



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE PARA ALMACENAR 2000 TONELADAS DE ACEITE DE PALMA BASADO EN LA NORMA API 650-2007

Galo Enrique Jiménez Pazmiño, Ing. Ernesto Martínez L.
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 Vía Perimetral, Código Postal 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador
gajimene@espol.edu.ec

Resumen

En la actualidad, el aceite de palma en el Ecuador es importante en el desarrollo de la industria alimenticia, domestica y de combustible alternativo. Este aceite se emplea en la producción de algunos productos como margarinas, jabones, aceite de mesa entre otros. El almacenamiento de este aceite es en tanques de aceros con grandes volúmenes en lugares seguros. En Esmeraldas se necesito construir un tanque para almacenamiento de aceite de palma con una capacidad de 2000 toneladas. Este proyecto fue asignado a la constructora Hidalgo & Hidalgo, la cual me asignó el dimensionamiento de los elementos del tanque (Fondo, Cuerpo, Estructuras). Es por este motivo que realizo el diseño del tanque de 2000 toneladas basado en la norma API-650-2007 y mostrar los procesos de construcción, inspección y pruebas del mismo. Se necesita conocer la ubicación del montaje del tanque para poder examinar algunos factores como la zona sísmica, el viento y protección superficial del tanque. El resultado de este diseño es establecer una metodología de construcción de elementos y piezas, determinada en cálculos basados en la norma API-650, incluyendo costos relativos de equipos, materiales y mano de obra concernientes al proyecto para facilitar la realización de presupuesto en esta obra.

Palabras Claves: *Aceite de Palma, Tanque de almacenamiento, API 650-2007, Construcción, Inspección y Pruebas.*

Abstract

At the present time, the palm oil in the Ecuador is important in the development of the nutritious industry; it tames and gives combustible alternative. This oil is used in the production this some products like margarines, soaps, oil gives table among others. The storage gives this oil it is in tanks steels with big volumes in sure places. In Emeralds one needs to build a tank for storage palm oil with a capacity of 2000 tons. This project was assigned the manufacturer Hidalgo & Hidalgo, which assigned me the dimensionamiento, gives the elements the tank (Fund, Corps, and Structures). it is for this reason that I carry out the design this the tank 2000 tons based on the norm API-650-2007 and to show the processes gives construction, inspection and testing give the same one it is needed to know the location this the assembly the tank to be able to examine some factors like the seismic area, the wind and superficial protection gives the tank. The result gives this design it is to establish a methodology construction elements and pieces, determined in calculations based on the norm API-650, including relative cost gives hardware, materials and concerning manpower to the project to facilitate the realization of budget in this work.

1. Introducción

En el puerto de Esmeraldas se necesita construir un tanque de 2000 Ton. Esta estación tiene un sistema de captación donde se toma el aceite de distintos barqueros que llegan al sitio y descargan el aceite en el tanque para su almacenamiento. El aceite es almacenado hasta su despacho al buque que llega al puerto para transportarse a distintos destinos.

Este proyecto fue asignado a la constructora Hidalgo & Hidalgo en la cual laboro como diseñador, y se me asigna el dimensionamiento de los elementos constitutivos de los tanques. La licitación incluye el diseño estructural de los mismos, sin embargo se solicita que todos los tanques estén anclados y con sistema de protección superficial.¹

En el diseño del tanque se tiene en cuenta las propiedades físico-químicas del fluido como la densidad a las distintas temperaturas que pueda experimentar este, así como su temperatura de auto ignición y su punto de inflamación. La densidad influye directamente en dimensionamiento de los espesores de las placas que conforman el cuerpo y fondo del tanque, mientras que las temperaturas de auto ignición y su punto de inflamación intervienen con las consideraciones en la fabricación del techo.

Dimensionadas las placas del cuerpo y fondo se verifica la estabilidad del tanque contra las distintas condiciones de la zona como los vientos y posibles movimientos telúricos.

Esta tesis ayuda a establecer un procedimiento para el cálculo de los elementos constitutivos del tanque, su proceso de construcción y costos del proyecto.

2. Consideraciones de Diseño del Tanque

El tanque que sirve para almacenar 2000 toneladas de aceite es construido con acero soldado. Este tanque, cuyas dimensiones son de 17.4 m de diámetro y 10 m de alto, es construido de acuerdo con la especificación API 650-2007.¹

Esta especificación analiza todos los elementos constitutivos del tanque que se construye como lo son el dimensionamiento de los espesores del cuerpo y fondo del tanque, consideraciones estructurales, aberturas en el cuerpo, estabilidad por condiciones ambientales (Sismos, Vientos).^{1,2}

2.1. Diseño del Fondo

El diseño del fondo del tanque de almacenamiento depende de las siguientes consideraciones:

- Los cimientos usados para soportar el tanque.
- El método que se utilizará para desalojar el producto almacenado,
- El grado de sedimentación de sólidos en suspensión.

- La corrosión del fondo y el tamaño del tanque.

Lo que conduce al uso de un fondo plano, donde la resistencia permisible del suelo debe ser por lo menos de 143 MPa.

Los fondos de tanques de almacenamientos cilíndricos verticales son generalmente fabricados de placas de acero con un espesor menor al usado en el cuerpo. Esto es posible para el fondo, porque se encuentra soportado por una base de concreto, arena o asfalto, los cuales soportan el peso de la columna del producto; además, la función del fondo es lograr la hermeticidad para que el producto no se filtre por la base.⁶

2.2. Desarrollo del Cuerpo.

El espesor de la pared del cuerpo requerido para resistir la carga hidrostática es mayor que el calculado por condiciones de diseño o por condiciones de prueba hidrostática, pero en ningún caso es menor a lo que se muestra en la tabla 1.⁶

Tabla 1 Espesor mínimo de placas del cuerpo según el diámetro del tanque

Diámetro nominal en metros	Espesor mínimo en milímetros
D < 15	5
15 < D < 36	6
36 < D < 60	8
D > 60	10

Tomado de la norma API 650 - Sección 5.6.1.1

El espesor de la pared por condición de diseño, se calcula con base al nivel del líquido, tomando la densidad relativa del fluido a almacenar. El espesor por condiciones de prueba hidrostática se obtiene considerando el mismo nivel de diseño, pero ahora utilizando la densidad relativa del agua.

2.3. Diseño Estructural del Techo.

Los tanques de almacenamiento pueden clasificarse por el tipo de cubierta en: De techos fijos, de techos flotantes y sin techo. Dentro de los techos fijos se tienen tres tipos: cónicos, de domo y de sombrilla, los cuales pueden ser autosoportados o soportados por una estructura (para el caso de techos cónicos de tanques de gran diámetro). En cualquiera de estos casos el espesor del techo no puede ser menor que 5mm. y en el caso de techos autosoportados el espesor tampoco debe sobrepasar los 12 mm.

Las traveses forman polígonos regulares y en cada arista de estos se coloca una columna. Los polígonos compuestos por traveses se encargan de soportar los largueros.³

Las juntas de las placas del techo están soldadas a traslape por la parte superior con un filete continuo a lo largo de la unión, la cual tiene un ancho igual al espesor de las placas. La soldadura del techo, con el perfil de coronamiento, se efectúa mediante un filete continuo de 5 mm. o menor si la especifica el usuario.

Es recomendable que la pendiente del techo sea de 1:16, aunque puede ser mayor o menor si se lo especifica.

El diseño y cálculo de la estructura involucra los esfuerzos de flexión y corte, producidos por una carga uniformemente repartida ocasionada por el peso de las placas del techo, traveses y largueros, debido a lo cual las placas del techo se consideran vigas articuladas. (Figura 1)

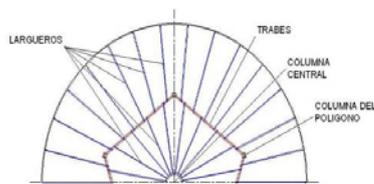


Figura 1 Elementos de la estructura soporte.

2.4. Estabilidad por Sismos

Los movimientos telúricos son un tema muy especial dentro del diseño de tanques verticales de almacenamiento, sobre todo con un alto grado de sismicidad. Estos movimientos telúricos provocan dos tipos de reacciones en el tanque:

Los movimientos de alta frecuencia provocan un movimiento lateral del terreno donde está instalado el tanque.

Los movimientos de baja frecuencia provocan un movimiento de masa del líquido contenido, provocando oleaje dentro del tanque.

El movimiento lateral de las masas, genera fuerzas que actúan en el centro de gravedad del tanque, ocasionando la inestabilidad del conjunto, que multiplicado por el brazo de palanca respecto al fondo, originan un momento de volcadura, produciendo una compresión longitudinal, provocando la deformación del cuerpo. Por lo que es diseñado para resistir este fenómeno.⁸

2.5. Estabilidad por Viento

El viento es simplemente aire, con una componente horizontal de movimiento. La velocidad de las corrientes de viento varía desde cero, en una calma absoluta, hasta 535 Km./h. que es la velocidad máxima que se ha registrado.

El momento de volteo producido por el viento debe ser calculado usando las siguientes consideraciones:

0.86 KPa sobre áreas proyectadas de superficies cilíndricas.⁸

1.44KPa para levantamiento sobre áreas horizontales proyectadas de superficies cónicas y doble curvadas.

Estas presiones están basadas en una velocidad de viento de 190 Km./h., que aunque es el 36% de la máxima velocidad registrada en el mundo, satisface los posibles casos de viento en el Ecuador. En la tabla 8 se muestra una clasificación de Pre-huracanes y la clasificación Saffir-Simpson. En caso de que la velocidad de la zona supere los 190 km./h (antes del 2007 la velocidad considerada era 160 km./h), las presiones son ajustadas en proporción a la siguiente razón:

$$K_v = (\text{Velocidad del viento (Km/h)} / 190)^2 \text{ (ec. 1)}$$

2.6. Accesorios.

Los accesorios necesarios para el diseño del tanque son:

- Boquillas
- Escaleras y Plataformas
- Conexión a tierra.

Todos los tanques de almacenamiento deben estar provistos de boquillas, las que a continuación se enlistan como las mínimas requeridas que deben ser instaladas en los tanques de almacenamiento.

- 1.-Entrada (s) y salida (s) de de producto (s).
- 2.-Entrada (s) de hombre.
- 3.-Drene (con o sin sumidero).
- 4.- Puerta de limpieza a ras (opcional)
- 5.- Venteo (s).

Las escaleras, plataformas y barandales tienen la finalidad de situar al personal que así lo requiera en una zona del tanque que necesite de constante mantenimiento o supervisión, generalmente sobre el techo donde se localizan diversas boquillas y la entrada hombre, además de brindar protección y seguridad al personal.⁷

La conexión a tierra como su nombre mismo lo indica es una conexión que se efectúa para proteger el tanque de las descargas eléctricas originadas por rayos, por campos electrostáticos producidos por formaciones nubosas densamente cargadas o por el fluido dentro del tanque, evitando de esta forma potenciales eléctricos que ocasionen chispas y lógicamente incendios del producto almacenado.³

El sistema de tierra debe ser diseñado para la instalación de acuerdo a las características y requerimientos del proyecto para evitar la acumulación de cargas estáticas de acuerdo con la norma NFPA – 77.

3. Cálculos

A continuación se presentan los datos generales, necesarios para el cálculo del tanque:

- Capacidad Nominal = 2000 Ton.
- Densidad = 924 kg/m³
- Volumen Total = 2300 m³
- Diámetro interior (D) = 17.4 m
- Altura = 10 m
- Material = ASTM A-283-C
- Factor de corrosión = 1.6mm. (Cuerpo solamente)
- Zona sísmica = 4
- Velocidad del viento < 190kmh

3.1. Espesor de las placas del cuerpo

Primero se calcula ancho de las placas y la cantidad de anillos que forman el cuerpo. Las dimensiones de las placas que se pueden adquirir en los distintos espesores son de 7.62m x 1.83m. Por lo que:

- Cantidad de anillos = $H / 1.83 = 10 / 1.83 = 5.46 \Rightarrow 6$ anillos
- Ancho de placas = $H / (\# \text{ de Anillos}) = 10 / 6 = 1.666\text{m}$

De acuerdo con lo especificado en la tabla 1, el espesor mínimo de las placas del cuerpo del tanque es de 6 mm. y el cuerpo se calcula con el método de un pie.⁵

3.2. Placas de Fondo

El Espesor del 1^{er} ANILLO = 8 < 19 mm.

$$Sh = \frac{4.9D(H-0.3)}{t}$$

$$Sh = \frac{4.9(17.3)(9.65-0.3)}{8}$$

$$Sh = 99\text{MPa} < 190\text{MPa}$$

3.3. Estructura Interna

Debido a que el diámetro es considerable, el techo es cónico soportado. (Se ha establecido que el espesor del techo es 6mm. y la pendiente de 1:16).

La carga por el peso del techo + carga viva = 1662 Pa. Ahora determinaremos la cantidad de largueros exteriores:

$$N = \text{Perímetro} / 1.915 = \pi(17.4) / 1.915 = 28.5$$

Al tener que existir una distribución homogénea de los largueros, se necesitan 30 largueros exteriores y la estructura tiene forma pentagonal (6/largueros por trabe).⁴

Para obtener la distribución de los largueros internos se debe encontrar la relación que minimice los

esfuerzos, peso y costo del material usado en la estructura, esto se puede desarrollar muy fácilmente con la ayuda de una hoja electrónica.

En este caso particular la relación entre el diámetro nominal del tanque y el diámetro del círculo donde se circunscribirá el polígono estructural es de 3:1.

3.4. Verificación de la estabilidad por sismos

Momento de volteo:⁸

$$M_s = \sqrt{[A_i (W_i X_i + W_s X_s + W_r X_r)]^2 + [A_c (W_2 X_2)]^2}$$

se tienen que:

$$W_i = 19620 \text{ kN}$$

$$W_s = 281 \text{ kN}$$

$$W_r = 121 \text{ kN}$$

$$X_s = 4.665 \text{ m}$$

$$X_r = 10 \text{ m}$$

La relación D/H es igual a 1.74, $W_T = 20848 \text{ kN}$ (2300 TON) y $H = 9.7 \text{ m}$; se tiene:

$$W_i = \frac{\tanh\left(0.866 \frac{D}{H}\right)}{0.866 \frac{D}{H}} W_T$$

$$W_i = \frac{\tanh(0.866 \times 1.74)}{0.866 \times 1.74} (20848.2 \text{ kN}) = 12290 \text{ kN}$$

$$W_2 = (1.0 - 0.218 \frac{D}{H}) W_i$$

$$W_2 = [(1.0 - 0.218 (1.74))] 20848.2 = 8304 \text{ kN}$$

$$X_1 = 0.375H = 0.375(9.7)$$

$$X_1 = 3.638 \text{ m}$$

$$X_2 = \left[1 - \frac{\cosh\left(\frac{3.67}{D/H}\right) - 1}{\frac{3.67}{D/H} \sinh\left(\frac{3.67}{D/H}\right)} \right] H$$

$$X_2 = \left[1 - \frac{\cosh\left(\frac{3.67}{1.74}\right) - 1}{\frac{3.67}{1.74} \sinh\left(\frac{3.67}{1.74}\right)} \right] (9.7)$$

$$X_2 = 6.048 \text{ m}$$

Por lo tanto el tanque es estable y no requiere anclajes o incremento de espesores en el fondo.

3.5. Verificación de la estabilidad por viento

Rigidez:

Modulo de la sección:

$$Z = \frac{D^2 H^2}{17} = \frac{17.4^2 \times 10}{17} = 178 \text{ cm}^3$$

Máxima altura sin rigidizadores:

$$H1 = 9.47 t \sqrt{\left(\frac{t}{D}\right)^3} = 9.47 (6) \sqrt{\left(\frac{6}{17.4}\right)^3} = 11.505\text{m}$$

Ancho equivalente de las placas de 8mm.

$$W_{tr} = W \sqrt{\left(\frac{t_{uniforme}}{t_{actual}}\right)^5} = 1.666 \sqrt{\left(\frac{6}{8}\right)^5} = .81\text{m}$$

Altura transformada del tanque

$$H_{tr} = 4W_6 + 2W_{tr8} = 4(1.666) + 2(0.8115) = 8.286$$

$H1 > Htr$ solo necesita un rigidizador en la parte superior, cuyo módulo de sección sea mayor o igual 178 cm^3 , la sección mostrada en la figura 3.4 con $b=250\text{mm}$ en una pared de 6mm , tiene un modulo de sección de 341 cm^3 .

3.5. Selección de accesorios

Boquillas.

Velocidad máxima de bombeo recomendada para el aceite es 4m/s .

Entrada del producto: Apéndice E
 Diámetro de la tubería: 4" CED 40, ASTM A53 Gr B.
 Espesor del Cuerpo: 6mm.
 Necesita Tratamiento Térmico: No
 Velocidad del fluido: 3.35 m/s
 Caudal: $25.25 \text{ m}^3/\text{h}$

Salida del producto: Apéndice H
 Diámetro de la tubería: 6" CED 40, ASTM A53 Gr B.
 Espesor del Cuerpo: 8mm.
 Necesita Tratamiento Térmico: No
 Velocidad del fluido: 3.96 m/s
 Caudal: $69.4 \text{ m}^3/\text{h}$

Entrada de hombre lateral: Apéndice F
 Diámetro de la entrada: $\varnothing 610\text{mm}$.
 Necesita Tratamiento Térmico: No
 Entrada de hombre en el techo: Apéndice G
 Diámetro de la entrada: $\varnothing 610\text{mm}$.
 Necesita Tratamiento Térmico: No
 Puerta de limpieza a ras: No se considera necesaria.

Venteo: Abierto a la atmósfera, para contrarrestar el aumento de presión y el vacío producido por el llenado y vaciado del tanque, Diámetro de la tubería: 6".

Escaleras y Plataformas:

En la figura 2 se encuentra un ejemplo para la construcción de una plataforma segura. La modificación que se realiza es cambiar el piso por una sección rigidizada.⁷

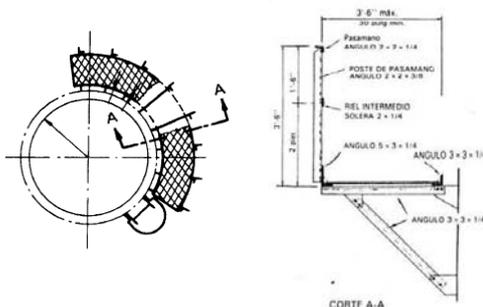


Figura 2 Plataforma que cumple con los requisitos de OSHA

Conexión a tierra:

Los componentes básicos de una conexión a tierra son:

Varilla de Tierra.- Esta varilla está hecha de acero $16\text{mm.} \times 200\text{mm.}$ mínimo de longitud revestida en cobre tipo "cooperweld".

Conectores.- Estos fijan la varilla al alambre conductor

Alambre de Conductor.- Cable de cobre # 2 AWG (American Wire Gage) sin aislar y trenzado.

Área de Contacto.- Platina en acero inoxidable de $200\text{mm.} \times 200\text{mm.}$ fija al cuerpo del tanque donde se asegura con tornillo de cobre al alambre conductor.

Para mejorar la resistencia del suelo se utiliza una mezcla de sulfato de magnesio y sal común, aplicándola a distancia aproximada de 225mm. alrededor de la varilla en una zanja hecha previamente de 40mm. de profundidad.

4. Construcción del Tanque

4.1 Calificación de procedimientos y habilidad del soldador

Las normas establecen que antes de iniciar cualquier soldadura de producción o construcción el material a soldar, metales de aporte, proceso y personal deben estar debidamente calificados, en la extensión y en los términos especificados, ya sea que se trate de procedimientos calificados, precalificados o estándar. La información requerida acerca de las variables de soldadura que debe incluirse difiere de una norma a otra, y también varía la forma en que cada norma clasifica a estas variables, pero independientemente de las diferencias señaladas, las variables de soldadura pueden agruparse en las siguientes categorías:⁹

1. Uniones o juntas
2. Metales base
3. Metales de aporte y electrodos
4. Posiciones
5. Precalentamiento y temperatura entre pasos
6. Tratamiento térmico - posterior a la soldadura
7. Gases de combustión y de protección
8. Características eléctricas
9. Técnica.

La muestra donde se obtiene la probeta debe ser tomada en el sentido de laminación y se debe obtener la probeta a aproximadamente 25 mm. de los extremos de la muestra para evitar que el material a examinarse este afectado por los efectos de la obtención de la misma (zona afectada por el calor del oxicorte, extremos de la laminación).⁹

Las dimensiones para la mecanización de la probeta para tracción del material base están detalladas en la norma ASTM E8 (Fig. 3)¹³

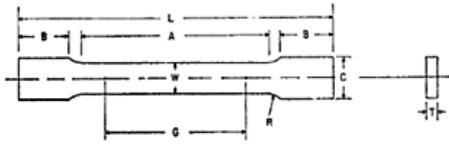


Figura 3 Probeta para tracción – material base

4.2 Fabricación de las partes.

4.2.1 Corte y biselado de planchas metálicas

El primer paso antes de realizar el corte a las dimensiones requeridas en el diseño, es identificar cada plancha, la cual debe ser marcada para su respectivo registro. Esto permite saber a qué número de anillo pertenece, que posición le corresponde a la plancha en el anillo, en caso de que se fabriquen varios tanques, a que tanque pertenece.¹⁰

Como las planchas metálicas que se adquieren para formar el cuerpo del tanque tienen dimensiones aproximadas (longitud y ancho) se debe cortar los filos de cada plancha para que todas sean uniformes y que sus lados tengan 90°.

Para realizar el corte y biselado se utiliza un sistema de corte semiautomático, donde se procede a fijar las medidas y el ángulo de biselado de acuerdo al procedimiento de soldadura establecido. Se utiliza oxígeno y acetileno usando una boquilla HA-311. Completado el proceso, la plancha cortada y biselada a la medida se coloca boca abajo (bisel hacia abajo) en un área para realizar el desbaste de filos o rebabas remanentes. Se confirman las dimensiones requeridas y estas continúan con la siguiente etapa del proceso de fabricación.

4.2.2 Rolado de planchas metálicas.

En esta etapa se procede a dar la forma curva requerida por las características técnicas del tanque. Para verificar la curvatura de la plancha. Se utiliza una plantilla guía, con la forma de una sección perimetral del diámetro requerido teniendo en cuenta que el diámetro usado en los cálculos es el diámetro medio

4.2.3 Preparación superficial.

El proceso de preparación de superficies es el requisito principal para pintar con éxito. Pretende eliminar la totalidad de suciedad, grasas, aceites, óxido visible (herrumbre), cascarilla de laminación, o cualquier materia.¹¹

Los procesos de preparación de superficie están estandarizados y definen el acabado deseado. Algunas normas son de comparación visual utilizando probetas de acero, discos comparadores o fotografías y otras normas solo son escritas. A continuación se presenta la comparación entre las distintas normas utilizadas para la preparación de superficies.

4.2.4 Pintado

El tanque es protegido de la siguiente manera:

Sistema Interior: Para la protección interna, la superficie es pintada en taller con una pequeña capa de pintura anticorrosiva. En sitio, la capa de pintura es quitada y la superficie es pintada con un sistema Epóxico Fenólico Amina.¹¹

Sistema Exterior: El sistema a usar es Epóxico Acrílico. Para la protección externa, la superficie es pintada en taller con una primera capa de pintura (primer) y en sitio se completa la protección.

4.3 Montaje.

Los accesorios de montaje son aquellas herramientas necesarias para armar el tanque de una manera rápida y eficiente. Estos accesorios son:⁶

- Matriz para el fondo.
- Guías.
- Espaciador.
- Cuñas.
- Cuadrantes.
- Punzones.
- Chicagos.
- Ménsulas, uso interno solamente.
- Andamios.

4.4 Control de calidad de juntas soldadas.

El proceso de Control de Calidad de las juntas soldadas en la construcción de tanques es realizado por medio de Técnicas de Inspección Superficial y Técnicas de inspección Volumétrica. Mediante la práctica de la inspección superficial se comprueba la integridad superficial de un material hasta una profundidad de 3mm. Dentro de estas técnicas se utiliza: Inspección por tintas penetrantes, Inspección Visual. La utilización de la inspección volumétrica permite comprobar la integridad del cordón de soldadura del cuerpo detectando las discontinuidades internas que no son visibles a la superficie. Para esto las soldaduras no tienen fisuras y otras discontinuidades son evaluadas si estas son alargadas o redondeadas.

4.5 Prueba Hidrostática

Esta prueba se realiza con el fin de verificar que los asentamientos del tanque producidos por el producto a almacenar, no vayan a deformar, colapsar o tensionar el mismo o que conexiones de tuberías se vean afectadas y constatar que existe hermeticidad en todas las juntas tanto de fondo como del casco y accesorios.

5. Costos de construcción y montaje

5.1 Costo de construcción

En esta parte se analiza todo lo referente a los costos de construcción, los cuales están representados por medio de tablas, las cuales indican los siguientes costos:³

- Materiales.
- Corte
- Rolado.

Tabla 2 Costo de construcción

DESCRIPCIÓN PROCESO	CANTIDAD
MATERIALES 69,5 TON ACERO	\$ 113,798.48 (88%)
CORTE	\$ 1,989.58 (1%)
ROLADO	\$ 731.01 (1%)
PREPARACIÓN SUPERFICIAL	\$ 13,296.47 (10%)
TOTAL	\$129,815.54 (100%)

5.2 Costo de transportación

Como se especifico anteriormente el tanque está ubicado en la provincia de Esmeraldas pero el material está en la provincia del Guayas, por este motivo hay que transportar este material hasta Esmeraldas esto incluye un costo de transportación. La distancia entre Guayaquil y Esmeraldas es de 460 Km y el material a transportar es de 70 Ton. Por lo que hay que realizar 3 viajes como se muestra en la tabla 37.

Tabla 3 Toneladas a Transportar de Guayaquil – Esmeraldas

EQUIPO	CANT.	COSTO (\$/VIAJE)	REND TON/VIAJE	COSTO UNIT. (\$/TON)
PLATAFORMA	3	3,000	25	120
	TOTAL	\$ 9,000		

5.3 Costo de montaje

Este costo permite observar el total de costo de montaje que incluye soldado, acabado de pintado, calificación de soldadores, ensayos y pruebas.

Tabla 4 Costo de montaje y pruebas

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	CANTIDAD (\$)
Consumibles	15.279,89
Ensayos y pruebas	1.960,00
Prueba Hidrostática	6.411,28
Calificación de soldadores	4.800,00
Equipos	20.941,13
Personal	14.184,00
TOTAL	\$ 63.576,30

El costo total de construcción del tanque para almacenar 2000 toneladas de aceite de palma basado en la norma API 650-2007 es de \$ 202.391,84 como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 5 Costo Total del Tanque de Almacenamiento de Aceite de Palma

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	CANTIDAD (\$)
Costo de Construcción	\$ 129.815,54 (64%)
Costo de Transportación	\$ 9000,00 (5%)
Costo de Montaje	\$ 63.576,30 (31%)
TOTAL	\$ 202.391,84 (100%)

6. Conclusiones.

En nuestro país se está implementado mucho lo que es la extracción de aceite para su comercialización, lo que genera un gran campo de aplicación en ingeniería y fuentes de trabajo.

Para este tipo de construcciones se debe tener calificado al personal técnico en todos los ámbitos de producción.

Para tener un control de Bacterias, hongos, esporas, etc. existen métodos en la actualidad, que en nuestro país aún son nuevos, pero que en otros se están implementando muy exitosamente teniendo buenos resultados, no solo en la salud de las personas sino en su productividad, y como se ha observado son procedimientos sencillos y fáciles de aplicar.

Para los cálculos de cargas de refrigeración, selección de equipos de agua helada y dimensionamientos de ductos existen muchos mecanismos y programas muy útiles que ayudan a minimizar costos de diseño, que son de fácil manejo y en los cuales no se pueden apoyar para obtener resultados efectivos.

Para un sistema en donde se requiera controles más estrictos en cuanto a humedades relativas, mantenimiento de la temperatura de confort más cercana a la escogida para el diseño, es mejor escoger

sistemas enfriados por agua, y a además de los beneficios mencionados se pueden escoger capacidades no estándares.

7. Referencias

- [1] Inglesa, diseño de tanques de almacenamiento, México 1994, pdf. Consulta realizada Noviembre del 2006.
- [2] Curso de tanques de almacenamiento, México 1994, pdf. Consulta realizada Diciembre del 2006.
- [3] API standard (American Petroleum Institute) 650-98 (3 add) seccion 2 (references), welded steel tanks for oil storage, USA 2003. Consulta realizada Enero del 2007.
- [4] API standard (American Petroleum Institute) 650-07 seccion 4 (materials), welded steel tanks for oil storage, USA 2007. Consulta realizada Enero del 2007.
- [5] API standard (American Petroleum Institute) 650-98 (3 add) sección 3 (definitions), welded steel tanks for oil storage, USA 2003. Consulta realizada Febrero del 2007.
- [6] API standard (American Petroleum Institute) 650-07 seccion 5 (design), welded steel tanks for oil storage, USA 2007. Consulta realizada Diciembre del 2007.
- [7] API standard (American Petroleum Institute) 650-07 appendix E (seismic design of storage tanks), welded steel tanks for oil storage, USA 2007. Consulta realizada Enero del 2008.
- [8] ASCE estándar (American Society Of Civil Engineers), ASCE 07 (minimum desing loads for buildings and other structures), cap 11- 20- 21- 22, USA 2007. Consulta realizada Enero del 2008.
- [9] ASME IX (The American Society Of Mechanical Engineers), ASME (qualification standard for welding and brazing procedures, welders, brazers, and welding and brazing operators), USA 2005. Consulta realizada Abril del 2007.
- [10] API standard (American Petroleum Institute) 650-07 seccion 6 (fabrication), welded steel tanks for oil storage, USA 2007. Consulta realizada Abril del 2008.
- [11] SSPC-SP 05 (The Society for Protective) NACE no. 1/sspc-sp 5 (joint surface preparation standard, white metal blast cleaning), USA 2000. Consulta realizada Mayo del 2007.
- [12] API standard (American Petroleum Institute) 650-07 seccion 8 (methods of inspecting joints), welded steel tanks for oil storage, USA 2007. Consulta realizada Mayo del 2008.
- [13] ASTM A6 (standard specification for general requirements for rolled structural steel bars, plates, shapes, and sheet piling¹), USA 2003. Consulta realizada Junio del 2008.

Nota: **Resolución de Consejo de Investigación C. de 1.167.06 del 27 de noviembre de 2006**, se transcribe a continuación:

"C. de 1.167.06.- El Consejo de Investigación resuelve que todos los investigadores de la ESPOL que escriban o participen en la escritura de un artículo (autor-coautor), ya sea de investigación o de difusión, deben expresar los datos de identificación de la institución, en forma normalizada de la siguiente manera:

Galo Enrique Jiménez Pazmiño, Ing. Ernesto Martínez
Facultad de Ingeniería en mecánica y ciencia de la producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
Email del autor: gajimene@espol.edu.ec

Resolución del Consejo de Investigación 26 de enero del 2007

C.de 1.034.07.- Se establece que la nueva guía del autor para la Revista Tecnológica registrará desde el 15 de febrero del 2007, para la presentación de artículos de los estudiantes en el proceso de graduación, tanto de pregrado como de postgrado.