5 / 5)^5) = 1.8 \text{ m}$$

$$Wtr-7 = 1.8 * (\text{SQRT} (5 / 5)^5) = 1.8 \text{ m}$$

$$Wtr-8 = 1.779 * (\text{SQRT} (5 / 5)^5) = 1.779 \text{ m}$$

$$Wtr = \text{SUM}(Wtr-n)$$

$$Wtr = 9.829 \text{ m}$$

### For uniformly spaced stiffeners

$$L\_0 = \text{Hts}/\# \text{ of Stiffeners} + 1$$

$$L\_0 = 9.829/(0 + 1)$$

$$L\_0 = 9.829 \text{ m}$$

$$L\_act = Wtr$$

$$L\_act = 9.829 \text{ m}$$

Number of Intermediate Stiffeners Sufficient Since  $H_u \geq L\_act$

### SUMMARY OF SHELL STIFFENING RESULTS

Number of Intermediate stiffeners req'd (NS) = 0

### FLAT BOTTOM: NON ANNULAR PLATE DESIGN [Back](#)

Ba = Area of bottom (cm<sup>2</sup>)

Bottom-OD = Bottom diameter (m)

c = Factor

ca-1 = Bottom (1st) shell course corrosion allowance (mm)

Ca-bottom = Bottom corrosion allowance (mm)

D-bottom = Density of bottom (kg/mm<sup>3</sup>)

G = Design specific gravity of the liquid to be stored

H = Max liquid level (m)

H' = Effective liquid head at design pressure (m)

JE = Bottom joint efficiency

S = Maximum Stress in first shell course per API 650 Table 5.1.a

S1 = Product stress in the first shell course per API 650 Table 5.1.a

S2 = Hydrostatic test stress in the first shell course per API 650 Table 5.1.a

t-1 = Bottom (1st) shell course thickness (mm)

t-actual = Actual bottom thickness (mm)

t-calc = Minimum nominal bottom plates thickness per API-650 5.4.1 (mm)

t-min = Minimum nominal bottom plates thickness per API-650 5.4.1 (mm)

t-test-1 = Bottom (1st) shell course test thickness (mm)

t-vac = Vacuum calculations per ASME section VIII Div. 1 (mm)

td-1 = Bottom (1st) shell course design thickness (mm)

Material = A36M

t-actual = 9 mm

t-min = 6.0 + Ca-bottom  
t-min = 6.0 + 3  
t-min = 9 mm

t-calc = t-min  
t-calc = 9 mm

### Calculation of Hydrostatic Test Stress & Product Stress (per API-650 Section 5.5.1)

Bottom-OD = 13.424 m  
JE = 1  
D-bottom = 0.00000784 kg/mm<sup>3</sup>  
t-1 = 10 mm  
ca-1 = 3 mm  
G = 1.01  
H = 13.58 m  
H' = 13.58 m  
St = 171 MPa  
Sd = 144.666 MPa  
Ca-bottom = 3 mm

#### Product stress in first shell course

$S1 = ((td-1 - ca-1) / (t-1 - ca-1)) * Sd$   
 $S1 = ((9.042 - 3) / (10 - 3)) * 144.666$   
S1 = 124.873 MPa

#### Hydrostatic test stress in first shell course

$S2 = (t-test-1 / t-1) * St$   
 $S2 = (5.061 / 10) * 171$   
S2 = 86.545 MPa

S = Max (S1, S2)  
S = Max (124.873 , 86.545)  
S = 124.873 MPa

ABS(E-p) < P-btm Then there is no uplift

### SUMMARY OF BOTTOM RESULTS [Back](#)

Material = A36M  
t-actual = 9 mm  
t-req = 9 mm

#### NET UPLIFT DUE TO INTERNAL PRESSURE

Net-Uplift = 0 N, (See roof report for calculations)

### WIND MOMENT (Per API-650 SECTION 5.11) [Back](#)

A = Area resisting the compressive force, as illustrated in Figure F.1  
P-F41 = Design pressure determined in F.4.1  
P-v = Internal pressure

Wind Velocity Specified By Purchaser

(3-sec gust based on a 2 % annual probability of being exceeded [50-year mean recurrence interval])

$V_{\text{entered}} = 80 \text{ kph}$   
 $V_s \text{ (Wind Velocity)} = V_{\text{entered}} = 80 \text{ kph}$

$V_f = (V_s / 190)^2$   
 $V_f = (80 / 190)^2$   
 $V_f \text{ (Velocity Factor)} = 0.177$

$PWS = 0.86 * V_f$   
 $PWS = 0.152 \text{ kPa}$

$PWR = 1.44 * V_f$   
 $PWR = 0.255 \text{ kPa}$

### **API-650 5.2.1.k Uplift Check**

$P\text{-F41} = (A * F_y * \text{TAN}(\text{Theta})) / (200 * D^2) + (0.00127 * \text{DLR}) / D^2$   
 $P\text{-F41} = (1561 * 217 * \text{TAN}(9.462)) / (200 * 13.3^2) + ((0.00127 * 95085) / 13.3^2)$   
 $P\text{-F41} = 2.278 \text{ kPa}$

$\text{Wind-Uplift} = \text{MIN}(PWR, (1.6 * P\text{-F41} - P_v))$   
 $\text{Wind-Uplift} = \text{MIN}(0.255, 3.645)$   
 $\text{Wind-Uplift} = 0.255 \text{ kPa}$

$A_{p\text{-Vert}} \text{ (Vertical Projected Area of Roof)} = 7.37 \text{ m}^2$

### **Horizontal Projected Area of Roof (Per API-650 5.2.1.f)**

$X_w \text{ (Moment Arm of UPLIFT wind force on roof)} = 6.65 \text{ m}$   
 $A_p \text{ (Projected Area of roof for wind moment)} = 138.929 \text{ m}^2$

$M\text{-roof (Moment Due to Wind Force on Roof)} = \text{Wind-Uplift} * A_p * X_w$   
 $M\text{-roof} = (255.291 * 138.929 * 6.65)$   
 $M\text{-roof} = 235,858 \text{ N-m}$

$X_s \text{ (Height from bottom to the Shell's center of gravity)} = \text{Shell Height} / 2$   
 $X_s = (14.4 / 2)$   
 $X_s = 7.2 \text{ m}$

$A_s \text{ (Projected Area of Shell)} = \text{Shell Height} * (D + 2 * t\text{-ins})$   
 $A_s = 14.4 * (13.3 + 2 * 0.11)$   
 $A_s = 194.688 \text{ m}^2$

$M\text{-Shell (Moment Due to Wind Force on Shell)} = (PWS * A_s * (\text{Shell Height} / 2))$   
 $M\text{-Shell} = (0.152 * 194.688 * (14.4 / 2))$   
 $M\text{-Shell} = 213,719 \text{ N-m}$

$M_w \text{ (Wind moment)} = M\text{-roof} + M\text{-shell}$   
 $M_w = 235,858 + 213,719$   
 $M_w = 449,576.594 \text{ N-m}$

## **RESISTANCE TO OVERTURNING (per API-650 5.11.2)**

DLR = Nominal weight of roof plate plus weight of roof plates overlap plus any attached structural.  
DLS = Nominal weight of the shell and any framing (but not roof plates) support by the shell and roof.  
F-friction = Maximum of 40% of weight of tank  
MDL = Moment about the shell-to-bottom joint from the nominal weight of the shell  
MDLR = Moment about the shell-to-bottom joint from the nominal weight of the roof plate plus any attached structural.  
MF = Stabilizing moment due to bottom plate and liquid weight  
MPi = Destabilizing moment about the shell-to-bottom joint from design pressure  
Mw = Destabilizing wind moment  
tb = Bottom plate thickness less C.A.  
wl = Circumferential loading of contents along shell-to-bottom joint

**An unanchored tank must meet these three criteria:**

Mw = 449,577 m-N  
DLS = 319,047.314 N  
DLR = 95,085 N

MPi =  $P * (P_i * D^2 / 4) * (D / 2)$   
MPi =  $0 * (3.142 * 13.3^2 / 4) * (13.3 / 2)$   
MPi = 0 m-N

MDL = DLS \* (D/2)  
MDL = 319,047.314 \* 13.3/2  
MDL = 2,121,665 N-m

MDLR = DLR \* (D/2)  
MDLR = 95,085 \* 13.3/2  
MDLR = 632,315 N-m

tb = 6 mm

wl-min-liq =  $59 * tb * \text{SQRT}(f_y\text{-btm} * H\text{-min-liq})$   
wl-min-liq =  $59 * 6 * \text{SQRT}(217 * 1.357)$   
wl-min-liq = 6,074.675 N/m

wl =  $(\min [59 * tb * \text{SQRT}(f_y\text{-btm} * H\text{-liq})] [140.8 * H\text{-liq} * D])$   
wl =  $(\min [59 * 6 * \text{SQRT}(217 * 13.58)] [140.8 * 13.58 * 13.3])$   
wl = 19,216.886 N/m

MF =  $(D/2) * wl * P_i * D$   
MF =  $6.65 * 19,216.886 * 3.142 * 13.3$   
MF = 5,339,569 m-N

MF-min-liq =  $(D/2) * wl\text{-min-liq} * P_i * D$   
MF-min-liq =  $6.65 * 6,074.675 * 3.142 * 13.3$   
MF-min-liq = 1,687,898 m-N

**Criteria 1**

$0.6 * Mw + MPi < (MDL + MF\text{-min-liq}) / 1.5 + MDLR$   
 $0.6 * 449,577 + 0 < (2,121,665 + 1,687,898) / 1.5 + 632,315$   
Since  $269,746 < 3,172,024$ , Tank is stable

**Criteria 2**

$M_w + F_p * M_{Pi} < (MDL + MF) / 2 + MDLR$   
 $449,577 + 0.4 * 0 < (2,121,665 + 5,339,569) / 2 + 632,315$   
Since  $449,577 < 4,362,932$ , Tank is stable

### Criteria 3

$M_{-shell} + F_p * M_{pi} < MDL / 1.5 + MDLR$   
 $213,718.886 + 0.4 * 0 < 2,121,665 / 1.5 + 632,315$   
Since  $213,719 < 2,046,758$ , Tank is stable

## RESISTANCE TO SLIDING (per API-650 5.11.4)

$F_{-wind} = V_f * 18 * A_s$   
 $F_{-wind} = 0.177 * 18 * 193.104$   
 $F_{-wind} = 28,558 \text{ N}$

$F_{-friction} = 0.4 * [(W_{-roof-corruded} * g) + (W_{-shell-corruded} * g) + (W_{-btm-corruded} * g) + (W_{-roof-struct} * g) + (W_{-min-liquid} * g)]$   
 $F_{-friction} = 0.4 * [(5,546.468 * 9.8) + (21,732 * 9.8) + (6,659.121 * 9.8) + (10,448 * 9.8) + (190,412 * 9.8)]$   
 $F_{-friction} = 921,033 \text{ N}$

No anchorage needed to resist sliding since  
 $F_{-friction} > F_{-wind}$

### Anchorage Requirement

Tank must be anchored by The design load, per API 650 Table E-6

[Back](#)

## SITE GROUND MOTION CALCULATIONS

Anchorage\_System (Anchorage System) = mechanically anchored

D (Nominal Tank Diameter) = 13.3 m

Fa (Site Acceleration Coefficient) = 1.0

Fv (Site Velocity Coefficient) = 1.3

H (Maximum Design Product Level) = 13.58 m

I (Importance Factor) = 1.0

K (Spectral Acceleration Adjustment Coefficient) = 1.5

Q (MCE to Design Level Scale Factor) = 1

Rwc (Convective Force Reduction Factor) = 2

Rwi (Impulsive Force Reduction Factor) = 4

S1 (Spectral Response Acceleration at a Period of One Second) = 0.5215

Seismic\_Site\_Class (Seismic Site Class) = seismic site class c

Seismic\_Use\_Group (Seismic Use Group) = seismic use group i

Ss (Spectral Response Acceleration Short Period) = 1.025

TL (Regional Dependent Transition Period for Longer Period Ground Motion) = 4 sec

**Design Spectral Response Acceleration at Short Period** *API 650 Sections E.4.6.1 and E.2.2*

$$SDS = Q * Fa * Ss = 1 * 1.0 * 1.025 = 1.025$$

**Design Spectral Response Acceleration at a Period of One Second** *API 650 Sections E.4.6.1 and E.2.2*

$$SD1 = Q * Fv * S1 = 1 * 1.3 * 0.5215 = 0.6779$$

**Sloshing Coefficient** *API 650 Section E.4.5.2*

$$\begin{aligned} Ks &= 0.578 / \text{SQRT}(\text{TANH}(((3.68 * \text{Liq\_max}) / D))) \\ &= 0.578 / \text{SQRT}(\text{TANH}(((3.68 * 13.58) / 13.3))) \\ &= 0.5783 \end{aligned}$$

**Convective Natural Period** *API 650 Section E.4.5.2*

$$Tc = 1.8 * Ks * \text{SQRT}(D) = 1.8 * 0.5783 * \text{SQRT}(13.3) = 3.7963 \text{ sec}$$

**Impulsive Design Response Spectrum Acceleration Coefficient** *API 650 Sections E.4.6.1*

$$Ai = SDS * (I / Rwi) = 1.025 * (1.0 / 4) = 0.2563$$

*API 650 Sections E.4.6.1*

$$Ai = \text{MAX}(Ai, 0.007) = \text{MAX}(0.2563, 0.007) = 0.2563$$

$$Tc \leq TL$$

**Convective Design Response Spectrum Acceleration Coefficient** *API 650 Sections E.4.6.1*

$$\begin{aligned} Ac &= K * SD1 * (1 / Tc) * (I / Rwc) \\ &= 1.5 * 0.6779 * (1 / 3.7963) * (1.0 / 2) \\ &= 0.1339 \end{aligned}$$

$$Ac = \text{MIN}(Ac, Ai) = \text{MIN}(0.1339, 0.2563) = 0.1339$$

**Vertical Ground Acceleration Coefficient** *API 650 Section E.6.1.3 and E.2.2*

$$Av = (2 / 3) * 0.7 * SDS = (2 / 3) * 0.7 * 1.025 = 0.4783$$

Vertical Ground Acceleration Coefficient Specified by user (Av) = 0.4783



## SEISMIC CALCULATIONS [Back](#)

< Mapped ASCE7 Method >

Ac = Convective spectral acceleration parameter

Ai = Impulsive spectral acceleration parameter

Av = Vertical Earthquake Acceleration Coefficient

Ci = Coefficient for impulsive period of tank system (Fig. E-1)

D/H = Ratio of Tank Diameter to Design Liquid Level

Density = Density of tank product (SG \* 62.42786)

Fc = Allowable longitudinal shell-membrane compressive stress

Fty = Minimum specified yield strength of shell course

Fy = Minimum yield strength of bottom annulus

Ge = Effective specific gravity including vertical seismic effects

I = Importance factor defined by Seismic Use Group

k = Coefficient to adjust spectral acceleration from 5% - 0.5% damping

L = Required Annular Ring Width

Ls = Actual Annular Plate Width

Mrw = Ringwall moment-portion of the total overturning moment that acts at the base of the tank shell perimeter

Ms = Slab moment (used for slab and pile cap design)

Pa = Anchorage chair design load

Pab = Anchor seismic design load

Q = Scaling factor from the MCE to design level spectral accelerations

RCG = Height from Top of Shell to Roof Center of Gravity

Rwc = Force reduction factor for the convective mode using allowable stress design methods (Table E-4)

Rwi = Force reduction factor for the impulsive mode using allowable stress design methods (Table E-4)

S0 = Design Spectral Response Param. (5% damped) for 0-second Periods (T = 0.0 sec)

Sd1 = The design spectral response acceleration param. (5% damped) at 1 second based on ASCE7 methods per API 650 E.2.2

Sds = The design spectral response acceleration param. (5% damped) at short periods (T = 0.2 sec) based on ASCE7 methods per API 650 E.2.2

SigC = Maximum longitudinal shell compression stress

SigC-anchored = Maximum longitudinal shell compression stress

SUG = Seismic Use Group (Importance factors depends on SUG)

T-L = Regional Dependent Transition Period for Long Period Ground Motion (Per ASCE 7-05, fig. 22-15)

ta = Actual Annular Plate Thickness less C.A.

ts1 = Thickness of bottom Shell course minus C.A.

tu = Equivalent uniform thickness of tank shell

V = Total design base shear

Vc = Design base shear due to convective component from effective sloshing weight

Vi = Design base shear due to impulsive component from effective weight of tank and contents

wa = Force resisting uplift in annular region

Wab = Design uplift load on anchor per unit circumferential length

Wc = Effective Convective (Sloshing) Portion of the Liquid Weight

Weff = Effective Weight Contributing to Seismic Response

Wf = Weight of Floor (Incl. Annular Ring)

Wi = Effective Impulsive Portion of the Liquid Weight

wint = Uplift load due to design pressure acting at base of shell

Wp = Total weight of Tank Contents based on S.G.

Wr = Weight Fixed Roof, framing and 10 % of Design Snow Load & Insul.

Wrs = Roof Load Acting on Shell, Including 10% of Snow Load

Ws = Weight of Shell (Incl. Shell Stiffeners & Insul.)

wt = Shell and roof weight acting at base of shell

Xc = Height to center of action of the lateral seismic force related to the convective liquid force for ringwall moment

Xcs = Height to center of action of the lateral seismic force related to the convective liquid force for the slab moment

Xi = Height to center of action of the lateral seismic force related to the impulsive liquid force for ringwall moment

Xis = Height to center of action of the lateral seismic force related to the impulsive liquid force for the slab moment

Xr = Height from Bottom of Shell to Roof Center of Gravity

Xs = Height from Bottom to the Shell's Center of Gravity

$g = 9.8 \text{ m/s}^2$

## WEIGHTS

$Ws = 39,315 \text{ kgf}$  or  $385,544.853 \text{ N}$

$Wf = 9,988.681 \text{ kgf}$  or  $97,955.496 \text{ N}$

$Wr = 26,743 \text{ kgf}$  or  $262,258.395 \text{ N}$

## EFFECTIVE WEIGHT OF PRODUCT

$D/H = 0.979$

$Wp = 1,905,523 \text{ kgf}$

$Wi = (1 - (0.218 * D/H)) * Wp$

$Wi = (1 - (0.218 * 0.979)) * 1,905,523$

$Wi = 1,498,684 \text{ kgf}$

$Wc = 0.23 * D/H * \text{TANH}(3.67 * H/D) * Wp$

$Wc = 0.23 * 0.979 * \text{TANH}(3.67 * 1.021) * 1,905,523$

$Wc = 428,757 \text{ kgf}$

$W_{eff} = Wi + Wc$

$W_{eff} = 1,498,684 + 428,757$

$W_{eff} = 1,927,440.66 \text{ kgf}$

$Wrs = 26,743 \text{ kgf}$

## DESIGN LOADS

$Vi = Ai * (Ws + Wr + Wf + Wi)$

$Vi = 0.2563 * (39,315 + 26,743 + 9,988.681 + 1,498,684)$

$Vi = 403,603 \text{ kgf}$

$Vc = Ac * Wc$

$Vc = 0.134 * 428,757$

$Vc = 57,411 \text{ kgf}$

$V = \text{SQRT}(Vi^2 + Vc^2)$

$V = \text{SQRT}(403,603^2 + 57,411^2)$

$V = 407,666.09 \text{ kgf}$

## CENTER OF ACTION FOR EFFECTIVE LATERAL FORCES

$Xs = 6.79 \text{ m}$

$RCG = 1/3 * R * (\text{TAND}(\text{Theta}))$

$RCG = 1/3 * 6664.5 * (\text{TAND}(9.462))$

$RCG = 138.844 \text{ mm}$  or  $0.139 \text{ m}$

$$X_r = \text{Shell Height} + \text{RCG}$$

$$X_r = 14.4 + 0.139$$

$$X_r = 14.539 \text{ m}$$

### CENTER OF ACTION FOR RINGWALL OVERTURNING MOMENT

$$X_i = (0.5 - (0.094 * D/H)) * H$$

$$X_i = (0.5 - (0.094 * 0.979)) * 13.58$$

$$X_i = 5.54 \text{ m}$$

$$X_c = (1 - (\text{COSH}(3.67 * H/D) - 1) / ((3.67 * H/D) * \text{SINH}(3.67 * H/D))) * H$$

$$X_c = (1 - (\text{COSH}(3.67 * 1.021) - 1) / ((3.67 * 1.021) * \text{SINH}(3.67 * 1.021))) * 13.58$$

$$X_c = 10.123 \text{ m}$$

### CENTER OF ACTION FOR SLAB OVERTURNING MOMENT

$$X_{is} = (0.5 + (0.06 * D/H)) * H$$

$$X_{is} = (0.5 + (0.06 * 0.979)) * 13.58$$

$$X_{is} = 7.588 \text{ m}$$

$$X_{cs} = (1 - (\text{COSH}(3.67 * H/D) - 1.937) / ((3.67 * H/D) * \text{SINH}(3.67 * H/D))) * H$$

$$X_{cs} = (1 - (\text{COSH}(3.67 * 1.021) - 1.937) / ((3.67 * 1.021) * \text{SINH}(3.67 * 1.021))) * 13.58$$

$$X_{cs} = 10.283 \text{ m}$$

### Dynamic Liquid Hoop Forces

SHELL	Width (m)	Y (m)	Ni (N/mm)	Nc (N/mm)	Nh (N/mm)	SigT+ (MPa)	SigT- (MPa)
SUMMARY			$= 2.6 * A_i * G * D^2$	$= 1.85 * A_c * G * D^2 * (\text{COSH}(3.68 * (H - Y)) / D) / (\text{COSH}(3.68 * H / D))$	$= 4.9011293 * Y * D * G$	$= (+ N_h (\text{SQRT}(N_i^2 + N_c^2 + (A_v * N_h / 2.5)^2))) / t-n$	$= (- N_h (\text{SQRT}(N_i^2 + N_c^2 + (A_v * N_h / 2.5)^2))) / t-n$
Shell 1	1.8	13.275	119.054	2.072	873.997	107.927	66.872
Shell 2	1.8	11.475	119.054	2.425	755.491	104.751	63.135
Shell 3	1.8	9.675	119.404	3.392	636.984	115.376	66.619
Shell 4	1.8	7.875	114.216	5.218	518.478	111.641	61.185
Shell 5	1.8	6.075	101.245	8.365	399.972	105.431	54.557
Shell 6	1.8	4.275	80.49	13.63	281.465	75.852	36.733
Shell 7	1.8	2.475	51.952	22.347	162.959	45.507	19.675
Shell 8	1.729	0.675	15.631	36.723	44.453	17.052	0.728

### Overturning Moment

$$M_{rw} = ((A_i * [(W_i * g) * X_i + (W_s * g) * X_s + (W_r * g) * X_r])^2 + [A_c * (W_c * g) * X_c]^2)^{0.5}$$

$$M_{rw} = ((0.2563 * [(1,498,684 * 9.8) * 5.54 + (39,315 * 9.8) * 6.79 + (26,743 * 9.8) * 14.539])^2 + [0.134 * (428,757 * 9.8) * 10.123]^2)^{0.5}$$

$$M_{rw} = 23,225,971.728 \text{ N-m}$$

$$M_s = ((A_i * [(W_i * g) * X_{is} + (W_s * g) * X_s + (W_r * g) * X_r])^2 + [A_c * (W_c * g) * X_{cs}]^2)^{0.5}$$

$$M_s = ((0.2563 * [(1,498,684 * 9.8) * 7.588 + (39,315 * 9.8) * 6.79 + (26,743 * 9.8) * 14.539])^2 + [0.134 * (428,757 * 9.8) * 10.283]^2)^{0.5}$$

$$M_s = 30,780,514.726 \text{ N-m}$$

### RESISTANCE TO DESIGN LOADS

$$F_y = 217 \text{ MPa}$$

$$G_e = S.G. * (1 - 0.4 * A_v)$$

$$G_e = 1.01 * (1 - 0.4 * 0.478)$$

$$G_e = 0.817$$

$$w_a = \text{MIN} (99 * t_a * (F_y * H * G_e)^{0.5}, 201.1 * H * D * G_e)$$

$$w_a = \text{MIN} (99 * 6 * (217 * 13.58 * 0.817)^{0.5}, 201.1 * 13.58 * 13.3 * 0.817)$$

$$w_a = \text{MIN} (29,141.723, 29,666.175)$$

$$w_a = 29,141.723 \text{ N/m}$$

$$w_t = (W_{rs} + W_s) / (\pi * D)$$

$$w_t = (26,743 + 39,315) / (3.142 * 13.3)$$

$$w_t = 15,503.923 \text{ N/m}$$

$$w_{int} = P * (\pi * D^2 / 4) / (\pi * D)$$

$$w_{int} = 0 * (3.142 * 13.3^2 / 4) / (3.142 * 13.3)$$

$$w_{int} = 0 \text{ N/m}$$

### Annular Ring Requirements

$$L = \text{MIN} (0.035 * D, \text{MAX} (0.45, 0.01723 * t_a * (F_y / (H * G_e))^{0.5}))$$

$$L = \text{MIN} (0.035 * 13.3, \text{MAX} (0.45, 0.01723 * 6 * (217 / (13.58 * 0.817))^{0.5}))$$

$$L = \text{MIN} (0.466, \text{MAX} (0.45, 0.457))$$

$$L = 0.457 \text{ m}$$

$$L_s = 0 \text{ m}$$

Since  $L_s < L$ , recalculate  $w_a$ .

$$w_a = 36.5 * H * G_e * L_s$$

$$w_a = 36.5 * 14.4 * 0.817 * 0$$

$$w_a = 0$$

### Anchorage Ratio

$$J = Mr_w / (D^2 * [w_t * (1 - 0.4 * A_v) + w_a - 0.4 * w_{int}])$$

$$J = 23,225,971.728 / (13.3^2 * [15,503.923 * (1 - 0.4 * 0.478) + 29,141.723 - 0.4 * 0])$$

$$J = 3.15$$

Since  $J > 1.54$  The tank is not stable and cannot be self-anchored for the design load, per API 650 Table E-6

### Maximum Longitudinal Shell-Membrane Compressive Stress

$$t_{s1} = 7 \text{ mm}$$

$$\text{Sig}_C = ((w_t * (1 + (0.4 * A_v)) + w_a) / (0.607 - (0.18667 * J^{2.3})) - w_a) * (1 / (1,000 * t_s))$$

$$\text{Sig}_C = ((15,503.923 * (1 + (0.4 * 0.478)) + 29,141.723) / (0.607 - (0.18667 * 3.15^{2.3})) - 29,141.723) * (1 / (1,000 * 7))$$

$$\text{Sig}_C = -7.5523823399847405 \text{ MPa}$$

### Allowable Longitudinal Shell-Membrane Compression Stress

$$F_{ty} = 217 \text{ MPa}$$

### Criteria for $F_c$

Since  $[G * H * D^2 / ts1^2] \geq 44$   
 Since  $[1.01 * 13.58 * 13.3^2 / 7^2] \geq 44$   
 Since  $49.514 \geq 44$  Then  $F_c = 83 * ts1 / D$

$F_c = 83 * ts1 / D$   
 $F_c = 83 * 7 / 13.3$   
 $F_c = 43.684 \text{ MPa}$

### Hoop Stresses

SHELL SUMMARY	SigT+	Sd * 1.333	Fy * 0.9 * E	Allowable Membrane	t-Min	Shell Ok
Shell 1	107.927	192.84	195.3	192.84	6.917	OK
Shell 2	104.751	192.84	195.3	192.84	6.259	OK
Shell 3	115.376	192.84	195.3	192.84	4.79	OK
Shell 4	111.641	192.84	195.3	192.84	4.105	OK
Shell 5	105.431	192.84	195.3	192.84	3.413	OK
Shell 6	75.852	192.84	195.3	192.84	2.876	OK
Shell 7	45.507	192.84	195.3	192.84	2.325	OK
Shell 8	17.052	192.84	195.3	192.84	1.809	OK

### Mechanically Anchored

Number of anchor = 24  
 Max spacing = 3 m  
 Actual spacing = 1.778 m  
 Minimum # anchor = 14

$W_{ab} = (1.273 * Mrw) / D^2 - wt * (1 - 0.4 * A_v) + w_{int}$   
 $W_{ab} = (1.273 * 23,225,971.728) / 13.3^2 - 15,503.923 * (1 - 0.4 * 0.478) + 0$   
 $W_{ab} = 154,609 \text{ N/m}$

$P_{ab} = W_{ab} * \pi * D / N_a$   
 $P_{ab} = 154,609 * 3.142 * 13.3 / 24$   
 $P_{ab} = 269,169.788 \text{ N}$

$P_a = 3 * P_{ab}$   
 $P_a = 3 * 269,169.788$   
 $P_a = 807,509.366 \text{ N}$

### Shell Compression in Mechanically-Anchored Tanks

$\text{SigC-anchored} = [Wt * (1 + (0.4 * A_v)) + (1.273 * Mrw) / D^2] * (1 / (1,000 * ts))$   
 $\text{SigC-anchored} = [15,503.923 * (1 + (0.4 * 0.478)) + (1.273 * 23,225,971.728) / 13.3^2] * (1 / (1,000 * 7))$   
 $\text{SigC-anchored} = 26.516 \text{ MPa}$

$F_c = 43.684 \text{ MPa}$

$\text{SigC-anchored} \leq F_c$  Then the design is acceptable.

## Detailing Requirements (Anchorage)

$$SUG = 1$$

$$Sds = 1.025 \text{ g or } 102.5 \%g$$

### Freeboard - Sloshing

$$TL\text{-sloshing} = 4 \text{ sec}$$

$$l\text{-sloshing} = 1.0$$

$$Tc = 3.796$$

$$k = 1.5$$

$$Sd1 = 0.678 \text{ g or } 67.8 \%g$$

$$Af = 0.268 \text{ g per API 650 E.7.2}$$

$$\Delta s = 0.42 * D * Af$$

$$\Delta s = 0.42 * 13.3 * 0.268$$

$$\Delta s = 1.496 \text{ m}$$

$$0.7 * \Delta s = 1.048 \text{ m}$$

Since  $Sds \geq 0.33g$  and  $SUG = 1$  per API 650 Table E-7.

a. A freeboard of  $0.7 * \Delta s$  is recommended for economic considerations but not required.

### Sliding Resistance

$$\mu = 0.4 \text{ (friction coefficient)}$$

$$V = 407,666.09 \text{ kgf}$$

$$Vs = \mu * (Ws + Wr + Wf + Wp) * (1 - 0.4 * Av)$$

$$Vs = 0.4 * (39,315 + 26,743 + 9,988.681 + 1,905,523) * (1 - 0.4 * 0.478)$$

$$Vs = 640,982.161 \text{ kgf}$$

Since  $V \leq Vs$  Then the tank will not experience major sliding and does not require additional lateral anchorage, per API 650 E.7.6.

### Local Shear Transfer

$$V_{max} = 2 * V / (\pi * D)$$

$$V_{max} = 2 * 407,666.09 / (3.142 * 13.3)$$

$$V_{max} = 19,513.405 \text{ kgf/m}$$

## ANCHOR BOLT DESIGN [Back](#)

Bolt Material : A193M-B7

Sy = 723.949 MPa

### UPLIFT LOAD CASES, PER API-650 TABLE 5-21b

A-s-r = Bolt Root Area Req'd

bt = Uplift load per bolt

D = Tank D (m)

Fp = Pressure Combination Factor

Mrw = Seismic Ringwall Moment (Nm)

N = Anchor bolt quantity

P = Design pressure (pa)

Pf = Failure pressure per F.6 (KPa)

Pt = Test pressure per F.7.6 = 1.25 \* P = 0 (pa)

sd = Allowable Anchor Bolt Stress (MPa)

Shell-sd-at-anchor = Allowable Shell Stress at Anchor Attachment (MPa)

t-actual = Actual Roof plate thickness (mm)

t-h = Roof plate thickness less CA (mm)

Vf = Velocity factor (kph)

W1 = Dead Load of Shell minus C.A. and Any Dead Load minus C.A. other than Roof Plate Acting on Shell

W2 = Dead Load of Shell minus C.A. and Any Dead Load minus C.A. including Roof Plate minus C.A. Acting on Shell

W3 = Dead Load of New Shell and Any Dead Load other than Roof Plate Acting on Shell

### For Tank with Structural Supported Roof

W1 = W-shell-corroded + Shell Insulation

W1 = 213,118.795 + 8,541.689

W1 = 297,009.087 N

W2 = W-shell-corroded + Shell Insulation + Corroded Roof Plates Supported by Shell + Roof Dead Load Supported by Shell

W2 = 213,118.795 + 8,541.689 + 54,392.267 + 19,532.505

W2 = 542,949.802 N

W3 = New Shell + Shell Insulation

W3 = 299,453.542 + 8,541.689

W3 = 307,995.231 N

### Uplift Case 1: Design Pressure Only

$U = [(P - 0.08 * t-h) * D^2 * 785] - W1$

$U = [(0 - 0.08 * 5) * 13.3^2 * 785] - 297,009.087$

U = -352,552.54790142016 N

bt = U/N

bt = -14,689.689495892506 N

sd = 104.166 MPa

Shell-sd-at-anchor = 144.666 MPa

A-s-r = N.A., since Load per Bolt is zero

### Uplift Case 2: Test Pressure Only

$$U = [(Pt - 0.08 * t-h) * D^2 * 785] - W1$$

$$U = [(0 - 0.08 * 5) * 13.3^2 * 785] - 297,009.087$$

$$U = -352,552.54790142016 \text{ N}$$

$$bt = U/N$$

$$bt = -14,689.689495892506 \text{ N}$$

$$sd = 138.888 \text{ MPa}$$

$$\text{Shell-sd-at-anchor} = 180.833 \text{ MPa}$$

A-s-r = N.A., since Load per Bolt is zero

### **Uplift Case 3: Failure Pressure Only**

Not applicable since if there is a knuckle on tank roof, or tank roof is not frangible.  
Pf (failure pressure per F.6) = N.A.

### **Uplift Case 4: Wind Load Only**

$$\text{PWR} = \text{Wind-Uplift per API 650 Table 5-21a, 5-21b}$$

$$\text{PWS} = \text{Wind-Pressure per API 650 Table 5-21a, 5-21b}$$

$$\text{PWR} = 0.255 \text{ KPa}$$

$$\text{PWS} = 152.465 \text{ N/m}^2$$

$$\text{MWH} = \text{PWS} * D * (H^2 / 2) \text{ per API 650 Table 5-21a, 5-21b}$$

$$\text{MWH} = 152.465 * 13.3 * (14.4^2 / 2)$$

$$\text{MWH} = 210,241.212 \text{ Nm}$$

$$U = \text{PWR} * D^2 * 785 + (4 * \text{MWH} / D) - W2$$

$$U = 0.255 * 13.3^2 * 785 + (4 * 210,241.212 / 13.3) - 542,949.802$$

$$U = -444,270.0187408453 \text{ N}$$

$$bt = U/N$$

$$bt = -18,511.250780868555 \text{ N}$$

$$sd = 200 \text{ MPa}$$

$$\text{Shell-sd-at-anchor} = 180.833 \text{ MPa}$$

A-s-r = N.A., since Load per Bolt is zero

### **Uplift Case 5: Seismic Load Only**

$$U = [4 * Mrw / D] - W2 * (1 - 0.4 * Av)$$

$$U = [4 * 23,225,972 / 13.3] - 542,949.802 * (1 - 0.4 * 0.478)$$

$$U = 6,546,182.008 \text{ N}$$

$$bt = U/N$$

$$bt = 272,757.583 \text{ N}$$

$$sd = 200 \text{ MPa}$$

$$\text{Shell-sd-at-anchor} = 180.833 \text{ MPa}$$

$$A-s-r = bt / sd$$

$$A-s-r = 272,757.583 / 200$$

$$A-s-r = 1,363.787 \text{ mm}^2$$



### **Uplift Case 6: Design Pressure + Wind Load**

$$U = [(F_p * P + PWR - 0.08 * t-h) * D^2 * 785] + [4 * MWH / D] - W1$$

$$U = [(0.4 * 0 + 0.255 - 0.08 * 5) * 13.3^2 * 785] + [4 * 210,241.212 / 13.3] - 297,009.087$$

$$U = -253,872.76401222352 \text{ N}$$

$$bt = U/N$$

$$bt = -10,578.031833842646 \text{ N}$$

$$sd = 138.888 \text{ MPa}$$

$$\text{Shell-sd-at-anchor} = 180.833 \text{ MPa}$$

A-s-r = N.A., since Load per Bolt is zero

### **Uplift Case 7: Design Pressure + Seismic Load**

$$U = [(F_p * P - 0.08 * t-h) * D^2 * 785] + [4 * Mrw / D] - W1 * (1 - 0.4 * Av)$$

$$U = [(0.4 * 0 - 0.08 * 5) * 13.3^2 * 785] + [4 * 23,225,972 / 13.3] - 297,009.087 * (1 - 0.4 * 0.478)$$

$$U = 6,689,525.885 \text{ N}$$

$$bt = U/N$$

$$bt = 278,730.245 \text{ N}$$

$$sd = 200 \text{ MPa}$$

$$\text{Shell-sd-at-anchor} = 180.833 \text{ MPa}$$

$$A-s-r = bt / sd$$

$$A-s-r = 278,730.245 / 200$$

$$A-s-r = 1,393.651 \text{ mm}^2$$

### **Uplift Case 8: Frangibility Pressure**

Not applicable since if there is a knuckle on tank roof, or tank roof is not frangible.

Pf (failure pressure per F.6) = N.A.

## ANCHOR BOLT SUMMARY [Back](#)

Bolt Root Area Req'd = 1,393.651 mm<sup>2</sup>  
Bolt Diameter (d) = 56 mm (M56)  
Threads per centimeters (n) = 0.182

A-s = Actual Bolt Root Area  
 $A-s = (\pi / 4) * (d - 33.02 / n)^2$   
 $A-s = 0.7854 * (56 - 33.02 / 0.182)^2$   
A-s = 1874.218 mm<sup>2</sup>

Exclusive of Corrosion  
Bolt Diameter Req'd = 48.872 mm (per ANSI B1.1)  
Actual Bolt Diameter = 56 mm (M56)  
Bolt Diameter Meets Requirements

### ANCHORAGE REQUIREMENTS

Wind or Uplift calculations require anchorage  
Minimum # Anchor Bolts = 14  
per API-650 5.12.3  
Actual # Anchor Bolts = 24  
Anchorage Meets Spacing Requirements

### ANCHOR CHAIR DESIGN

(from AISI 'Steel Plate Engr Data' Dec. 92, Vol. 2, Part VII)

#### Entered Parameters

Chair Material : A36M  
Top Plate Type : DISCRETE  
Chair Style : VERT. TAPERED  
Top Plate Width (a) : 235 mm  
Top Plate Length (b) : 235 mm  
Vertical Plate Width (k) : 143.5 mm  
Top Plate Thickness (c) : 36 mm  
Bolt Eccentricity (e) : 100 mm  
Outside of Top Plate to Hole Edge (f) : 100 mm  
Distance Between Vertical Plates (g) : 100 mm  
Chair Height (h) : 450 mm  
Vertical Plates Thickness (j) : 19 mm  
Bottom Plate thickness (m) : 9 mm  
Shell Course + Repad Thickness (t) : 40 mm  
Nominal Radius to Tank Centerline (r) : 6655 mm  
Design Load per Bolt (P) : 418095 N  
Bolt Diameter (d) = 56 mm (M56)  
Threads per unit length (n) = 0.182

Bolt Yield Load = A-s \* Sy  
Bolt Yield Load = 1874.218 \* 723.949  
Bolt Yield Load = 1,356,839.107 N

Seismic Design Bolt Load (Pa) = 807,509.366 N  
Anchor Chairs will be designed to withstand  
Design Load per Bolt

Anchor Chair Design Load, (P) : 807,509.366 N

For anchor Chair Material: A36M  
(per API-650 Table 5-2b, Sd-Chair = 160 MPa)

Since bottom  $t \leq 10$  mm, and Seismic anchorage required (J) > 1.45,  
or Wind Speed is > 160.934 kph,  
h-min is 305 mm.

For Discrete Top Plate,  
Max. Chair Height Recommended :  $h \leq 3 * a$

$h\text{-max} = 3 * a$   
 $h\text{-max} = 3 * 235 = 705$  mm.

$h\text{-actual} = 450$  mm.

$e\text{-min} = 0.886 * d + 15$   
 $e\text{-min} = 0.886 * 56 + 15 = 64.616$  mm.

$e\text{-actual} = 100$  mm.

$g\text{-min} = d + 26$   
 $g\text{-min} = 56 + 26 = 82$  mm.

$g\text{-actual} = 100$  mm.

$f\text{-min} = d/2 + 4$   
 $f\text{-min} = 56/2 + 4 = 32$  mm.

$c\text{-min} = \text{SQRT}[P / \text{Sd-Chair} / f * (0.375 * g - 0.22 * d)]$   
 $c\text{-min} = \text{SQRT}[807,509.366 / 160 / 100 * (0.375 * 100 - 0.22 * 56)] = 35.648$  mm.

$c\text{-actual} = 36$  mm.

$j\text{-min} = \text{MAX}(13, [0.04 * (h - c)])$   
 $j\text{-min} = \text{MAX}(13, [0.04 * (450 - 36)]) = 16.56$  mm.

$j\text{-actual} = 19$  mm.

$b\text{-min} = e\text{-min} + d + 7$   
 $b\text{-min} = 64.616 + 56 + 7 = 127.616$  mm.

Stress due to Top Plate Thickness

$S\text{-actual-Top-Plate} = P / (f * c^2) * (0.375 * g - 0.22 * d)$   
 $S\text{-actual-Top-Plate} = 807,509.366 / (100 * 36^2) * (0.375 * 100 - 0.22 * 56) = 156.891$  MPa

Repad-t = 30 mm  
t-shell-1 = 10 mm

ClearX = Minimum Clearance of Repad from Anchor chair  
 $\text{ClearX} = \text{MAX}(51, 6 * \text{Repad-t}, 6 * \text{t-shell-1})$   
 $\text{ClearX} = \text{MAX}(51, 6 * 30, 6 * 10) = 180$  mm

Minimum Height = h + ClearX  
Minimum Height = 450 + 180 = 630 mm

Minimum Width =  $a + 2 * \text{ClearX}$   
Minimum Width =  $235 + 2 * 180 = 595 \text{ mm}$

Shell Stress due to Chair Height (For discrete Top Plate)

$S\text{-actual-ChairHeight} = P * e / t^2 * F3$

Where  $F3 = F1 + F2$

now  $F1 = (1.32 * z) / (F6 + F7)$

where  $F6 = (1.43 * a * h^2) / (r * t)$

and  $F7 = (4 * a * h^2)^{1/3}$

and  $z = 26 / (F4 * F5 + 26)$

where  $F4 = (0.177 * a * m) / \text{SQRT}(r * t)$

and  $F5 = (m / t)^2$

yields  $F5 = (9 / 40)^2$

$F5 = 0.05$

yields  $F4 = (0.177 * 235 * 9) / \text{SQRT}(6,650 * 40)$

$F4 = 0.725$

yields  $z = 26 / (0.725 * 0.05 + 26)$

$z = 0.998$

yields  $F7 = (4 * 235 * 450^2)^{1/3}$

$F7 = 575.242$

yields  $F6 = (1.43 * 235 * 450^2) / (6,650 * 40)$

$F6 = 255.827$

yields  $F1 = (1.32 * 0.998) / (255.827 + 575.242)$

$F1 = 0.001$

now  $F2 = 0.031 / \text{SQRT}(r * t)$

yields  $F2 = 0.031 / \text{SQRT}(6,650 * 40)$

$F2 = 0.001$

yields  $F3 = 0.001 + 0.001$

$F3 = 0.003$

yields  $S\text{-actual-ChairHeight} = 807,509.366 * 100 / 40^2 * 0.003$

yields  $S\text{-actual-ChairHeight} = 177.903 \text{ MPa}$

Maximum Recommended Stress is 170 MPa for the Shell

(per API-650 E.6.2.1.2)

$Sd\text{-ChairHeight} = 170 \text{ MPa}$

#### ANCHOR CHAIR SUMMARY

S-actual-Top-Plate Meets Design Calculations

(within 105% of  $Sd\text{-Chair}$ )

$S\text{-actual-Top-Plate}/Sd\text{-Chair}$

$156.891/160 = 98.05\%$

S-actual-ChairHeight Meets Design Calculations

(within 105% of  $Sd\text{-ChairHeight}$ )

$S\text{-actual-ChairHeight}/Sd\text{-ChairHeight}$

$177.903/170 = 104.64\%$

## NORMAL AND EMERGENCY VENTING (API-2000 6th EDITION) [Back](#)

### NORMAL VENTING

Lamda\_in (Insulation thermal conductivity) = 0.05 w/m.kdeg  
T (Product storage temperature) = 338 degc  
Vpe (Maximum emptying rate) = 68.13 m<sup>3</sup>/hr  
Vpf (Maximum filling rate) = 51.0975 m<sup>3</sup>/hr  
Vtk (Tank capacity) = 1889.1995 m<sup>3</sup>  
h (Inside heat transfer) = 0.1768 w/m<sup>2</sup>.kdeg  
insulation\_type (Insulation type) = full insulation  
L\_in (Insulation thickness) = 110 mm  
latitude (Latitude zone) = below 42  
vapour\_pressure\_type (Vapour pressure type) = hexane or similar

#### Insulation reduction factor *API-2000 4.3.2.4*

$$\begin{aligned} R_{in} &= 1 / (1 + ((h * L_{in}) / \text{Lamda}_{in})) \\ &= 1 / (1 + ((0.1768 * 0.11) / 0.05)) \\ &= 0.72 \end{aligned}$$

### In-breathing

#### Required in-breathing flow rate due to liquid movement *API-2000 4.3.2.2.2*

$$V_{ip} = V_{pe} = 68.13 = 68.13 \text{ m}^3/\text{hr}$$

As per API-2000 Table-2, C factor (C) = 6.5

#### Required in-breathing flow rate due to thermal effects *API-2000 4.3.2.3.3*

$$VIT = C * (Vtk^{0.7}) * R_{in} = 6.5 * (1889.1995^{0.7}) * 0.72 = 919.6405 \text{ m}^3/\text{hr}$$

#### Total required in-breathing volumetric flow rate

$$V_i = V_{ip} + VIT = 68.13 + 919.6405 = 987.7705 \text{ m}^3/\text{hr}$$

### Out-breathing

#### Required out-breathing flow rate due to liquid movement *API-2000 4.3.2.2.1*

$$V_{op} = V_{pf} = 51.0975 = 51.0975 \text{ m}^3/\text{hr}$$

As per API-2000 Table-1, Y factor (Y) = 0.32

#### Required out-breathing flow rate due to thermal effects *API-2000 4.3.2.3.2*

$$VOT = Y * (Vtk^{0.9}) * R_{in} = 0.32 * (1889.1995^{0.9}) * 0.72 = 204.6964 \text{ m}^3/\text{hr}$$

#### Total required out-breathing volumetric flow rate

$$V_o = V_{op} + VOT = 51.0975 + 204.6964 = 255.7939 \text{ m}^3/\text{hr}$$

### EMERGENCY VENTING

D (Tank diameter) = 13.3 m  
H (Tank height) = 14.4 m  
Pg (Design pressure) = 0.0 kPa  
insulation\_type (Insulation type) = full insulation  
L\_in (Insulation thickness) = 110 mm  
vapour\_pressure\_type (Vapour pressure type) = hexane or similar

As per API-2000 Table 9, Environmental factor for insulation (F\_ins) = 0.071

As per API-2000 Table 9, Environmental factor for drainage (F\_drain) = 0.5

**Environmental factor** *API-2000 4.3.3.3.4*

$$F = \text{MIN}(F_{\text{ins}}, F_{\text{drain}}) = \text{MIN}(0.071, 0.5) = 0.071$$

**Wetted surface area**

$$\text{ATWS} = \pi * D * \text{MIN}(H, 9.14) = \pi * 13.3 * \text{MIN}(14.4, 9.14) = 381.8983 \text{ m}^2$$

**Required emergency venting capacity** *API-2000 Table 5 and 4.3.3.3.4*

$$q = 19910 * F = 19910 * 0.071 = 1413.61 \text{ m}^3/\text{hr}$$

## PLAN VIEW APPURTENANCE

MARK	CUST. MARK	DESCRIPTION	OUTSIDE PROJ (mm)	INSIDE PROJ (mm)	ORIENT	RADIUS (mm)	REMARKS	REF DWG
RCH01		20" ROOF CIRCULAR HATCH	255mm	0mm	360'	4500mm		
RM01		24" ROOF MANWAY	247mm	0mm	270.5'	4000mm		
RM01		24" ROOF MANWAY	247mm	0mm	90.5'	4500mm		
RN01		10" ROOF NOZZLE	229mm	0mm	252'	4500mm		
RN02		2" ROOF NOZZLE	152mm	0mm	3.5'	500mm		
RN03		6" ROOF NOZZLE	203mm	0mm	345'	4500mm		
RV01		10" GOOSENECK ROOF VENT	200mm	0mm	180'	0mm		
WR01A		WINGRAIL	--	--	93.9'	6573mm		

## ELEVATION VIEW APPURTENANCE

MARK	CUST. MARK	DESCRIPTION	OUTSIDE PROJ (mm)	INSIDE PROJ (mm)	ORIENT	ELEVATION (mm)	REMARKS	REF DWG
AC01A		ANCHOR CHAIRS	--	--	SEE TABLE	--		
BD01		6" SHELL BOTTOM DRAIN	200mm	229mm	170'	0mm		
NP01A		STD API	--	--	0'	1016mm		
SM01		24" SHELL MANWAY	269mm	0mm	187.5'	900mm	W/ DAVIT	
SM01		24" SHELL MANWAY	269mm	0mm	367.5'	900mm	W/ DAVIT	
SN01		1" SHELL NOZZLE	150mm	140mm	308'	150mm		
SN02		1/2" SHELL NOZZLE	254mm	244mm	310'	21mm		
SN03		8" SHELL NOZZLE	200mm	0mm	293'	349mm		
SN04		10" SHELL NOZZLE	225mm	0mm	323'	399mm		
SN04		10" SHELL NOZZLE	225mm	0mm	278'	399mm		

SN04		10" SHELL NOZZLE	225mm	0mm	338'	399mm		
SN05		8" SHELL NOZZLE	200mm	0mm	218'	349mm		
SN06		6" SHELL NOZZLE	200mm	0mm	263'	306mm		
SN07		2" SHELL NOZZLE	150mm	0mm	230'	12300mm		
SN08		2" SHELL NOZZLE	150mm	0mm	230'	10300mm		
SN08		2" SHELL NOZZLE	150mm	0mm	315'	12300mm		

### Nozzle F Arrestor P-V Relief Reinforcement Requirements

(Per API-650 and other references below)

NOZZLE Description : 10 in SCH 40 TYPE RFWN

$t_{rpr}$  = (Re Pad Required Thickness)

$t_n$  = (Thickness of Neck)

$Sd_n$  = (Stress of Neck Material)

$Sd_s$  = (Stress of Roof Material)

CA = (Corrosion Allowance of Neck)

MOUNTED ON ROOF: Elevation = 14.7673 ft

#### ROOF PARAMETERS:

(Per User Setting, t-Basis = Roof t-Calc

t-calc = 6.5 mm

$t_{cr}$  = 5 mm (Roof t-Calc less C.A)

$t_c$  = 5 mm (Roof t less C.A.)

$t_{Basis}$  = 5 mm

(FOR ROOF NOZZLE, REF. API-650 FIG 5-19, TABLE 5-14 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-14, or API-650 FIG 5-20, TABLE 5-15 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-15)

Required Area =  $t_{Basis} * D$

Required Area =  $5 * 273.05$

Required Area =  $1365.25 \text{ mm}^2$

Available Roof Area =  $(t_c - t_{Basis}) * D$

Available Roof Area =  $(5 - 5) * 273.05$

Available Roof Area =  $0 \text{ mm}^2$

Available Nozzle Neck Area =  $[4 * (t_n - CA) + t_c] * (t_n - ca) * \text{MIN}((Sd_n/Sd_s) 1)$

Available Nozzle Neck Area =  $[4 * (9.271 - 3) + 5] * (9.271 - 3) * \text{MIN}((124.105/160) 1)$

Available Nozzle Neck Area =  $219.296 \text{ mm}^2$

A-rpr = (Required Area - Available Roof Area - Available Nozzle Neck Area)

A-rpr =  $1365.25 - 0 - 219.296$

A-rpr =  $1145.954 \text{ mm}^2$



$$t_{rpr} = (A_{rpr} / D) + repad\_CA$$

$$t_{rpr} = (1145.954 / 273.05) + 3$$

$$t_{rpr} = 7.197 \text{ mm}$$

Reinforcement Pad is required.  
Based on Roof Nozzle Size of 10 in  
Repad Size (OD) Must be 550 mm

### **Nozzle TE-00503 Reinforcement Requirements**

(Per API-650 and other references below)

NOZZLE Description : 2 in SCH 40 TYPE RFWN

$$t_{rpr} = (\text{Re Pad Required Thickness})$$

$$t_n = (\text{Thickness of Neck})$$

$$Sd_n = (\text{Stress of Neck Material})$$

$$Sd_s = (\text{Stress of Roof Material})$$

$$CA = (\text{Corrosion Allowance of Neck})$$

MOUNTED ON ROOF: Elevation = 15.434 ft

#### **ROOF PARAMETERS:**

(Per User Setting, t-Basis = Roof t-Calc)

$$t\_calc = 6.5 \text{ mm}$$

$$t\_cr = 5 \text{ mm (Roof t-Calc less C.A.)}$$

$$t\_c = 5 \text{ mm (Roof t less C.A.)}$$

$$t\_Basis = 5 \text{ mm}$$

(FOR ROOF NOZZLE, REF. API-650 FIG 5-19, TABLE 5-14 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-14, or API-650 FIG 5-20, TABLE 5-15 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-15)

$$\text{Required Area} = t\_Basis * D$$

$$\text{Required Area} = 5 * 60.325$$

$$\text{Required Area} = 301.625 \text{ mm}^2$$

$$\text{Available Roof Area} = (t\_c - t\_Basis) * D$$

$$\text{Available Roof Area} = (5 - 5) * 60.325$$

$$\text{Available Roof Area} = 0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Available Nozzle Neck Area} = [4 * (t_n - CA) + t_c] * (t_n - ca) * \text{MIN}((Sd_n/Sd_s) 1)$$

$$\text{Available Nozzle Neck Area} = [4 * (3.912 - 3) + 5] * (3.912 - 3) * \text{MIN}((124.105/160) 1)$$

$$\text{Available Nozzle Neck Area} = 16.72 \text{ mm}^2$$

$$A_{rpr} = (\text{Required Area} - \text{Available Roof Area} - \text{Available Nozzle Neck Area})$$

$$A_{rpr} = 301.625 - 0 - 16.72$$

$$A_{rpr} = 284.905 \text{ mm}^2$$

Since Nozzle size <= NPS 2 (per API-650 5.7.2),  $t_{rpr} = 0$

No Reinforcement Pad required.

### **Nozzle Nozzle-0003 Reinforcement Requirements**

(Per API-650 and other references below)

NOZZLE Description : 6 in SCH 40 TYPE RFWN

t\_rpr = (Re Pad Required Thickness)  
t\_n = (Thickness of Neck)  
Sd\_n = (Stress of Neck Material)  
Sd\_s = (Stress of Roof Material)  
CA = (Corrosion Allowance of Neck)

MOUNTED ON ROOF: Elevation = 14.7673 ft

**ROOF PARAMETERS:**

(Per User Setting, t-Basis = Roof t-Calc  
t-calc = 6.5 mm  
t\_cr = 5 mm (Roof t-Calc less C.A)  
t\_c = 5 mm (Roof t less C.A.)  
t\_Basis = 5 mm

(FOR ROOF NOZZLE, REF. API-650 FIG 5-19, TABLE 5-14 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-14, or API-650 FIG 5-20, TABLE 5-15 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-15)

Required Area = t\_Basis \* D  
Required Area = 5 \* 168.275  
Required Area = 841.375 mm<sup>2</sup>

Available Roof Area = (t\_c - t\_Basis) \* D  
Available Roof Area = (5 - 5) \* 168.275  
Available Roof Area = 0 mm<sup>2</sup>

Available Nozzle Neck Area = [4 \* (t\_n - CA) + t\_c] \* (t\_n - ca) \* MIN((Sd\_n/Sd\_s) 1)  
Available Nozzle Neck Area = [4 \* (7.112 - 3) + 5] \* (7.112 - 3) \* MIN((103.421/160) 1)  
Available Nozzle Neck Area = 96.876 mm<sup>2</sup>

A-rpr = (Required Area - Available Roof Area - Available Nozzle Neck Area)  
A-rpr = 841.375 - 0 - 96.876  
A-rpr = 744.499 mm<sup>2</sup>

t\_rpr = (A\_rpr / D) + repad\_CA  
t\_rpr = (744.499 / 168.275) + 3  
t\_rpr = 7.424 mm

Reinforcement Pad is required.  
Based on Roof Nozzle Size of 6 in  
Repad Size (OD) Must be 375 mm

**Nozzle Steam 150 Reinforcement Requirements**

(Per API-650 Section 3.7.2 and other references below)

NOZZLE Description : 1 in SCH 40 TYPE RFWN

t\_rpr = (Re Pad Required Thickness)  
t\_n = (Thickness of Neck)  
Sd\_n = (Stress of Neck Material)  
Sd\_s = (Stress of Shell Course Material)  
CA = (Corrosion Allowance of Neck)

MOUNTED ON SHELL 1 : Elevation = 0.15 ft

COURSE PARAMETERS:

t<sub>calc</sub> = 9.042 mm

t<sub>cr</sub> = 6.042 mm (Course t-Calcul less C.A.)

t<sub>c</sub> = 7 mm (Course t less C.A.)

t<sub>Basis</sub> = 6.042 mm

(SHELL NOZZLE REF. API-650 TABLE 5-6, TABLE 3-6 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-7)

Required Area = t<sub>Basis</sub> \* D

Required Area = 6.042 \* 33.401

Required Area = 201.817 mm<sup>2</sup>

Available Shell Area = (t<sub>c</sub> - t<sub>Basis</sub>) \* D

Available Shell Area = (7 - 6.042) \* 33.401

Available Shell Area = 31.99 mm<sup>2</sup>

Available Nozzle Neck Area = [4 \* (t<sub>n</sub> - CA) + t<sub>c</sub>] \* (t<sub>n</sub> - CA) \* MIN((Sd<sub>n</sub>/Sd<sub>s</sub>) 1)

Available Nozzle Neck Area = [4 \* (3.378 - 3) + 7] \* (3.378 - 3) \* MIN((124.105/144.666) 1)

Available Nozzle Neck Area = 9.575 mm<sup>2</sup>

A<sub>rpr</sub> = (Required Area - Available Shell Area - Available Nozzle Neck Area)

A<sub>rpr</sub> = 201.817 - 31.99 - 9.575

A<sub>rpr</sub> = 160.252 mm<sup>2</sup>

t<sub>rpr</sub> = (A<sub>rpr</sub> / D) + repad<sub>CA</sub>

t<sub>rpr</sub> = (160.252 / 33.401) + 3

t<sub>rpr</sub> = 7.798 mm

Reinforcement Pad is required.

Based on Shell Nozzle Size of 1 in

Repad Size (L x W) Must be 101 x 101 mm

**Nozzle Condensate 150 Reinforcement Requirements**

(Per API-650 Section 3.7.2 and other references below)

NOZZLE Description : 0.5 in SCH 40 TYPE RFWN

t<sub>rpr</sub> = (Re Pad Required Thickness)

t<sub>n</sub> = (Thickness of Neck)

Sd<sub>n</sub> = (Stress of Neck Material)

Sd<sub>s</sub> = (Stress of Shell Course Material)

CA = (Corrosion Allowance of Neck)

MOUNTED ON SHELL 1 : Elevation = 0.0213 ft

COURSE PARAMETERS:

t<sub>calc</sub> = 9.042 mm

t<sub>cr</sub> = 6.042 mm (Course t-Calcul less C.A.)

t<sub>c</sub> = 7 mm (Course t less C.A.)

t<sub>Basis</sub> = 6.042 mm

(SHELL NOZZLE REF. API-650 TABLE 5-6, TABLE 3-6 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-7)

Required Area =  $t_{Basis} * D$   
Required Area =  $6.042 * 21.336$   
Required Area =  $128.917 \text{ mm}^2$

Available Shell Area =  $(t_c - t_{Basis}) * D$   
Available Shell Area =  $(7 - 6.042) * 21.336$   
Available Shell Area =  $20.435 \text{ mm}^2$

Available Nozzle Neck Area =  $[4 * (t_n - CA) + t_c] * (t_n - CA) * \text{MIN}((Sd_n/Sd_s) 1)$   
Available Nozzle Neck Area =  $[4 * (2.769 - 1.5) + 7] * (2.769 - 1.5) * \text{MIN}((124.105/144.666) 1)$   
Available Nozzle Neck Area =  $35.995 \text{ mm}^2$

A-rpr = (Required Area - Available Shell Area - Available Nozzle Neck Area)  
A-rpr =  $128.917 - 20.435 - 35.995$   
A-rpr =  $72.488 \text{ mm}^2$

$t_{rpr} = (A_{rpr} / D) + \text{repad}_{CA}$   
 $t_{rpr} = (72.488 / 21.336) + 3$   
 $t_{rpr} = 6.397 \text{ mm}$

Reinforcement Pad is required.  
Based on Shell Nozzle Size of 0.5 in  
Repad Size (L x W) Must be 0 x 0 mm

### **Nozzle Stream Outlet BA (10) Reinforcement Requirements**

(Per API-650 Section 3.7.2 and other references below)

NOZZLE Description : 8 in SCH 40 TYPE RFWN

$t_{rpr}$  = (Re Pad Required Thickness)  
 $t_n$  = (Thickness of Neck)  
 $Sd_n$  = (Stress of Neck Material)  
 $Sd_s$  = (Stress of Shell Course Material)  
CA = (Corrosion Allowance of Neck)

MOUNTED ON SHELL 1 : Elevation = 0.349 ft

COURSE PARAMETERS:  
t-calc = 9.042 mm  
 $t_{cr} = 6.042 \text{ mm}$  (Course t-Calc less C.A.)  
 $t_c = 7 \text{ mm}$  (Course t less C.A.)  
 $t_{Basis} = 6.042 \text{ mm}$

(SHELL NOZZLE REF. API-650 TABLE 5-6, TABLE 3-6 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-7)

Required Area =  $t_{Basis} * D$   
Required Area =  $6.042 * 219.075$   
Required Area =  $1323.706 \text{ mm}^2$

Available Shell Area =  $(t_c - t_{Basis}) * D$   
Available Shell Area =  $(7 - 6.042) * 219.075$   
Available Shell Area =  $209.819 \text{ mm}^2$

Available Nozzle Neck Area =  $[4 * (t_n - CA) + t_c] * (t_n - CA) * \text{MIN}((Sd_n/Sd_s) 1)$

Available Nozzle Neck Area =  $[4 * (8.179 - 3) + 7] * (8.179 - 3) * \text{MIN}((124.105/144.666) 1)$   
Available Nozzle Neck Area = 216.43 mm<sup>2</sup>

A-rpr = (Required Area - Available Shell Area - Available Nozzle Neck Area)  
A-rpr = 1323.706 - 209.819 - 216.43  
A-rpr = 897.457 mm<sup>2</sup>

t\_rpr = (A\_rpr / D) + repad\_CA  
t\_rpr = (897.457 / 219.075) + 3  
t\_rpr = 7.097 mm

Reinforcement Pad is required.  
Based on Shell Nozzle Size of 8 in  
Repad Size (L x W) Must be 485 x 590 mm

### **Nozzle Stream Inlet Funds UDV (10) Reinforcement Requirements**

(Per API-650 Section 3.7.2 and other references below)

NOZZLE Description : 10 in SCH 40 TYPE RFWN

t\_rpr = (Re Pad Required Thickness)  
t\_n = (Thickness of Neck)  
Sd\_n = (Stress of Neck Material)  
Sd\_s = (Stress of Shell Course Material)  
CA = (Corrosion Allowance of Neck)

MOUNTED ON SHELL 1 : Elevation = 0.399 ft

COURSE PARAMETERS:

t\_calc = 9.042 mm  
t\_cr = 6.042 mm (Course t-Calcul less C.A.)  
t\_c = 7 mm (Course t less C.A.)  
t\_Basis = 6.042 mm

(SHELL NOZZLE REF. API-650 TABLE 5-6, TABLE 3-6 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-7)

Required Area = t\_Basis \* D  
Required Area = 6.042 \* 273.05  
Required Area = 1649.836 mm<sup>2</sup>

Available Shell Area = (t\_c - t\_Basis) \* D  
Available Shell Area = (7 - 6.042) \* 273.05  
Available Shell Area = 261.514 mm<sup>2</sup>

Available Nozzle Neck Area =  $[4 * (t_n - CA) + t_c] * (t_n - CA) * \text{MIN}((Sd_n/Sd_s) 1)$   
Available Nozzle Neck Area =  $[4 * (9.271 - 3) + 7] * (9.271 - 3) * \text{MIN}((124.105/144.666) 1)$   
Available Nozzle Neck Area = 285.577 mm<sup>2</sup>

A-rpr = (Required Area - Available Shell Area - Available Nozzle Neck Area)  
A-rpr = 1649.836 - 261.514 - 285.577  
A-rpr = 1102.746 mm<sup>2</sup>

t\_rpr = (A\_rpr / D) + repad\_CA  
t\_rpr = (1102.746 / 273.05) + 3  
t\_rpr = 7.039 mm

Reinforcement Pad is required.  
Based on Shell Nozzle Size of 10 in  
Repad Size (L x W) Must be 585 x 720 mm

### **Nozzle Dispatch Line BA (10) Reinforcement Requirements**

(Per API-650 Section 3.7.2 and other references below)

NOZZLE Description : 8 in SCH 40 TYPE RFWN

$t_{rpr}$  = (Re Pad Required Thickness)  
 $t_n$  = (Thickness of Neck)  
 $Sd_n$  = (Stress of Neck Material)  
 $Sd_s$  = (Stress of Shell Course Material)  
CA = (Corrosion Allowance of Neck)

MOUNTED ON SHELL 1 : Elevation = 0.349 ft

COURSE PARAMETERS:

$t_{calc}$  = 9.042 mm  
 $t_{cr}$  = 6.042 mm (Course t-Calc less C.A.)  
 $t_c$  = 7 mm (Course t less C.A.)  
 $t_{Basis}$  = 6.042 mm

(SHELL NOZZLE REF. API-650 TABLE 5-6, TABLE 3-6 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-7)

Required Area =  $t_{Basis} * D$   
Required Area =  $6.042 * 219.075$   
Required Area = 1323.706 mm<sup>2</sup>

Available Shell Area =  $(t_c - t_{Basis}) * D$   
Available Shell Area =  $(7 - 6.042) * 219.075$   
Available Shell Area = 209.819 mm<sup>2</sup>

Available Nozzle Neck Area =  $[4 * (t_n - CA) + t_c] * (t_n - CA) * \text{MIN}((Sd_n/Sd_s) 1)$   
Available Nozzle Neck Area =  $[4 * (8.179 - 3) + 7] * (8.179 - 3) * \text{MIN}((124.105/144.666) 1)$   
Available Nozzle Neck Area = 216.43 mm<sup>2</sup>

A-rpr = (Required Area - Available Shell Area - Available Nozzle Neck Area)  
A-rpr =  $1323.706 - 209.819 - 216.43$   
A-rpr = 897.457 mm<sup>2</sup>

$t_{rpr} = (A_{rpr} / D) + \text{repad\_CA}$   
 $t_{rpr} = (897.457 / 219.075) + 3$   
 $t_{rpr} = 7.097$  mm

Reinforcement Pad is required.  
Based on Shell Nozzle Size of 8 in  
Repad Size (L x W) Must be 485 x 590 mm

### **Nozzle Recirculation Line (6) Reinforcement Requirements**

(Per API-650 Section 3.7.2 and other references below)

NOZZLE Description : 6 in SCH STD TYPE RFWN

t\_rpr = (Re Pad Required Thickness)  
t\_n = (Thickness of Neck)  
Sd\_n = (Stress of Neck Material)  
Sd\_s = (Stress of Shell Course Material)  
CA = (Corrosion Allowance of Neck)

MOUNTED ON SHELL 1 : Elevation = 0.306 ft

COURSE PARAMETERS:

t\_calc = 9.042 mm  
t\_cr = 6.042 mm (Course t-Calc less C.A.)  
t\_c = 7 mm (Course t less C.A.)  
t\_Basis = 6.042 mm

(SHELL NOZZLE REF. API-650 TABLE 5-6, TABLE 3-6 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-7)

Required Area = t\_Basis \* D  
Required Area = 6.042 \* 168.275  
Required Area = 1016.76 mm<sup>2</sup>

Available Shell Area = (t\_c - t\_Basis) \* D  
Available Shell Area = (7 - 6.042) \* 168.275  
Available Shell Area = 161.165 mm<sup>2</sup>

Available Nozzle Neck Area = [4 \* (t\_n - CA) + t\_c] \* (t\_n - CA) \* MIN((Sd\_n/Sd\_s) 1)  
Available Nozzle Neck Area = [4 \* (10.97 - 3) + 7] \* (10.97 - 3) \* MIN((124.105/144.666) 1)  
Available Nozzle Neck Area = 409.414 mm<sup>2</sup>

A\_rpr = (Required Area - Available Shell Area - Available Nozzle Neck Area)  
A\_rpr = 1016.76 - 161.165 - 409.414  
A\_rpr = 446.18 mm<sup>2</sup>

t\_rpr = (A\_rpr / D) + repad\_CA  
t\_rpr = (446.18 / 168.275) + 3  
t\_rpr = 5.651 mm

Reinforcement Pad is required.  
Based on Shell Nozzle Size of 6 in  
Repad Size (L x W) Must be 400 x 495 mm

### **Nozzle LSHH Reinforcement Requirements**

(Per API-650 Section 3.7.2 and other references below)

NOZZLE Description : 2 in SCH STD TYPE RFWN

t\_rpr = (Re Pad Required Thickness)  
t\_n = (Thickness of Neck)  
Sd\_n = (Stress of Neck Material)  
Sd\_s = (Stress of Shell Course Material)  
CA = (Corrosion Allowance of Neck)

MOUNTED ON SHELL 7 : Elevation = 12.3 ft

COURSE PARAMETERS:

t-calc = 2.628 mm  
t\_cr = 1.128 mm (Course t-Calc less C.A.)  
t\_c = 3.5 mm (Course t less C.A.)  
t\_Basis = 1.128 mm

(SHELL NOZZLE REF. API-650 TABLE 5-6, TABLE 3-6 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-7)

Required Area = t\_Basis \* D  
Required Area = 1.128 \* 60.325  
Required Area = 68.069 mm<sup>2</sup>

Available Shell Area = (t\_c - t\_Basis) \* D  
Available Shell Area = (3.5 - 1.128) \* 60.325  
Available Shell Area = 143.068 mm<sup>2</sup>

Available Nozzle Neck Area = [4 \* (t\_n - CA) + t\_c] \* (t\_n - CA) \* MIN((Sd\_n/Sd\_s) 1)  
Available Nozzle Neck Area = [4 \* (5.54 - 3) + 3.5] \* (5.54 - 3) \* MIN((124.105/144.666) 1)  
Available Nozzle Neck Area = 52.645 mm<sup>2</sup>

A-rpr = (Required Area - Available Shell Area - Available Nozzle Neck Area)  
A-rpr = 68.069 - 143.068 - 52.645  
A-rpr = -127.644 mm<sup>2</sup>

Since A-rpr <= 0, t\_rpr = 0

No Reinforcement Pad required.

### **Nozzle LSSL Reinforcement Requirements**

(Per API-650 Section 3.7.2 and other references below)

NOZZLE Description : 2 in SCH STD TYPE RFWN

t\_rpr = (Re Pad Required Thickness)  
t\_n = (Thickness of Neck)  
Sd\_n = (Stress of Neck Material)  
Sd\_s = (Stress of Shell Course Material)  
CA = (Corrosion Allowance of Neck)

MOUNTED ON SHELL 6 : Elevation = 10.3 ft

#### **COURSE PARAMETERS:**

t-calc = 3.447 mm  
t\_cr = 1.947 mm (Course t-Calc less C.A.)  
t\_c = 3.5 mm (Course t less C.A.)  
t\_Basis = 1.947 mm

(SHELL NOZZLE REF. API-650 TABLE 5-6, TABLE 3-6 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-7)

Required Area = t\_Basis \* D  
Required Area = 1.947 \* 60.325  
Required Area = 117.474 mm<sup>2</sup>

Available Shell Area = (t\_c - t\_Basis) \* D  
Available Shell Area = (3.5 - 1.947) \* 60.325  
Available Shell Area = 93.663 mm<sup>2</sup>



Available Nozzle Neck Area =  $[4 * (t_n - CA) + t_c] * (t_n - CA) * \text{MIN}((Sd_n/Sd_s) 1)$   
Available Nozzle Neck Area =  $[4 * (5.54 - 3) + 3.5] * (5.54 - 3) * \text{MIN}((124.105/144.666) 1)$   
Available Nozzle Neck Area = 52.645 mm<sup>2</sup>

A-rpr = (Required Area - Available Shell Area - Available Nozzle Neck Area)  
A-rpr = 117.474 - 93.663 - 52.645  
A-rpr = -28.834 mm<sup>2</sup>

Since A-rpr <= 0, t\_rpr = 0

No Reinforcement Pad required.

### **Nozzle TT Reinforcement Requirements**

(Per API-650 Section 3.7.2 and other references below)

NOZZLE Description : 2 in SCH STD TYPE RFWN

t\_rpr = (Re Pad Required Thickness)  
t\_n = (Thickness of Neck)  
Sd\_n = (Stress of Neck Material)  
Sd\_s = (Stress of Shell Course Material)  
CA = (Corrosion Allowance of Neck)

MOUNTED ON SHELL 7 : Elevation = 12.3 ft

COURSE PARAMETERS:

t\_calc = 2.628 mm  
t\_cr = 1.128 mm (Course t-Calc less C.A.)  
t\_c = 3.5 mm (Course t less C.A.)  
t\_Basis = 1.128 mm

(SHELL NOZZLE REF. API-650 TABLE 5-6, TABLE 3-6 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-7)

Required Area = t\_Basis \* D  
Required Area = 1.128 \* 60.325  
Required Area = 68.069 mm<sup>2</sup>

Available Shell Area = (t\_c - t\_Basis) \* D  
Available Shell Area = (3.5 - 1.128) \* 60.325  
Available Shell Area = 143.068 mm<sup>2</sup>

Available Nozzle Neck Area =  $[4 * (t_n - CA) + t_c] * (t_n - CA) * \text{MIN}((Sd_n/Sd_s) 1)$   
Available Nozzle Neck Area =  $[4 * (5.54 - 3) + 3.5] * (5.54 - 3) * \text{MIN}((124.105/144.666) 1)$   
Available Nozzle Neck Area = 52.645 mm<sup>2</sup>

A-rpr = (Required Area - Available Shell Area - Available Nozzle Neck Area)  
A-rpr = 68.069 - 143.068 - 52.645  
A-rpr = -127.644 mm<sup>2</sup>

Since A-rpr <= 0, t\_rpr = 0

No Reinforcement Pad required.

### **Nozzle PROC\_1 Reinforcement Requirements**

(Per API-650 Section 3.7.2 and other references below)

NOZZLE Description : 10 in SCH 40 TYPE RFWN

t\_rpr = (Re Pad Required Thickness)  
t\_n = (Thickness of Neck)  
Sd\_n = (Stress of Neck Material)  
Sd\_s = (Stress of Shell Course Material)  
CA = (Corrosion Allowance of Neck)

MOUNTED ON SHELL 1 : Elevation = 0.399 ft

COURSE PARAMETERS:

t\_calc = 9.042 mm  
t\_cr = 6.042 mm (Course t-Calc less C.A.)  
t\_c = 7 mm (Course t less C.A.)  
t\_Basis = 6.042 mm

(SHELL NOZZLE REF. API-650 TABLE 5-6, TABLE 3-6 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-7)

Required Area = t\_Basis \* D  
Required Area = 6.042 \* 273.05  
Required Area = 1649.836 mm<sup>2</sup>

Available Shell Area = (t\_c - t\_Basis) \* D  
Available Shell Area = (7 - 6.042) \* 273.05  
Available Shell Area = 261.514 mm<sup>2</sup>

Available Nozzle Neck Area = [4 \* (t\_n - CA) + t\_c] \* (t\_n - CA) \* MIN((Sd\_n/Sd\_s) 1)  
Available Nozzle Neck Area = [4 \* (9.271 - 3) + 7] \* (9.271 - 3) \* MIN((124.105/144.666) 1)  
Available Nozzle Neck Area = 285.577 mm<sup>2</sup>

A\_rpr = (Required Area - Available Shell Area - Available Nozzle Neck Area)  
A\_rpr = 1649.836 - 261.514 - 285.577  
A\_rpr = 1102.746 mm<sup>2</sup>

t\_rpr = (A\_rpr / D) + repad\_CA  
t\_rpr = (1102.746 / 273.05) + 3  
t\_rpr = 7.039 mm

Reinforcement Pad is required.  
Based on Shell Nozzle Size of 10 in  
Repad Size (L x W) Must be 585 x 720 mm

### **Nozzle PROC\_2 Reinforcement Requirements**

(Per API-650 Section 3.7.2 and other references below)

NOZZLE Description : 10 in SCH 40 TYPE RFWN

t\_rpr = (Re Pad Required Thickness)  
t\_n = (Thickness of Neck)  
Sd\_n = (Stress of Neck Material)  
Sd\_s = (Stress of Shell Course Material)  
CA = (Corrosion Allowance of Neck)

MOUNTED ON SHELL 1 : Elevation = 0.399 ft

**COURSE PARAMETERS:**

t-calc = 9.042 mm

t\_cr = 6.042 mm (Course t-Calc less C.A.)

t\_c = 7 mm (Course t less C.A.)

t\_Basis = 6.042 mm

(SHELL NOZZLE REF. API-650 TABLE 5-6, TABLE 3-6 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-7)

Required Area = t\_Basis \* D

Required Area = 6.042 \* 273.05

Required Area = 1649.836 mm<sup>2</sup>

Available Shell Area = (t\_c - t\_Basis) \* D

Available Shell Area = (7 - 6.042) \* 273.05

Available Shell Area = 261.514 mm<sup>2</sup>

Available Nozzle Neck Area = [4 \* (t\_n - CA) + t\_c] \* (t\_n - CA) \* MIN((Sd\_n/Sd\_s) 1)

Available Nozzle Neck Area = [4 \* (9.271 - 3) + 7] \* (9.271 - 3) \* MIN((124.105/144.666) 1)

Available Nozzle Neck Area = 285.577 mm<sup>2</sup>

A-rpr = (Required Area - Available Shell Area - Available Nozzle Neck Area)

A-rpr = 1649.836 - 261.514 - 285.577

A-rpr = 1102.746 mm<sup>2</sup>

t\_rpr = (A\_rpr / D) + repad\_CA

t\_rpr = (1102.746 / 273.05) + 3

t\_rpr = 7.039 mm

Reinforcement Pad is required.

Based on Shell Nozzle Size of 10 in

Repad Size (L x W) Must be 585 x 720 mm

**Manway Circular-Manway-0001 Reinforcement Requirements**

(Per API-650 Section 3.7.2 and other references below)

MANWAY Description : 24 in SCH --

t\_rpr = (Re Pad Required Thickness)

t\_n = (Thickness of Neck)

Sd\_n = (Stress of Neck Material)

Sd\_s = (Stress of Shell Course Material)

CA = (Corrosion Allowance of Neck)

MOUNTED ON SHELL 1 : Elevation = 0.9 ft

**COURSE PARAMETERS:**

t-calc = 9.042 mm

t\_cr = 6.042 mm (Course t-Calc less C.A.)

t\_c = 7 mm (Course t less C.A.)

t\_Basis = 6.042 mm

(SHELL MANWAY REF. API-650 TABLE 5-6, TABLE 3-6 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-7)

Required Area =  $t_{\text{Basis}} * D$   
Required Area =  $6.042 * 635$   
Required Area =  $3836.829 \text{ mm}^2$

Available Shell Area =  $(t_{\text{c}} - t_{\text{Basis}}) * D$   
Available Shell Area =  $(7 - 6.042) * 635$   
Available Shell Area =  $608.171 \text{ mm}^2$

Available Manway Neck Area =  $[4 * (t_{\text{n}} - \text{CA}) + t_{\text{c}}] * (t_{\text{n}} - \text{CA}) * \text{MIN}((\text{Sd}_{\text{n}}/\text{Sd}_{\text{s}}) 1)$   
Available Manway Neck Area =  $[4 * (12.7 - 3) + 7] * (12.7 - 3) * \text{MIN}((160/144.666) 1)$   
Available Manway Neck Area =  $647.96 \text{ mm}^2$

A-rpr = (Required Area - Available Shell Area - Available Manway Neck Area)  
A-rpr =  $3836.829 - 608.171 - 647.96$   
A-rpr =  $2580.697 \text{ mm}^2$

$t_{\text{rpr}} = (A_{\text{rpr}} / D) + \text{repad}_{\text{CA}}$   
 $t_{\text{rpr}} = (2580.697 / 635) + 3$   
 $t_{\text{rpr}} = 7.064 \text{ mm}$

Reinforcement Pad is required.  
Based on Shell Manway Size of 24 in  
Repad Size (L x W) Must be 1257.3 x 1524 mm

### **Manway Circular-Manway-0002 Reinforcement Requirements**

(Per API-650 Section 3.7.2 and other references below)

MANWAY Description : 24 in SCH --

$t_{\text{rpr}}$  = (Re Pad Required Thickness)  
 $t_{\text{n}}$  = (Thickness of Neck)  
 $\text{Sd}_{\text{n}}$  = (Stress of Neck Material)  
 $\text{Sd}_{\text{s}}$  = (Stress of Shell Course Material)  
CA = (Corrosion Allowance of Neck)

MOUNTED ON SHELL 1 : Elevation = 0.9 ft

COURSE PARAMETERS:  
 $t_{\text{calc}} = 9.042 \text{ mm}$   
 $t_{\text{cr}} = 6.042 \text{ mm}$  (Course t-Calc less C.A.)  
 $t_{\text{c}} = 7 \text{ mm}$  (Course t less C.A.)  
 $t_{\text{Basis}} = 6.042 \text{ mm}$

(SHELL MANWAY REF. API-650 TABLE 5-6, TABLE 3-6 AND FOOTNOTE A OF TABLE 5-7)

Required Area =  $t_{\text{Basis}} * D$   
Required Area =  $6.042 * 635$   
Required Area =  $3836.829 \text{ mm}^2$

Available Shell Area =  $(t_{\text{c}} - t_{\text{Basis}}) * D$   
Available Shell Area =  $(7 - 6.042) * 635$   
Available Shell Area =  $608.171 \text{ mm}^2$

Available Manway Neck Area =  $[4 * (t_n - CA) + t_c] * (t_n - CA) * \text{MIN}((Sd_n/Sd_s) 1)$   
Available Manway Neck Area =  $[4 * (12.7 - 3) + 7] * (12.7 - 3) * \text{MIN}((160/144.666) 1)$   
Available Manway Neck Area = 647.96 mm<sup>2</sup>

A-rpr = (Required Area - Available Shell Area - Available Manway Neck Area)  
A-rpr = 3836.829 - 608.171 - 647.96  
A-rpr = 2580.697 mm<sup>2</sup>

t\_rpr = (A\_rpr / D) + repad\_CA  
t\_rpr = (2580.697 / 635) + 3  
t\_rpr = 7.064 mm

Reinforcement Pad is required.  
Based on Shell Manway Size of 24 in  
Repad Size (L x W) Must be 1257.3 x 1524 mm

### Manway Circular-Manway-0001 Reinforcement Requirements

(Per API-650 Section 5.8.4 and other references below)  
MANWAY Description : 24 in SCH -- TYPE  
t\_rpr = (Re Pad Required Thickness)  
MOUNTED ON ROOF: Elevation = 14.7673 ft

ROOF PARAMETERS:  
(Per User Setting, t-Basis = Roof t-Calc  
t-calc = 6.5 mm  
t\_cr = 5 mm (Roof t-Calc less C.A.)  
t\_c = 5 mm (Roof t less C.A.)  
t\_Basis = 5 mm

(FOR ROOF MANWAY, REF. API-650 FIG 5-16, TABLE 5-13)

Required Area = t\_Basis \* D  
Required Area = 5 \* 623.6  
Required Area = 3118 mm<sup>2</sup>

Available Roof Area = (t\_c - t\_Basis) \* D  
Available Roof Area = (5 - 5) \* 623.6  
Available Roof Area = 0 mm<sup>2</sup>

Available Manway Neck Area =  $[4 * (t_n - CA) + t_c] * (t_n - ca) * \text{MIN}((Sd_n/Sd_s) 1)$   
Available Manway Neck Area =  $[4 * (7 - 3) + 5] * (7 - 3) * \text{MIN}((160/160) 1)$   
Available Manway Neck Area = 111.89 mm<sup>2</sup>

A-rpr = (Required Area - Available Roof Area - Available Manway Neck Area)  
A-rpr = 3118 - 0 - 111.89  
A-rpr = 3006.11 mm<sup>2</sup>

t\_rpr = (A\_rpr / D) + repad\_CA  
t\_rpr = (3006.11 / 623.6) + 3  
t\_rpr = 7.821 mm

Reinforcement Pad is required.  
Based on Roof Manway Size of 24 in  
Repad Size (OD) Must be 1150 mm

## Manway Circular-Manway-0002 Reinforcement Requirements

(Per API-650 Section 5.8.4 and other references below)

MANWAY Description : 24 in SCH -- TYPE

t\_rpr = (Re Pad Required Thickness)

MOUNTED ON ROOF: Elevation = 14.8506 ft

### ROOF PARAMETERS:

(Per User Setting, t-Basis = Roof t-Calc

t-calc = 6.5 mm

t\_cr = 5 mm (Roof t-Calc less C.A)

t\_c = 5 mm (Roof t less C.A.)

t\_Basis = 5 mm

(FOR ROOF MANWAY, REF. API-650 FIG 5-16, TABLE 5-13)

Required Area = t\_Basis \* D

Required Area = 5 \* 623.6

Required Area = 3118 mm<sup>2</sup>

Available Roof Area = (t\_c - t\_Basis) \* D

Available Roof Area = (5 - 5) \* 623.6

Available Roof Area = 0 mm<sup>2</sup>

Available Manway Neck Area = [4 \* (t\_n - CA) + t\_c] \* (t\_n - ca) \* MIN((Sd\_n/Sd\_s) 1)

Available Manway Neck Area = [4 \* (7 - 3) + 5] \* (7 - 3) \* MIN((160/160) 1)

Available Manway Neck Area = 111.89 mm<sup>2</sup>

A-rpr = (Required Area - Available Roof Area - Available Manway Neck Area)

A-rpr = 3118 - 0 - 111.89

A-rpr = 3006.11 mm<sup>2</sup>

t\_rpr = (A\_rpr / D) + repad\_CA

t\_rpr = (3006.11 / 623.6) + 3

t\_rpr = 7.821 mm

Reinforcement Pad is required.

Based on Roof Manway Size of 24 in

Repad Size (OD) Must be 1150 mm

## CAPACITIES and WEIGHTS [Back](#)

Maximum Capacity (to Max Liq Level) : 11,884 BBLs  
 Capacity to Top of Shell (to Tank Height) : 12,600 BBLs  
 Working Capacity (to Normal Working Level) : 10,017 BBLs  
 Net working Capacity (Working Capacity - Min Capacity) : 8,815 BBLs  
 Minimum Capacity (to Min Liq Level) : 1,202 BBLs

Component	New Condition (N)	New Condition (Kg)	Corroded (N)	Corroded (Kg)
SHELL	299,454	30,536	213,119	21,733
ROOF	70,710	7,211	54,393	5,547
RAFTERS	17,268	1,761	22,209	2,265
GIRDERS	0	0	0	0
FRAMING	0	0	0	0
COLUMNS	0	0	0	0
BOTTOM	97,956	9,989	65,304	6,660
STAIRWAYS	75,080	7,656	75,080	7,656
STIFFENERS	2,390	244	2,390	244
WIND GIRDERS	0	0	0	0
ANCHOR CHAIRS	13,181	1,344	13,181	1,344
INSULATION	275,313	28,074	274,692	28,010
TOTAL	851,352.809	86,815.195	720,368.46	73,459.835

Weight of Tank, Empty : 851,352.809 N  
 Weight of Tank, Full of Product (SG = 1.01) : 18,686,797.127 N  
 Weight of Tank, Full of Water : 18,501,784.1 N  
 Net Working Weight, Full of Product : 16,819,497.8 N  
 Net Working Weight Full of Water : 16,652,968.119 N

Foundation Area Req'd : 141.531 m<sup>2</sup>  
 Foundation Loading, Empty : 6,015.279 N/m<sup>2</sup>  
 Foundation Loading, Full of Product : 132,032.577 N/m<sup>2</sup>  
 Foundation Loading, Full of Water : 130,725.358 N/m<sup>2</sup>

**SURFACE AREAS**  
 Roof : 141.46 m<sup>2</sup>  
 Shell : 601.677 m<sup>2</sup>  
 Bottom : 141.531 m<sup>2</sup>

Wind Moment : 449,576.594 N-m  
 Seismic Moment : 30,780,514.726 N-m

MISCELLANEOUS ATTACHED ROOF ITEMS  
 MISCELLANEOUS ATTACHED SHELL ITEMS

## **MAWP & MAWV SUMMARY** [Back](#)

MAWP = Maximum calculated internal pressure  
MAWV = Maximum calculated external pressure

### **MAXIMUM CALCULATED INTERNAL PRESSURE**

MAWP = 18 kPa or 1,835.658 mmh<sub>2</sub>o (per API-650 App. F.1.3 & F.7)  
MAWP = 20.848 kPa or 2,126.1 mmh<sub>2</sub>o (due to shell)  
MAWP = 2.278 kPa or 232.313 mmh<sub>2</sub>o (due to roof)  
TANK MAWP = 2.278 kPa or 232.357 mmh<sub>2</sub>o

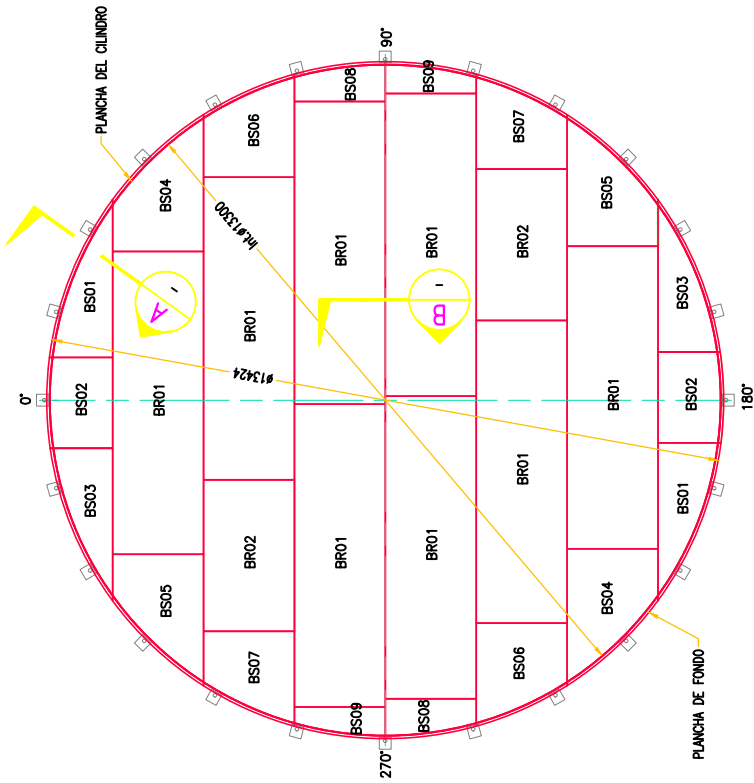
### **MAXIMUM CALCULATED EXTERNAL PRESSURE**

MAWV = -6.9 kPa or -703.669 mmh<sub>2</sub>o (per API-650 V.1)  
MAWV = N/A (due to shell) (API-650 App.V not applicable)  
MAWV = -0.817 kPa or -83.318 mmh<sub>2</sub>o (due to roof)  
TANK MAWV = -0.817 kPa or -83.359 mmh<sub>2</sub>o

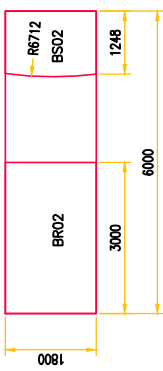


## **Anexo 04: Planos del tanque**

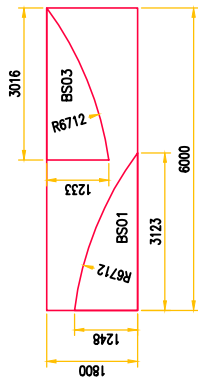




DISTRIBUCIÓN DE PLANCHAS DE FONDO  
Escala 1:75



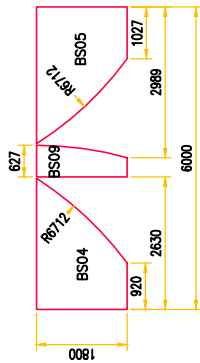
BR02, BS02 (CANT. 02)  
Escala 1:75



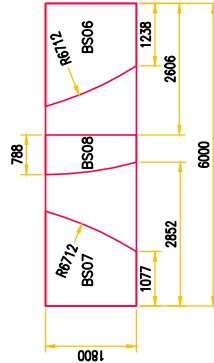
BS01, BS03 (CANT. 02)  
Escala 1:75



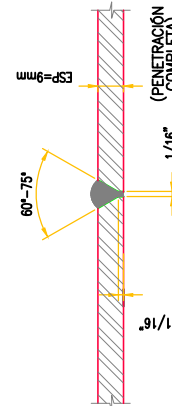
BR01 (CANT. 08)  
Escala 1:75



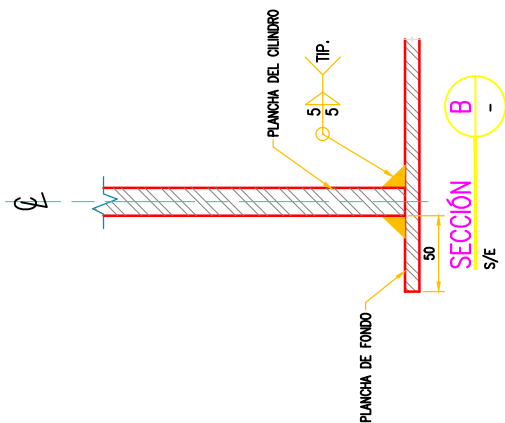
BS04, BS05 Y BS09 (CANT. 02)  
Escala 1:75



BS06, BS07 Y BS08 (CANT. 02)  
Escala 1:75



SECCIÓN B  
S/E



SECCIÓN B  
S/E

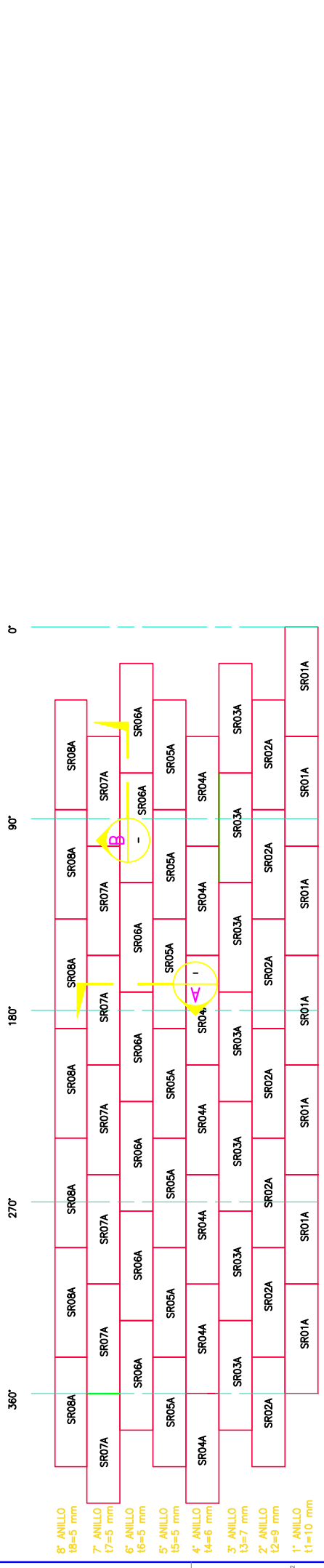
PESO TOTAL 9846.01 KG

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO (KG)
BR01	08	PL 1800mmx6000mmx9mm	ASTM A-36	6104.16
BR02	02	PL 1800mmx3000mmx9mm	ASTM A-36	635.85
BS01	02	PL 3123mmx1248mmx9mm	ASTM A-36	343.00
BS02	02	PL 1302mmx1800mmx9mm	ASTM A-36	324.00
BS03	02	PL 1233mmx3016mmx9mm	ASTM A-36	324.00
BS04	02	PL 2711mmx1800mmx9mm	ASTM A-36	474.00
BS05	02	PL 2604mmx1800mmx9mm	ASTM A-36	474.00
BS06	02	PL 2941mmx1800mmx9mm	ASTM A-36	430.00
BS07	02	PL 1880mmx1800mmx9mm	ASTM A-36	389.00
BS08	02	PL 788mmx1800mmx9mm	ASTM A-36	180.00
BS09	02	PL 627mmx1800mmx9mm	ASTM A-36	139.00

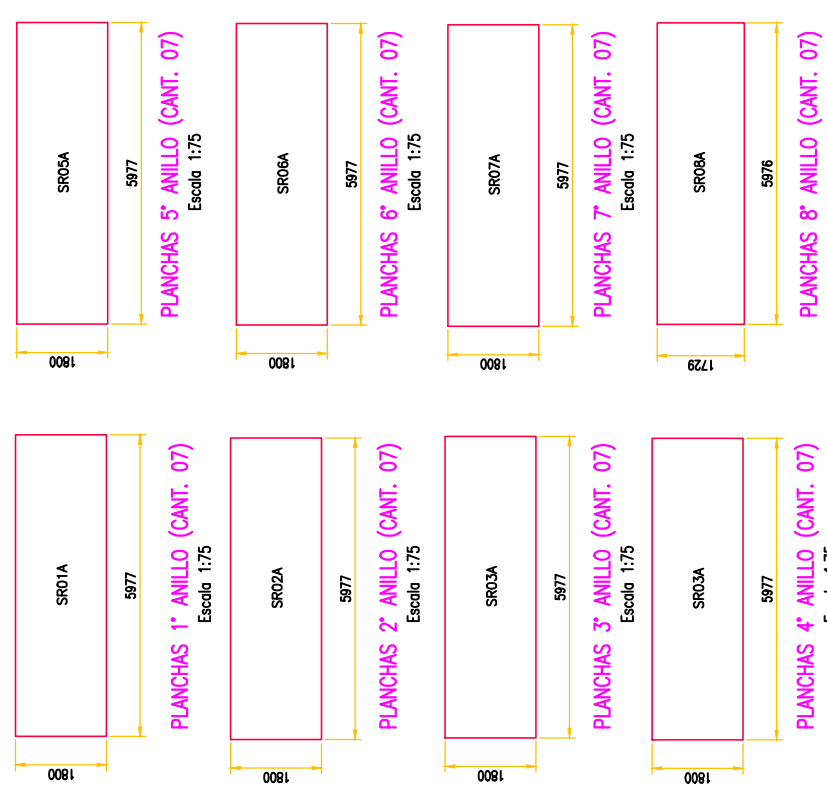
Este Documento contiene información privada y no puede ser reproducido, almacenado en un sistema de recuperación o transmitido en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, sin el consentimiento escrito de ALDORP S.A. La Gincor S.A. es el responsable de este Sistema Informático de Gestión Documental de ALDORP S.A.

1. TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SI NO SE INDICA OTRO VALOR.  
 2. EL MATERIAL DE LA FABRICACIÓN SERÁ EL ASERADO, DE 3 mm DE ESPESOR.  
 3. TIRAS DEL MATERIAL PARA UN MEJOR ENTENDIMIENTO DE LA FABRICACIÓN, VE, Y COMO MEDIR EL PUNTO.

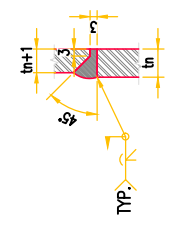
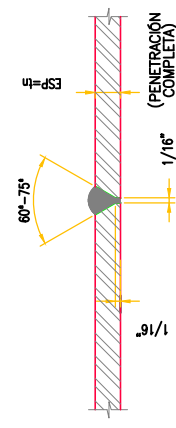
INFORMACIÓN GENERAL  
 Nº REG. A 20/03/2020  
 Nº REG. B 30/07/2020  
 FECHA 20/03/2020  
 PLANOS DE REFERENCIA DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA  
 PLANOS DE FABRICACIÓN  
 PLANOS DE FABRICACIÓN DE UN TANQUE DE ACERO DE ALMACENAMIENTO DE ASFALTO DE 10MB  
 TITULO TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ASFALTO  
 PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANCHAS DE FONDO  
 PLAN DE FABRICACIÓN  
 PF-UNAC-2021-DWG-ME-001  
 1 DE 1



DISTRIBUCIÓN DE PLANCHAS DE CILINDRO  
Escala 1:75



VISTA DE JUNTA HORIZONTAL  
Escala S/E



SECCIÓN B  
S/E

SECCIÓN A  
S/E

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO (KG)
SR01A	07	PL 1800mmx5977mmx10mm	ASTM A-36	5911.85
SR02A	07	PL 1800mmx5977mmx9mm	ASTM A-36	5320.67
SR03A	07	PL 1800mmx5977mmx7mm	ASTM A-36	4138.30
SR04A	07	PL 1800mmx5977mmx6mm	ASTM A-36	3547.11
SR05A	07	PL 1800mmx5977mmx5mm	ASTM A-36	2955.92
SR06A	07	PL 1800mmx5977mmx5mm	ASTM A-36	2955.92
SR07A	07	PL 1800mmx5977mmx5mm	ASTM A-36	2955.92
SR08A	07	PL 1729mmx5976mmx5mm	ASTM A-36	2636.85
TM01	08	L 2"x2"x1/4", L=5490mm	ASTM A-36	237.00
<b>PESO TOTAL</b>				<b>30861.54 KG</b>

Este Documento contiene información privada y no puede ser reproducido, copiado, distribuido, almacenado, recuperado ni utilizado en ningún sistema de información sin el consentimiento escrito de J.A.C. La única copia autorizada es la que se encuentra en el Sistema Informático de Gestión Documental de J.A.C.

1. TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.  
 2. TODAS LAS PLANCHAS SERÁN DE PUNTO ESTRENO.  
 3. EL MATERIAL DE LOS SOLDADOS DEBE SER DE PUNTO ESTRENO.  
 4. LOS SOLDADOS DEBEN SER DE PUNTO ESTRENO.  
 5. EL MATERIAL DE LOS SOLDADOS DEBE SER DE PUNTO ESTRENO.  
 6. EL MATERIAL DE LOS SOLDADOS DEBE SER DE PUNTO ESTRENO.

PROY. NOMBRE: PLANO DE FABRICACIÓN  
 ESCALA: S/E

ELAB. REV. ABR. 2018  
 DIB. REV. ABR. 2018

FECHA: 20/03/2020  
 ENTRO PARA REVISIÓN INTERNA  
 ENTRO PARA REVISIÓN DE CLIENTE

FECHA: 20/03/2020  
 ENTRO PARA REVISIÓN INTERNA  
 ENTRO PARA REVISIÓN DE CLIENTE

DESCRIPCIÓN DE LA BARRERA

PLANO Nº 17

NOSES

PLANO DE REFERENCIA

PLANO DE FABRICACIÓN

PLANO DE FABRICACIÓN DE UN TANQUE DE ACERO DE ALMACENAMIENTO DE ASFALTO DE 10MB

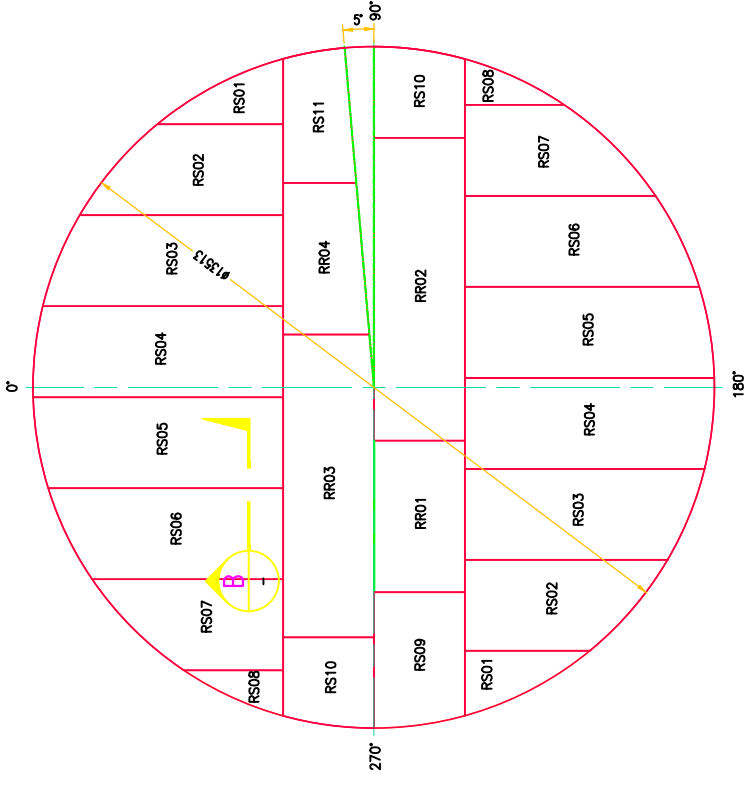
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ASFALTO

PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANCHAS DE CILINDRO

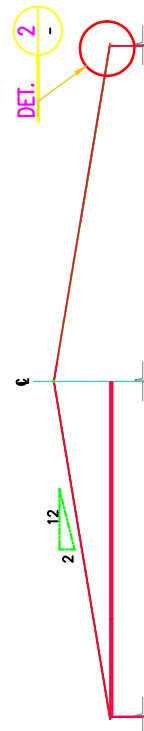
PLANO DE FABRICACIÓN

PF-UNAC-2021-DWG-ME-002

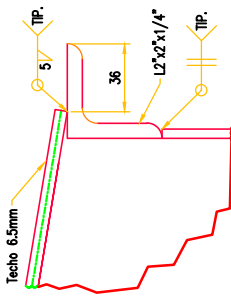
Nº 1 DE 1



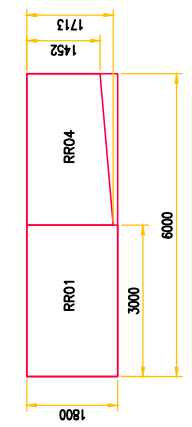
**DISTRIBUCIÓN DE PLANCHAS DE TECHO**  
Escala 1:75



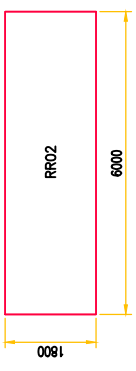
**VISTA FRONTAL DE TECHO**  
Escala 1:75



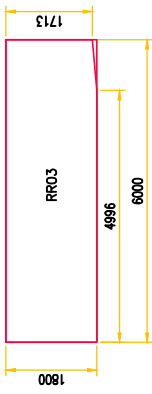
**SECCIÓN**  
S/E



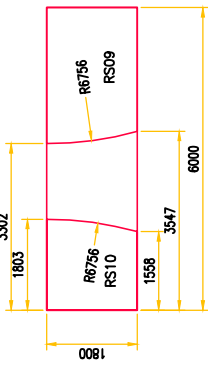
**PLANCHA RR01 , RR04 (CANT. 01)**  
Escala 1:75



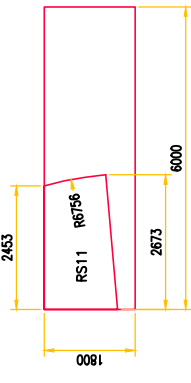
**PLANCHA RR02 (CANT. 01)**  
Escala 1:75



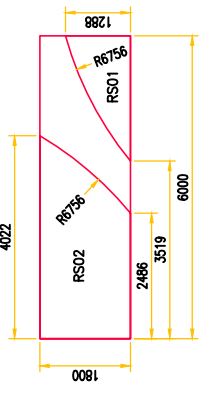
**PLANCHA RR03 (CANT. 01)**  
Escala 1:75



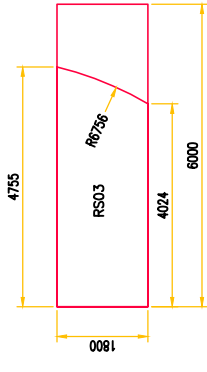
**PLANCHA RS09, RS10 (CANT. 02)**  
Escala 1:75



**PLANCHA RS11 (CANT. 01)**  
Escala 1:75



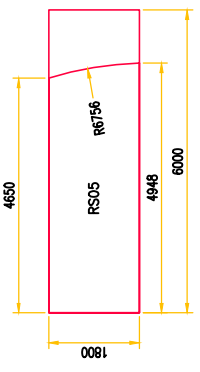
**PLANCHA RS01 , RS02 (CANT. 02)**  
Escala 1:75



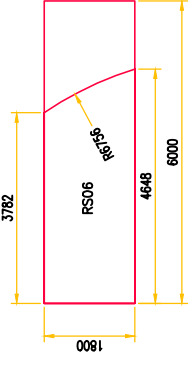
**PLANCHA RS03 (CANT. 02)**  
Escala 1:75



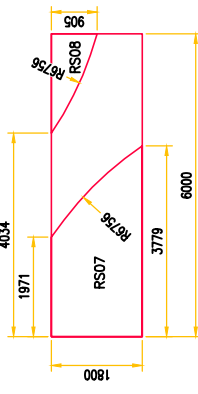
**PLANCHA RS04 (CANT. 02)**  
Escala 1:75



**PLANCHA RS05 (CANT. 02)**  
Escala 1:75



**PLANCHA RS06 (CANT. 02)**  
Escala 1:75



**PLANCHA RS07, RS08 (CANT. 02)**  
Escala 1:75

LISTA DE MATERIALES		PESO TOTAL 7189.00 KG		
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO (KG)
RR01	01	PL 1800mmx3000mmx6.5mm	ASTM A-36	275.00
RR02	01	PL 1800mmx6000mmx6.5mm	ASTM A-36	350.00
RR03	01	PL 1800mmx6000mmx6.5mm	ASTM A-36	548.00
RR04	01	PL 1800mmx3000mmx6.5mm	ASTM A-36	242.00
RS01	07	PL 1288mmx2481mmx6.5mm	ASTM A-36	191.00
RS02	07	PL 1800mmx4022mmx6.5mm	ASTM A-36	614.00
RS03	07	PL 1800mmx4755mmx6.5mm	ASTM A-36	815.00
RS04	07	PL 1800mmx4948mmx6.5mm	ASTM A-36	888.00
RS05	08	PL 1800mmx4948mmx6.5mm	ASTM A-36	888.00
RS06	08	PL 1800mmx4948mmx6.5mm	ASTM A-36	784.00
RS07	08	PL 1800mmx3779mmx6.5mm	ASTM A-36	549.00
RS08	08	PL 905mmx1956mmx6.5mm	ASTM A-36	103.00
RS09	08	PL 1800mmx2696mmx6.5mm	ASTM A-36	240.00
RS10	08	PL 1800mmx1803mmx6.5mm	ASTM A-36	316.00
RS11	08	PL 1800mmx2688mmx6.5mm	ASTM A-36	178.00

Este Documento contiene información privada y no puede ser distribuido, copiado, reproducido o utilizado sin el consentimiento escrito de J.A.C. La única copia autorizada es la que se encuentra en el Sistema Informático de Gestión Documental de J.A.C.

FIRMAS DE VERIFICACIÓN		FIRMAS DE LA EMPRESA	
Nº REG.	FECHA	ELAB.	IMP.
B	30/07/2020	J.A.G	J.S.A
A	20/05/2020	J.A.G	J.S.A

PLANO DE FABRICACIÓN	
PROY. NÚM.	FECHA
PLANO CLIENTE Nº	

MINISTERIO Y FABRICACIÓN DE UN TANQUE DE ACERO DE ALMACENAMIENTO DE ASFALTO DE 10MB

TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ASFALTO

PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANCHAS DE TECHO

PE-UNAC-2021-DWG-ME-003

Nº 1 DE 1





