

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**Estudio comparativos entre los métodos de Cubicación Líquida y
Cubicación Geométrica para Tanques Cilíndricos Verticales
Estacionarios Para Almacenamiento de Derivados Líquidos de
Petróleo Para Minimizar la Incertidumbre**

Por

**Rigoberto Javier Vásquez Nugra.
Oscar Delgado Páez.**

**ANTEPROYECTO DE TESIS PRESENTADA A LA FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL PARA OPTAR AL TÍTULO
DE INGENIERO QUÍMICO**

**GUAYAQUIL - ECUADOR
2012**

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción.....	1
1.2 Conceptos.....	2
1.3 Mercado y Usos.....	9
1.4 Especificaciones.....	11
1.5 Normas Técnicas.....	11
1.6 Recomendaciones.....	13

II. TIPOS DE CALIBRACION DE TANQUES ESTACIONARIO

2.1. Calibración Líquida.....	16
2.1.1 Calibración Líquida por Llenado.....	17
2.1.2 Calibración Líquida por Vaciado.....	18
2.2 Calibración Geométrica.....	20
2.2.1 Calibración por el Método de C conteo.....	20
2.2.1.1 Alcance.....	20
2.2.1.4 Definiciones.....	21
2.2.1.5 Importancia.....	23
2.2.1.6 Equipos.....	23
2.2.1.7 Calibración de las Cintas de Trabajo con la Cinta Maestra.....	27
2.2.1.8 Prácticas Generales.....	30
2.2.1.9 Estado del Tanque antes de la Calibración.....	31

2.2.1.10 Datos Descriptivos.....	32
2.2.1.11 Tolerancias.....	37
2.2.1.12 Espesor de la Lámina de la Plancha.....	39
2.2.1.13 Medidas de Tanques Verticales.....	41
2.2.1.14 Medidas Circunferenciales.....	45
2.2.1.15 Medidas de Obra Muerta.....	49
2.2.1.16 Pisos de Tanques.....	53
2.2.1.17 Techos Flotantes.....	56
2.2.1.18 Tanques Aislados.....	58
2.2.1.19 Tablas de Capacidad de Tanques.....	59

APENDICE.....

APENDICE A.....	83
Directrices para la Recalibración de Tanques de Almacenamiento.	
APENDICE B.....	91
Ejemplo de Cálculo para Tanques Cilíndricos Verticales de Acero- sobre el Suelo	
APENDICE C.....	110
Guías para el Ingreso al Ordenador	
APENDICE D.....	116
Factores de Corrección Temperatura de Lámina	
APENDICE E.....	122
Tanque Enterrado	
APENDICE F.....	131
Selección del Método de Calibración del Tanque	

II.2.B TIPOS DE CALIBRACION DE TANQUES ESTACIONARIOS.....

2.2. B.1 Introducción.....	134
2.2. B.2 Alcance.....	134
2.2. B.3 Definiciones.....	135
2.2. B.4 Publicaciones de Referencia.....	136
2.2. B.5 Importancia.....	136
2.2. B.6 Equipos.....	137
2.2. B.7 Procedimiento de Calibración.....	138

2.2.3 Calibración por el Método de Triangulación

2.2.3.1 Alcance	147
2.2.1.2 Referencia Normativa	148
2.2.1.3 Definiciones	148
2.2.1.4 Precauciones	148
2.2.1.5 Equipos	149
2.2.1.6 Instalaciones de Equipos y Procedimientos	150
2.2.1.7 Mediciones de Distancia entre dos Estaciones de Teodolitos	151
2.2.1.8 Procedimiento para Mediciones Ópticas internas de las Paredes del Tanque.	153
2.2.1.9 Procedimiento para Mediciones Externas	156
2.2.1.10 Tolerancias	162
2.2.1.11 Otras Mediciones para la Calibración del Tanque	163

2.2.1.12 Cálculo y Desarrollo de la Tabla de Capacidades de Tanques	164
---	-----

APENDICE.....

APENDICE A.....	166
Cálculo del radio interno por uso de Mediciones internas.	
APENDICE B.....	167
Determinación del radio del Círculo por el Método de Mínimos Cuadrados.	
APENDICE C.....	171
Cálculo del radio interno desde la Circunferencia de Referencia y Mediciones externas.	
APENDICE D.....	173
Cálculo del radio interno de distancias de referencia entre pares de estaciones de Teodolitos.	
APENDICE E.....	175
Método para la Calibración de Fondos de Tanques	
APENDICE F.....	178
Especificación para cinta de Profundidad (Aforo) y Plomada.	

III. SELECCIÓN DE LOS METODOS A COMPARAR

3.1. Calibración Líquida (Por Llenado).....	181
3.2. Calibración por el Método de la Línea Óptica Referencial.....	182

IV. Descripción de Procedimientos en Campo.

4.1. Procedimientos aplicados a la Calibración Geométrica.....	183
4.2. Procedimiento aplicado a Calibración Líquida.....	191

V. CALCULOS Y COMPARACIONES DE LOS METODOS.

5.1. Cálculos y Determinación Volumétrica de la Calibración Líquida.....	194
5.1.1 Datos de Campo.....	195
5.1.2 Memoria Técnica.....	203
5.1.3 Tabla de Calibración.....	206
5.2 Cálculos y Determinación Volumétrica de la Calibración Geométrica por el Método ORLM.	
5.2.1 Datos de Campo.....	214
5.2.2 Memoria Técnica.....	221
5.2.3 Tabla de Calibración.....	228
5.3 Cálculo de Incertidumbre.....	236

CAPITULO VI

VI. CAPITULO

Conclusiones.....	239
Recomendaciones.....	240
Bibliografía.....	242

CAPITULO I

I.1 INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es brindar una síntesis de los principales métodos para el calculo de las Tablas de Calibración de los Tanques destinados al almacenaje de combustible, haciendo énfasis en la importancia que tienen las mediciones que se realizan para realizar dicha tabla, también se presentan fenómenos que afectan las dimensiones del tanque para lo cual es conveniente una re-calibración.

Se hace un resumen de los principales métodos de aforo de tanques de almacenamiento, operación de donde se obtienen las capacidades de operación de cada uno y que resulta la mayor fuente de incertidumbre en el inventario de tanques.

La exactitud en la determinación de las dimensiones de un tanque es un factor muy importante para la determinación del volumen del líquido si tenemos en cuenta las consecuencias que tienen las mediciones incorrectas en una Tabla de Capacidad errónea, la cual puede permanecer en uso durante un largo periodo de tiempo antes de que sea advertido el error. Los errores en la Tabla de Capacidad originan errores en la contabilización de los contenidos del tanque, y por tanto, que las transacciones comerciales y pagos están sujetos a litigios y discusiones.

Los problemas que se plantean por estos errores son muy difíciles, y a veces, imposibles de resolver sin pérdidas por una de las partes involucradas. Como resulta tan importante el método y el grado de exactitud empleados al tomar las dimensiones de un tanque, deben ser presenciadas por todas las partes interesadas en determinar las existencias en un tanque calibrado.

A pesar de que muchos tanques en un mismo sitio puedan parecer idénticos, si aplicamos mediciones con elevada precisión notaremos que cada uno tiene dimensiones únicas. Por lo tanto no es aceptable realizar las tablas de calibración de tanques basados en los planos de ingeniería utilizados en su construcción, especialmente si estas medidas van a ser utilizadas para crear una base de datos para el posterior cálculo de masa y volumen.

Un pequeño error en las mediciones conlleva a serias discrepancias en el registro de calibración. Esto introduce errores sistemáticos en el cálculo de las cantidades, ya sean de entradas o salidas del tanque en el tiempo en que esté en servicio, o hasta que se le realice una nueva calibración.

I.2 CONCEPTOS

Calibración (aforo).- Operación para determinar la capacidad total del tanque, o las correspondientes capacidades parciales a diferentes alturas.

Anillo.- Anillos formado por las planchas o láminas del tanque.

Tanques.- Recipiente o depósito de líquido y de gases (cerrado)

Tabla de capacidad del tanque.- Muestra las capacidades de los volúmenes en un tanque correspondiente a diferentes niveles del liquido medidos desde un punto de referencia.

Altura de Referencia.- Altura medida desde el punto de referencia hasta la placa del fondo del tanque, la cual incluye el nivel cero del mismo.

API (American Petroleum Institute).- Instituto Americano de Petróleo.

ISO (International Organization for Standardization). - Organización Internacional de Normalización.

Equipos

Para objetos de nuestro estudio es importante acotar los dos métodos de calibración a ser comparados, los cuales son: Método de calibración líquida y Método de calibración geométrico basado en la línea óptica de referencia.

- El equipo usado en la calibración líquida debe estar en buenas condiciones de trabajo y no presentar averías en sus accesorios.

Patrones Volumétricos.

Para el enrase de volúmenes a ser adicionados a los tanques para su debida medición de altura se debe utilizar patrones volumétricos de 5, 50,100, 200 y 500 Galones de

ser necesario y de acuerdo a las determinaciones más precisas que nos interese determinar de acuerdo a la dimensión del tanque.

Cinta de Aforo.

Denominada también cinta de medición de altura nos será útil para determinar la altura que ocupa el fluido en cada adición volumétrica. Más especificaciones de esta cinta mencionaremos en la descripción de las cintas en la parte de los equipos de la calibración dimensional.

- El equipo usado en la calibración dimensional de los tanques debe estar en buenas condiciones de trabajo. Todas las cintas deben estar correctas y equipos ópticos de ser el caso deben estar en buen estado.

I.3 MERCADO Y USOS

Existen tanques cilíndricos verticales de diferentes formas, de acuerdo al techo o la forma de construcción de pared:

De acuerdo al techo:

- Tanques de techo flotante.
- Tanques de techo fijo.

Tanque de techo flotante.- Estos tanques usualmente son de pared soldada unidas en el borde de la lamina y son usados generalmente para almacenar productos de alta volatilidad (nafta de alto octano NAO, solventes).

Tanques de techo fijo.- Estos tanques pueden ser con diferente tipo de unión en las paredes y son usados usualmente para almacenar productos de baja volatilidad (Diesel-2, aceite).

De acuerdo a la forma de construcción de pared:

- Tanques de pared soldados.
- Tanques de pared empernada y pared montada.

Este tipo de tanques cilíndricos verticales en nuestro medio son usados para almacenamiento de líquidos de diferentes productos y densidades, debido a esto ,estos tanques son construidos con material de acero para soportar las presiones del producto, el espesor de las láminas de la pared del tanque dependerá del producto a ser almacenado.

Este tipo de tanques es muy común observarlos en las refinerías del país, terminales de despacho de derivados líquidos de hidrocarburos para el almacenamiento de crudo o derivados del mismo (gasolina, diesel, nafta, etc.), así también en industrias para el

almacenamiento de materia prima (lácteos, bebidas, alimentos líquidos en general, etc.), cambiando solo el espesor de lamina y tipo de material usado.

I.4 ESPECIFICACIONES

Las especificaciones pueden darse de acuerdo al tipo o densidad del producto, tal como lo recomiendan las estandarizaciones internacionales (API, ASTM, ANSI, ISO).

I.5 NORMAS TECNICAS

Como normas técnicas se podría tomar en cuenta las API, ASTM, ANSI, ISO con sus recomendaciones para el método de construcción, método de calibración sugerido, y para los equipos de medición y su respectiva recomendación de calibración, ya que de ellos depende la exactitud de la calibración, para esto se debe de considerar entre otros, todos los instrumentos de medición los cuales se detallan a continuación:

Equipos de trabajo

- Cinta de strapping
- Cinta de aforo
- Plomada óptica
- Carro magnético con regla graduada.
- Nivel óptico

- Teodolito

Cinta de Strapping.- Esta cinta es usada para la medición de la circunferencia del tanque y debe ser de longitud suficiente de acuerdo al perímetro del mismo.

Cinta de aforo.- También llamada cinta de medición de altura es usada para medir la longitud de las láminas, punto de aforo y debe ser de longitud suficiente a la altura máxima del punto de medición del tanque.

Plomada óptica.- Equipo óptico direccionado de manera que el lente óptico genere una vertical perfecta, cuya función es destinada a enfocar mediciones en cada uno de los anillos con la finalidad de visualizar el hundimiento o expansión de las circunferencias de cada anillo.

Carro magnético con regla graduada.- Equipo usado de manera que el carro ruede por encima de las planchas en forma vertical y su regla graduada quede de manera horizontal con la numeración hacia la parte inferior con la finalidad de que su lectura pueda ser medida por la plomada óptica.

Nivel óptico.- Equipo direccionado de manera que el lente óptico genere una horizontal perfecta, cuya función es destinada a enfocar mediciones alrededor del radio del piso del tanque con la finalidad de visualizar la forma la forma del piso en cada uno de sus radios.

Teodolito.- Equipo óptico direccionado de tal manera que su lente óptico sea capaz de general tanto una vertical como una horizontal perfecta, cuya función es destinada

a cumplir cualquiera de las funciones tanto de la plomada óptica como la del nivel óptico.

I.6 RECOMENDACIONES

A continuación se detalla recomendaciones que deben aplicarse antes y durante la calibración de un tanque.

Calibración de Patrones Volumétricos

Es recomendable antes de la realización de una calibración líquida verificar la confiabilidad de nuestros patrones para evitar errores durante nuestra operación de trabajo; para ello es recomendable tener un patrón volumétrico destinado para realizar estas comparaciones.

CAPITULO II

II. TIPOS DE CALIBRACIÓN DE TANQUES ESTACIONARIOS.

La calibración de los tanques puede ejecutarse por uno de los métodos siguientes:

- Geométrico.
- Líquida.

La selección del método o del procedimiento esta relacionada con la capacidad nominal del tanque, su forma, su ubicación y las condiciones de uso, etc.

II.1. CALIBRACION LIQUIDA.-

Este tipo de calibración se lo emplea para cualquier tipo de tanques, aunque se recomienda según la norma API 2555 para tanques con capacidades de hasta 80 mt³ (como restricción volumétrica).

Las mediciones se las realizan con ayuda de una instalación de un patrón volumétrico que garantice la exactitud requerida (que este calibrado bajo la Norma INEN) y que cuente con un caudal suficiente para ahorrar el consumo de tiempo, y con una cinta metálica para mediciones de altura (aforo) con plomada, ambos calibrados y certificados por el organismo metrológico estatal, preferentemente acreditado.

La calibración puede realizarse con agua o combustible o algún otro producto a almacenar, prefiriendo el primero como líquido de trabajo debido a que garantiza

mayor seguridad, ya que es un líquido poco volátil, su rango de compresibilidad es muy pequeño y no implica peligro por no ser inflamable.

El método líquido generalmente es usado para la calibración de tanques:

- Enterrados de cualquier tipo, o configuración.
- Tanques a nivel del suelo o elevados sobre el suelo, con capacidad nominal de hasta 80 m³.
- Tanques de forma o figura no adecuada para la utilización de un método geométrico.

Método de Calibración Líquida.-

La calibración líquida puede realizarse por dos procedimientos:

- Calibración por llenado.
- Calibración por vaciado.

II.1.1 CALIBRACIÓN LÍQUIDA POR LLENADO.-

Para realizar la calibración de un tanque por el método líquido por llenado, se debe de tener un patrón volumétrico de menor diámetro y capacidad al tanque que va a ser calibrado. Las tuberías del tanque a calibrar deben ser revisadas que se encuentren sin aire y bien cerradas.

Se podría usar una bomba con un tamaño adecuado para transferir el líquido hacia el patrón volumétrico y a su vez al tanque de almacenamiento a calibrar.

El agua es el medio preferido para realizar la calibración por su bajo costo e incompresibilidad, sin embargo podría usarse destilado o aceite N° 3.

Una vez realizadas las conexiones de entrada de líquido, se procede a tomar la temperatura del producto con que se está calibrando y del tanque respectivamente y deben ser registrados tal como lo sugieren en acuerdo las normas API 2543-ASTM D 1086; norma API 2544-ASTM D 287; norma API 2545-ASTM D 1085; y la norma API 2546-ASTM D 270.

Se procede a determinar el volumen muerto del tanque de la siguiente manera:

- Se adiciona líquido desde el patrón volumétrico hacia el interior del tanque hasta que el líquido llegue al punto de aforo del tanque.
- Se registra el volumen y la referencia desde donde se realiza la medida.

Procedemos agregar líquido en distintas cantidades y procedemos a registrar todas las medidas de longitud tomadas vs. La cantidad de líquido ingresado, hasta que llegue a la totalidad de llenado, usando para ellos patrones volumétricos de diferentes capacidades de acuerdo a la necesidad de volumen a adicionar.

Se procede a determinar las medidas del punto de referencia, la medida de la altura cilíndrica y finalmente mediante cálculos la final confección de la tabla de capacidad.

II.1.2 CALIBRACION LIQUIDA POR VACIADO.-

Para realizar la calibración de un tanque por el método líquido por vaciado, se debe de aplicar pasos similares a la calibración líquida por el método de llenado, se debe

tener un patrón volumétrico de menor diámetro y capacidad al tanque que va a ser calibrado.

Las líneas del tanque a calibrar se deben revisar que estén bien cerradas.

Se podría usar una bomba con un tamaño adecuado para transferir el líquido que se encuentra en el tanque de almacenamiento a calibrar hacia el patrón volumétrico.

El agua es el medio preferido para realizar la calibración por su bajo costo e incompresibilidad, sin embargo podría usarse destilado o aceite N° 3.

Una vez realizadas las conexiones de salida del líquido del tanque de almacenamiento, se procede a tomar la temperatura del producto con que se está calibrando y del tanque respectivamente y deben ser registrados tal como lo sugieren en acuerdo las normas API 2543-ASTM D 1086; norma API 2544-ASTM D 287; norma API 2545-ASTM D 1085; y la norma API 2546-ASTM D 270.

Procedemos a retirar líquido en distintas cantidades y procedemos a registrar todas las medidas de longitud tomadas vs. La cantidad de líquido desalojado, hasta que llegue al punto de aforo del tanque.

Posteriormente se procede a desalojar la cantidad de líquido restante y cuantificar su volumen, el cual será el volumen muerto del tanque.

Se procede a determinar las medidas del punto de referencia, la medida de la altura cilíndrica y finalmente mediante cálculos la final confección de la tabla de capacidad.

II.2 CALIBRACIÓN GEOMÉTRICA

Los métodos geométricos consisten en una medición directa o indirecta de las dimensiones exteriores o interiores del tanque, de los daewood (obras muertas) positivo o negativo que se encuentran en el interior y exterior del tanque y del techo (si este fuera flotante).

La Calibración geométrica se la realiza de acuerdo a las normas API y se basan en diferentes métodos e incluso combinadas entre sí, a continuación se detalla los métodos comúnmente usados:

- Calibración por el método de conteo.
- Calibración por el método de la Línea Óptica de Referencia.
- Calibración por el método de Triangulación.

Los métodos geométricos pueden ser usados en tanques con una capacidad nominal de alrededor de 500 barriles o más, que posean forma geométrica regular y que no presenten deformaciones.

II.2.1 CALIBRACION POR EL METODO DE CINTEO.-

II.2.1.1 Alcance

1. Esta norma describe los procedimientos para calibración de tanques cilíndricos verticales usados principalmente para el almacenamiento de líquidos de petróleo. Esta sección primero direcciona procedimientos para realizar las medidas

necesarias para determinar el volumen total e incremento de volúmenes del tanque y entonces los procedimientos recomendados presentes para computación de volúmenes.

2. Ambas SI (métrico) y unidades de costumbre son presentadas cuando es apropiada en este capítulo. SI y conversiones de costumbre pueden no ser exacta necesariamente. Las unidades del SI reflejan a menudo lo que está disponible en equipo comercial
3. La norma también proporciona las pautas para la recalibración y para la recomputación de las tablas de capacidad.

II.2.1.4 Definiciones

1. Una tabla de capacidad o una tabla de capacidad de tanque muestran las capacidades de, o volúmenes en un tanque para varios niveles de líquido medido desde el punto de medida de referencia.
2. La obra muerta se refiere a cualquier objeto dentro del tanque, incluido un techo flotante, que desplaza líquido y reduce la capacidad del tanque. También cualquier pertenencia permanente en las afueras del tanque, como las cajas de limpieza de afuera o entradas de hombre, que incrementan la capacidad del tanque.
3. Fondo falso normalmente se refiere comúnmente a un nuevo fondo instalado encima del fondo anterior del tanque, que reducirá la altura del anillo de fondo y la efectividad dentro de la altura del tanque.

4. Una cinta maestra es una cinta que es usada para calibración de cintas de trabajo para medidas de tanque y es identificada con un reporte de calibración a 68 grados Fahrenheit (68°F) (20 grados Celsius (20°C)) y en una especifica tensión designada por el instituto Nacional de Estándares y Tecnologías (NIST) o una organización de normas internacional equivalente.
5. C conteo de Tanque es el término comúnmente aplicado al procedimiento para medidas de tanque para proveer las dimensiones necesarias para computación de las tablas de capacidad que reflejarán la cantidad de producto en un tanque en cualquier profundidad de nivel dada.
6. La medida de la altura de referencia es la distancia vertical entre el punto de referencia en la compuerta de medida y el punto de golpeo en el piso del tanque o en la medida del cero normal de lámina.
7. Método de tangente sucesiva es la medida de una circunferencia en un tanque cuando la cinta no es tan larga para medir por tramos la circunferencia entera de un tanque.
8. Procedimiento de envoltura continuo, es la medida de una circunferencia de un tanque con una cinta que sea tan larga para medir por tramos la circunferencia entera de un tanque.

II.2.1.5 Importancia

1. Las medidas exactas de la circunferencia de un tanque son críticas en determinaciones de mediciones de volúmenes de líquidos y el desarrollo de la tabla de capacidad para transacciones de custodia transferencia y el control de inventario. Esta norma proporciona medidas y procedimientos computacionales para el desarrollo de tal tabla de capacidad.
2. Todas estas medidas deben ser testificadas por todas las partes involucradas, para asegurar la complacencia con el procedimiento establecido en la norma y la medida global integra.

II.2.1.6 Equipos

Los equipos usados en la calibración del tanque dimensionales son equipos descritos en la parte de abajo desde el punto 1 al 3. Todos los equipos deben estar en buenas condiciones de trabajo. Todas las cintas deben estar en una pieza y libre de retorceduras.

1. Cintas para medición de altura.

Para mediciones de altura una cinta de acero (ver figura 1) de conveniente longitud, entre 3/8 o 1/2 pulgada de ancho y 0.008 a 0.012 pulgadas de espesor graduada en pie y pulgadas a octavos de una pulgada, o en pies, décimas, y centésimas de un pie es recomendado. (Para cintas métricas referirse al IP Manual de medidas de Petróleo, parte 2, sección 1). Las graduaciones deben estar dentro

de la exactitud de 1/16 de pulgada o 0.005 pies (o lo más cercano al milímetro) a lo largo de esta porción de la cinta a ser usada.

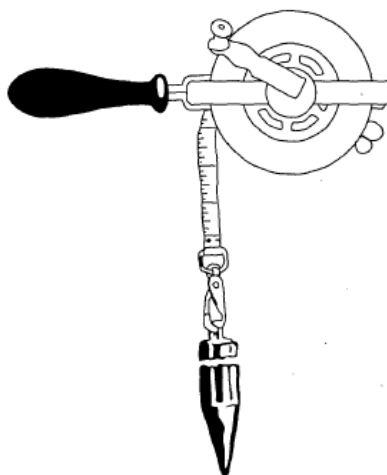
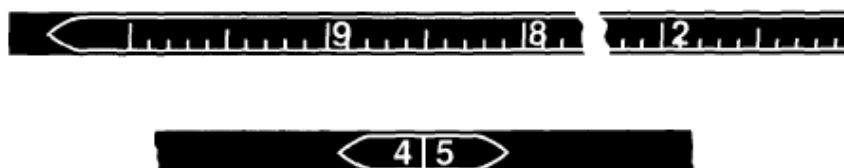


Figura 1. Cinta y plomada para mediciones de altura

2. Cintas para medición de circunferencia.

Para mediciones de circunferencia una cinta de acero dulce (ver figura 2) de conveniente longitud relativa a la circunferencia del tanque es recomendada. Las cintas de trabajo son usualmente de 100, 200, 300, o 500 pies de longitud y no deben ser de más de $\frac{1}{4}$ de pulgada de ancho, la cinta puede ser graduada en pie, con un pie extra de longitud en el final del cero de la cinta y graduadas en décimas y centésimas de un pie, o puede graduarse en pies, décimas y centésimas de un pie a lo largo de su longitud (Para cintas métricas referirse el IP Manual de medidas de Petróleo, parte 2 sección 1). Todas las cintas de trabajo deben ser calibradas con una cinta maestra. (Referirse al II.2.1.7



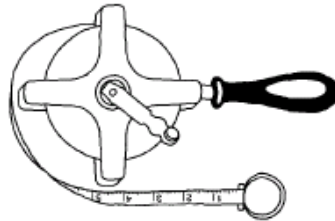


Figura 2. Cinta correa para mediciones de circunferencia.

3. Equipos adicionales

Los equipos de medición adicionales que se recomiendan están listados abajo. Otros equipos similares pueden usarse, con tal de que dé el mismo resultado.

- a. Bobinas y cintas deben estar equipadas con bobinas apropiadas y manivelas.
- b. Los tensadores de la cinta: para un positivo y exacto asimiento de la cinta, los tensadores deberían usarse.
- c. Una escala de tensión es necesaria.
- d. Cuerdas y anillo: 2 longitudes de línea de cuerda con cierre y anillo serán usadas en subidas y bajadas de la cinta de medición de la circunferencia. Alternativamente guías de palo tipo articuladas pueden ser usadas (ver figura 3).
- e. Un nivel será usado donde se requiera.

- f. Las escaleras de mano para facilitar el manejo de cintas y removimiento de óxido, suciedad, incrustaciones, etc. del camino de la medida que se necesita.
- g. Un dispositivo de medición de espesores ultrasónico es usado.
- h. Una línea de plomo es necesaria.
- i. Medidor de profundidad: un medidor de profundidad revestido-endurecido de acero, 6 pulgadas de longitud, graduado a 1/64 de pulgada (1 milímetro de resolución y lectura cerca de 0.5 milímetros) es para la determinación del espesor de la plancha de la lámina es necesitado.
- j. Straightedge: un Straightedge de una apropiada longitud y una tabla de perfil para medidas de nudillos es necesitado.
- k. Calibradores y tornillos especiales para obstrucciones de extensión cuando se realizan medidas de circunferencias, los siguientes son recomendados:
 - Un calibrador de expansión máxima de seis pulgadas (o 15 centímetros) para medición de la menor obstrucción, como cada Butt straps (saltos de cinta), etc.
 - Un calibrador de expansión máxima de 18 pulgadas (45 centímetros) o 24 pulgadas (61 centímetros) para medición de obstrucciones largas, como cada Butt straps (saltos de cinta), etc.
 - Abrazaderas especiales pueden ser sustituidas por calibradores en medidas proyectadas de pestaña.

- El siguiente puede ser un equipo útil: Una regla de 6 pies para medidas generales, pala, nivel, punzón, marcador crayón, papel de apuntes, instrumentos de limpieza, como cuchillo de masilla y una cepillo con cerdas duras para la eliminación de la suciedad, grasa, pintura incrustada, partículas de óxido, etc., desde el camino de la medición de la circunferencia.

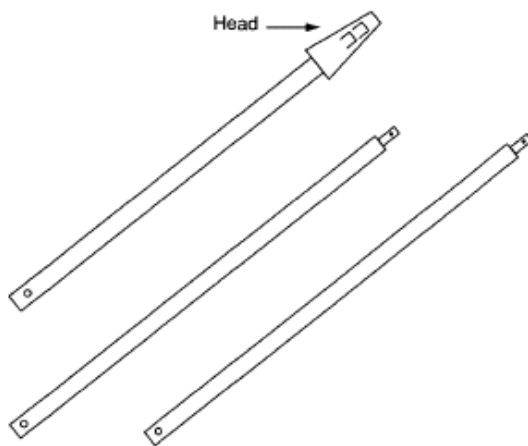


Figura 3. Guía de cinta tipo articulada

II.2.1.7 Calibración de las cintas de trabajo con la cinta maestra

1. La cinta usada para la medición de circunferencias debe ser calibrada (para una tensión requerida) coincidiéndola con la cinta maestra de la siguiente manera:
 - a. Escoja un camino conveniente para la cinta (ejemplo: veinte por ciento de la altura del anillo) o el anillo más bajo, y posesionar la cinta maestra alrededor del tanque).

- b.** Usando un método tangente sucesivo, realizar una marca que escrita en la lámina, determinando el origen de la circunferencia. Aplicar la cinta, con constante aplicación de tensión a la que la cinta maestra fue certificada para ser exacta, a la lámina del tanque en el camino apropiado de la cinta con la marca localizada exacta del cero en la marca escrita designada del punto de origen. La cinta es puesta en posición con la tensión requerida, y la última lectura en la cinta se escribe en la lámina del tanque en cada 100 pies (o 30 metros) o fracción de esa. Esta medida se escribe en la lámina del tanque y registrada. Este procedimiento es repetido hasta que la circunferencia entera sea medida.
- c.** Sume las medidas obtenidas.
- d.** Posesione la cinta de trabajo alrededor del tanque, usando el mismo camino de cinta, por el procedimiento del envolvimiento continuo.
- e.** Deslice la cinta de trabajo para romper la resistencia de fricción, y aplicar tensión suficiente para igualar la medida obtenida con la de la cinta maestra.
- f.** La cantidad de tensión, en libras, requerida para ser estirada la cinta de trabajo para obtener la misma medición de la registrada con la cinta maestra debe ser aplicada a la cinta de trabajo cuando se tiene mediciones de circunferencias. Si la tensión determinada a ser propia para la cinta de trabajo es insuficiente para sostener la cinta en una apropiada posición, una tensión adicional debe ser aplicada y una corrección debe ser hecha para traer la lectura en acuerdo con la obtenida con la cinta maestra.

3. El precedido procedimiento debe llevarse a cabo cuando se calibran otros tanques de que las circunferencias difieran por más del 20% de la sección de cinta calibrada y donde las superficies de los tanques son diferentes.
4. Dos correcciones de cintas de trabajo son ilustradas en el siguiente ejemplo. Note que las condiciones una y dos para la aplicación de correcciones de cintas de trabajo aplica para cada caso, esto es, donde la cinta maestra y la cinta de trabajo son iguales o diferentes de longitud. El mismo procedimiento aplica para medidas métricas.
 - a. Condición 1: Si una tensión adicional es requerida a ser aplicada a la cinta de trabajo a igualar la medida obtenida por la cinta maestra, entonces no se necesita una corrección matemática. La tensión adicional requerida para igualar la medida de la cinta maestra debe ser aplicada a todas las circunferencias subsecuentes obtenidas con la cinta de trabajo.
 - b. Condición 2: si la misma o adicional es aplicada a ambas la cinta maestra y la cinta de trabajo y la medida no concuerda, entonces una corrección matemática debe ser aplicada como se indica en los ejemplos de abajo. Las diferencias determinadas deben ser aplicadas a todas las circunferencias de la cinta de trabajo antes del proceso de la tabla de capacidad.

c. Ejemplos:

Ejemplo 1:

341.515 pies: cinta maestra a 10 libras de tensión por 100 pies o parte de eso.

314.475 pies: cinta de trabajo a 20 libras de tensión

0.040 pies: corrección para cinta de trabajo a ser adicionada para cada circunferencia medida.

Ejemplo 2:

341.515 pies: cinta maestra a 10 libras de tensión por 100 pies o parte de eso.

314.590 pies: cinta de trabajo a 20 libras de tensión.

0.075 pies: corrección para cinta de trabajo a ser sustraída para cada circunferencia medida.

II.2.1.8 Prácticas generales

Todas las mediciones y los datos descriptivos tomados en el tanque deben ser chequeados e inmediatamente, legiblemente registrados con el registro preferiblemente asignado a un solo individuo, como sigue:

- a. Todas las mediciones deben ser tomadas sin ruptura y preferiblemente en el mismo día de la calibración con el nivel de líquido remanente estático. Si estas mediciones tienen ruptura, interrumpir el trabajo de medición en el tanque y puede continuar en una fecha después, sin repetir el trabajo previamente completado, con tal que todos los registros del trabajo estén completados y legible. El movimiento del líquido dentro o fuera del tanque puede tolerarse, con tal que una marca clara de medida del líquido y temperaturas promedios de ambos, líquido y fuera en la atmósfera, son incluidos como para de esas subsecuentes operaciones de conteo.

- b.** Todos los datos y procedimientos necesarios para la preparación de la tabla de capacidad debe ser apoyado por los principios legítimos de la ingeniería.
- c.** Cada tanque debe ser identificado claramente y legible por números o por alguna otra marca conveniente, pero esta identificación no debe ser pintada en los adjuntos del tanque.

II.2.1.9 Estado del tanque antes de la calibración

- 1.** Antes de la calibración, el tanque debió haber estado lleno por lo menos una vez en su presente localización con líquido por lo menos tan denso como se espera a contener. La prueba hidrostática (por un periodo aproximado de 24 horas) usualmente va a satisfacer este requerimiento. Cualquier prueba hidrostática debe ser realizada en acordanza con la construcción aplicable y las normas de operación (norma API 650 y 653). Cuando sea posible, el líquido en el tanque debe ser permitido de quedarse por aproximadamente 24 horas antes que la calibración sea realizada.
- 2.** Tanques con una capacidad nominal de 500 barriles o menos pueden ser cintados en alguna condición de llenado, con tal que los tanques hayan sido llenados por lo menos una vez en su localización presente. Pequeños movimientos de aceite dentro o fuera de dichos tanques son permitidos durante el cintado.
- 3.** Tanques con capacidades nominales de más de 500 barriles deben ser manejados de esta manera:

- a. Tanques Empernados (usualmente en servicio de producción) deben haber sido llenados por lo menos una vez en su localidad presente y debe ser por los menos 2 tercios de llenado cuando se está cintando. Pequeños movimientos de aceite dentro o fuera de dichos tanques están permitidos durante el cintado.
- b. Tanques remachados y/o tanques soldados deben haber sido llenados por lo menos una vez en su localidad presente. Ellos pueden ser cintados en algunas condiciones de llenado y la capacidad de llenado computada como se muestra en 2.2A.19.5. Ningún movimiento de aceite dentro o fuera de dichos tanques esta permitido durante la operación de cinteo.

II.2.1.10 Datos descriptivos

1. Los datos descriptivos completos deben ser ingresados a registros de medidas de tanques desde el inicio del uso. Formatos de registro sugeridos son mostrados en la figura 4 y tabla 1 y 2.
2. La gravedad API y la temperatura del contenido de los tanques en el tiempo de cinteo deben ser obtenidas y registradas. El promedio de gravedad API, promedio de la temperatura ambiente global a que el tanque operará y la máxima altura segura de llenado (referirse a II.2.1.13.5) serán obtenidos desde el propietario del tanque y registrados.
3. Los bocetos suplementarios o anotaciones cada uno completamente identificados, registrados y firmados deben acompañar al reporte de cinteo. Estas deben indicar lo siguiente:

- a.** Las juntas horizontales y verticales típicas.
- b.** Numero de láminas por anillo.
- c.** Localización de espesores en cada anillo y los arreglos de cambio de lámina.
- d.** Medida de ángulos en techo y piso de lámina.
- e.** Localización y tamaño y dirección de las tuberías.
- f.** Hendiduras y protuberancias en las láminas de las planchas.
- g.** Suma de inclinaciones desde la vertical con relación al punto de medido de referencia.
- h.** Procedimiento usado en desviar una larga obstrucción como una caja de limpieza o una caja de aislamiento localizada en el camino de la medida circunferencial.
- i.** Localización del camino diferente de cinta de las mostradas en la figura 5 hasta la figura 7.
- j.** Localización y elevación de un posible nivel cero de la lámina.
- k.** Todos los otros ítems de interés y valor que sean encontrados.

Tabla 1 - REGISTRO DE LA FORMA SUGERIDA "A" PARA MEDICIONES DE
TANQUES CILINDRICOS VERTICALES

Reporte N°. _____
Fecha _____

N° de Tanque: _____
 Antiguo N° de tanque: _____
 Propietario del tanque: _____
 Nombre de planta o propietario: _____
 Ubicación: _____
 Fabricado por: _____
 Construido por: _____
 Preparado: _____ Copias: _____ Incrementos en: _____ Fracción de: _____
 Forma de la tabla o medida deseada: _____
 Altura: _____ Lamina: _____ Gauging: _____
 Tio de fonfo: _____ Peso del techo flotante: _____
 Contenido del tanque - Nombre: _____ Temp. Promedio líquido °F: _____
 Medida: _____ pies _____ pulgadas; Innage. _____
 Lectura de hidrometro: _____ a _____ °F temperatura de muestra. _____
 Medida del punto de referencia desde la parte superior: _____ pies _____ pulg; servicio normal
 Circunferencia de lámina: _____
 A _____ D _____ G _____
 B _____ E _____ H _____
 C _____ F _____ J _____

Descripción de lámina soldadura y soldaduras

N° Anillos	Espesor	Tipo de soldadura vertical	Establecido dentro o fuera	Ancho del primer cinteo	Espesor del primer cinteo	N° de soldadura	Altura de anillo
7							
6							
5							
4							
3							
2							
1 Fondo							

Juntas de láminas: b

N°	Descripción	Elevación - desde el fondo del piso hasta la junta
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Cantidad de inclinación vertical: c _____ pulg _____ pulg _____ pies _____ pulg
 Cinta de circunferencia usada _____ Fecha de calibración _____ en _____
 Tanque medido por: _____
 Obra muerta y fondo del tanque-Utilice una hoja aparte. Por cada parte de obra muerta anotar las descripciones, medidas y ubicación relatada de las otras alturas deben anotarse.
 Notas explicativas (tales como tipo de fonfo, altura o profundidad, etc.) _____

**Tabla 1 - REGISTRO DE LA FORMA SUGERIDA "B" PARA MEDICIONES DE
TANQUES CILINDRICOS VERTICALES**

Reporte N°. _____
Fecha _____

N° de Tanque: _____
 Antiguo N° de tanque: _____
 Propietario del tanque: _____
 Nombre de planta o propietario: _____
 Ubicación: _____
 Fabricado por: _____
 Construido por: _____
 Preparado: _____ Copias: _____ Incrementos en: _____ Fracción de: _____
 Forma de la tabla o medida deseada: _____
 Altura: _____ Lamina: _____ Gauging: _____
 Tio de fondo: _____ Peso del techo flotante: _____
 Contenido del tanque - Nombre: _____ Temp. Promedio líquido °F: _____
 Medida: _____ pies _____ pulgadas; Tanque en servicio. _____ Grav. API
 Lectura de hidrometro: _____ a _____ °F temperatura de muestra.
 Medida del punto de referencia desde la parte superior: _____ pies _____ pulg; servicio normal
 Circunferencia de lámina:
 A _____ D _____ G _____
 B _____ E _____ H _____
 C _____ F _____ J _____

Descripción de lámina soldadura y soldaduras

N° Anillos	Espesor	Tipo de soldadura vertical	Establecido dentro o fuera	Ancho del primer cinteo	Espesor del primer cinteo	N° de soldadura	Altura de anillo
7							
6							
5							
4							
3							
2							
1 Fondo							

Juntas de láminas:

N°	Descripción	Elevación - desde el fondo del piso hasta la junta
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Obra muerta y observaciones (use el reverso si es n Fecha de calibración en

Descripción Obra muerta	N°	Medida	Elevación	
			Desde	hasta

Tipo de fondo:

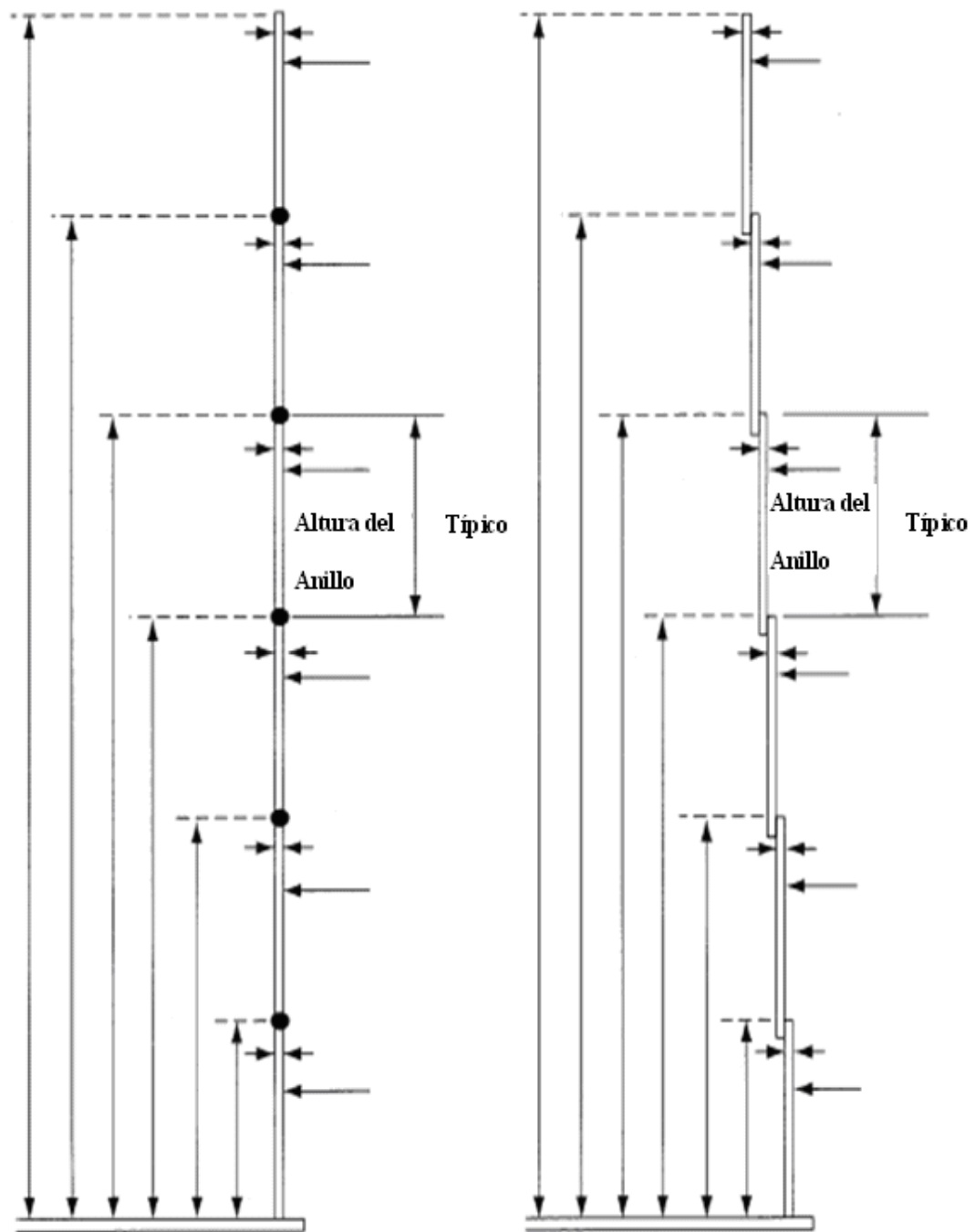
Altura de cono:

Testigo:

Medido por:

II.2.1.11 Tolerancias

1. Las medidas individuales de circunferencia deben ser leídas y registradas a lo más cercano a 0.005 pies (o cercano al milímetro), el cual es igual a un medio de la distancia entre las dos marcas de división adyacentes de centésimas de pie en la cinta. Por lo tanto, las medidas circunferenciales deben ser registradas desde la ubicación de la tercera décima.
2. Las mediciones en tanques verticales deben ser leídas y registradas cercanos a 1/16 pulgadas (o cercano a un milímetro).
3. Los termómetros deben ser leídos lo más cercanos a 1 °F (0.5 °C).
4. El espesor de las láminas del tanque deben ser determinadas lo más cercanos a 1/64 de pulgadas (1 milímetro de resolución y leído lo más cercano a 0.5 milímetros).
5. La obra muerta debe ser determinado y localizado por lecturas de medición cercanos a 1/8 de pulgada (o 3 milímetros).



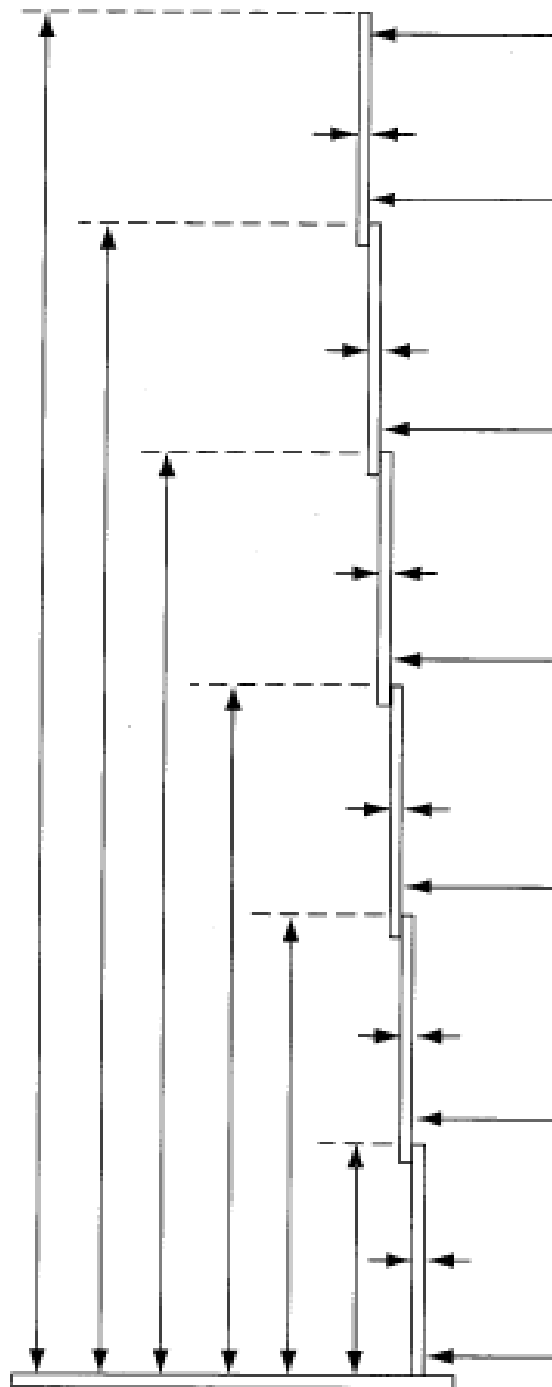
Tope de soldadura

Forma de soldadura

Fig.5 Lugares de medición para tanques cilíndricos verticales soldados.

II.2.1.12 Espesor de la lámina de la plancha

1. Los espesores de la plancha deben ser medidos por un equipo de medición ultrasónico como el método preferido. Un mínimo de dos medidas por anillo deben ser obtenidos.
2. Las medidas de espesores de las planchas obtenidas y registradas antes o durante la construcción en el registro de conteo propiamente identificado pueden ser aceptados. En ausencia de cualquier medida directa de espesores de plancha obtenidos y registrados antes o durante la construcción, el método menos preferible es usar el espesor de plancha mostrado en los planos del fabricante o proporcionados por el dueño del tanque y ser identificados en el registro de cálculo.
3. Métodos alternativos de medidas de espesores de plancha es por medidas de profundidad. Donde el tipo de construcción de los bordes de las láminas esta expuesto, un mínimo de dos medidas de espesores deben ser hechas en cada anillo. El promedio aritmético de las medidas de cada anillo deben ser registrados; todas las medidas de espesores propiamente identificados, deben ser anotados en una hoja de datos suplementarios que debe formar una parte del registro de medida. Se debe de tener cuidado para evitar medidas de espesores de plancha y localizaciones donde tenga borde torcido por calafateo (abertura).



Acero remachado

Fig.6 Puntos de medición para láminas de pared de tanques remachados

II.2.1.13 Medidas de tanques verticales

1. La altura de la pared es la distancia vertical entre el fondo del ángulo del fondo (o la encima de la plancha del piso) y el techo del ángulo del techo, y debe ser medido en un punto cerca del punto medido de referencia (ver figura 8, 9 y 10).
 - a. Las mediciones adicionales deben ser realizadas, si se requieren, en otro punto identificado, para investigar y describir condiciones desconocidas o sospechosas en el tanque, tal como inclinación o un fondo falso. Las localizaciones de medidas deben ser marcadas en un boceto.
 - b. La suma de inclinación en la altura de la pared debe ser registradas y medidas. Las medidas para posibles inclinaciones debe ser hechas en conjunto con las medidas de altura de la pared usando un teodolito, una plomada óptica o una plomada de plomo.
2. Una descripción del punto medido de referencia debe ser incluido en el registro, por ejemplo: en el borde superior de 8 pulgadas (o 20 centímetros) de diámetro de la compuerta, opuesta a la bisagra.
3. Debe hacerse una comparación inmediatamente de la medida de altura de referencia con la suma de las alturas de las láminas más la altura desde el techo al ángulo del techo de la lámina del tanque a el nivel del punto medido de referencia en el margen de la compuerta, para investigar la posible existencia de un nivel cero de la plancha o un falso fondo.

- a.** El resultado de esta investigación de campo debe ser registrada para identificar la altura de referencia como una distancia al piso o al nivel cero de la plancha. Las medidas y medidas del cálculo deben ser adjuntados, y deben ser parte del registro de medidas.
 - b.** Si un fondo falso es desconocido o se sospecha que esta presente, el registro debe ser marcado.
- 4.** La altura efectiva interna del tanque es una distancia vertical a lo largo del camino medido (ver figura 11 y 12). Esta es una preocupación primordial para el cálculo de la tabla de capacidades, estableciendo los límites superiores e inferiores de mediciones variables a ser proporcionados para la tabla de capacidad.
 - a.** El límite máximo superior de la tabla de capacidad puede ser uno de los siguientes 2 ítems:
 - Altura efectiva interna del tanque.
 - Altura máxima de llenado requerida por el dueño del tanque, como la parte inferior de rebose.
 - b.** La altura efectiva interna del tanque debe ser obtenida directamente en el tanque, esta altura debe ser medida y registrada como tal. Si la altura efectiva interna del tanque no puede ser medida directamente, la persona responsable de obtener las medidas debe obtener planos as-built (como fue construido) para permitir los cálculos de la altura efectiva interna del tanque.

5. En algunas instalaciones, una línea de rebose u otra pertenencia es conectada a la lámina del tanque justo abajo del ángulo superior y proporciona un nivel de rebose de líquido potencial en algún punto debajo del techo de la lámina (ver figura 12).
- a. el registro de medida debe incluir una completa descripción de cada una de cada conexión, incluido tamaño y localización y si o no una válvula puede ser cerrada y sellada es incluida en la línea. Si tal válvula esta presente esta localización debe ser incluida en el registro.
 - b. Si una conexión no puede ser cerrada y sellada contra el rebose, entonces la altura efectiva interna del tanque es la distancia vertical desde el punto de golpeo en el piso del tanque o nivel cero de la plancha, ascendiendo a el nivel en que el contenido del tanque empiece a inundar; la capacidad del tanque entre el punto de inundación y el techo del tanque debe ser desatendido en la tabla de capacidad.
 - c. si la conexión puede ser cerrada y sellada contra la inundación, entonces la altura efectiva interna del tanque y a capacidad de la tabla deben extenderse ascendentemente al techo del ángulo del techo.
 - d. En este último caso en que la tabla de capacidad se extiende más allá de la conexión, la tabla de capacidad debe incluir una nota en la elevación de la conexión citando esta presencia y estipulando la

condición bajo que esta porción de la tabla de capacidad puede ser usada.

- e. La altura segura de llenado cuando requiere ser indicada en la tabla de capacidad debe ser especificada por el propietario. La altura segura de llenado en la mayoría de las instancias será menor a la altura de llenado máximo.
- f. Cada altura de anillo debe ser medido y registrado. (ver figura 5)
- g. Cuando los anillos son sobrepuestos horizontalmente, el traslapado debe ser reportado para que la altura interna del anillo pueda ser desarrollada por cálculo.

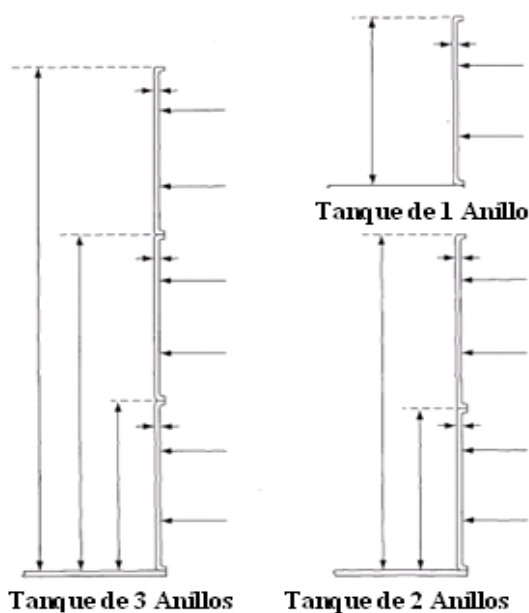


Fig.7 Puntos de medición para tanques atornillados

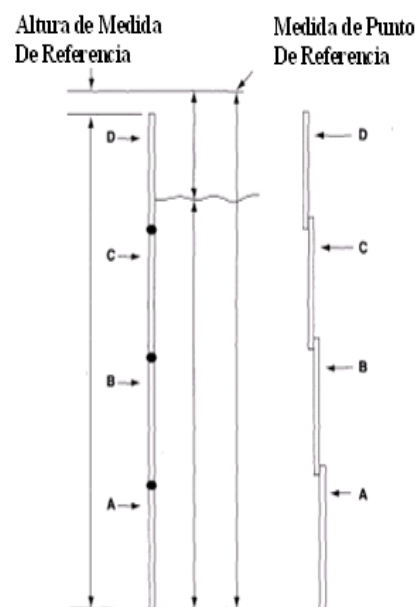


Fig. 8 Mediciones verticales tanques soldados

II.2.1.14 Medidas circunferenciales

1. Preparación

- a. El técnico responsable para medir el tanque debe primeramente determinar donde las medidas de la circunferencia van a ser tomadas. Las medidas de la circunferencia serán tomadas en la pared del tanque. Ninguna medida de la circunferencia será tomada encima del aislamiento. Un resumen de elevaciones para medidas de circunferencias en varios tipos de tanques cilíndricos verticales son mostradas en la tabla 3.

Tabla 3 Elevaciones para las mediciones de la circunferencia de diversos tanques cilíndricos verticales	
Tipo de construcción de tanque	Elevaciones de medidas de circunferencia
Acero soldado, Uno o mas anillos	20% debajo de la parte superior de cada anillo.
Acero remachado, arreglo tipo tejas	1 pie debajo de la parte superior de cada anillo.
Acero remachado, arreglo de entrada y salida	Parte baja de las filas horizontales de remache y un pie debajo de la parte superior del anillo.
Acero remachado combinado tipo tejas dentro y fuera.	Parte baja de las filas horizontales de remache y un pie debajo de la parte superior del anillo.
Tanque de acero remachados Juntas en la parte inferior de lámina.	Sobre el 25 y 75%.
Acero atornillado, recorrido verticales	25 y 75% sobre la parte inferior de cada anillo.
acero atornillado, bridas verticales.	75% sobre la parte inferior de cada anillo.
Para cada anillo, dos medidas circunferenciales tomadas al 20 y 80%. Para tanques de uno o más anillos.	

- b.** Los caminos de la cinta de circunferencia mostrados en la ilustración apropiada de la figura 5 hasta 10 deben ser examinadas para obstrucciones y tipos de juntas verticales. Suciedad, incrustación, y aislamiento deben ser removido a lo largo de cada camino.
- c.** Ocasionalmente algún rasgo de construcción como un manway o caja de aislamiento, puede hacer esto impractico a usar una elevación de circunferencia prescrita en la apropiada ilustración. Entonces un camino de cinta sustituto localizado cerca al centro del anillo, puede escogerse. El registro de conteo debe incluir la localización del camino sustituto y la razón para la salida.
- d.** El tipo y característica de la junta vertical debe ser determinado por examen cerca para establecer el procedimiento de medida y el equipo requerido. En el caso de Butt – strap o lap Joint en que vacío entre la cinta y la pared ocurra, las juntas sólo se causarán por buttstrap o espesor de lámina, uniformemente en cada junta; entonces la circunferencia puede ser medida en acordanza con el procedimiento descrito en el capítulo II.2.1.14.2

2. Medidas Físicas

- a.** Para las medidas descritas en II.2.1.14.1, una cinta circunferencial de suficiente longitud para rodear completamente el tanque debe ser usada, en cada caso la medida de la circunferencia total con una sola lectura debe

ser tomada. En el evento de que la circunferencia del tanque sea demasiado grande a ser completamente rodeada por la cinta, métodos alternativos pueden ser adoptados. (ver Apéndice F).

- b.** Todos los puntos en que se leen las medidas circunferenciales deben ser localizados por lo menos a 2 pies (o 600 milímetros) desde una junta vertical. Luego que ha sido tomada una medida circunferencial, la tensión debe ser reducida suficientemente para permitir que la cinta sea cambiada. Antes de leer, la posición de la cinta debe ser verificada. Esta debe entonces ser retornada a posición y tensión requerida, y dos lecturas sucesivas deben ser tomadas dentro de las tolerancias especificadas según la tabla 4. El promedio de las dos lecturas debe ser registrada como la medida de la circunferencia en esa localización.

Tabla 4 Tolerancias circunferenciales	
Habitual	SI
Sobre 150 pies $\pm 0,01$ pies	Hasta 30 mt ± 2 mm
De 150 a 300 pies $\pm 0,02$ pies	De 30 a 50 mt ± 4 mm
Sobre los 300 pies $\pm 0,03$ pies	De 50 a 70 mt ± 6 mm
	De 70 a 90 mt ± 8 mm
	Sobre los 90 mt ± 10 mm
Nota: mt = metros; mm = milímetros.	

- c.** Cuando Butt – strap o Lap Joints causan vacío uniforme entre la cinta y la pared del tanque en cada junta, las medidas de la circunferencia deben ser hechas en acordanza con II.2.1.14.2.1. El procedimiento adecuado es

medir y registrar ancho y espesor de Butt Strap, y registrar el número de Butt Strap en cada anillo.

- d.** En el caso de juntas sobrepuestas, uno debe medir y grabar el espesor de la plancha sobrepuesta expuesta (ver figura 10) en cada anillo sobre la circunferencia, y registrar el número de juntas en cada anillo. Las medidas de circunferencias, propiamente chequeadas y registradas, deben ser corregidas luego por levantamiento de cinta como se describe en II.2.19.4.
- e.** Cuando se encuentran obstrucciones en el camino de la cinta que es impracticable poner la cinta (por ejemplo, rasgos que ejercen efectos desiguales en la resultante del vacío entre la cinta y tanque, desde junta a junta) entonces métodos alternativos deben ser adoptados (ver Apéndice F).
- f.** Para hacer medidas de obstrucciones por tramos en circunferencias, lo siguiente es recomendado. Para medir el tramo de una obstrucción, aplicar el calibrador en una posición horizontal, como determinado por el uso de un nivel, contra la pared del tanque antes cintado, cerca del centro de una lámina de pared, y escriba marcas en la pared con los dos puntos escritos. Aplicar la cinta circunferencial de trabajo bajo la tensión requerida a la pared del tanque en cada posición de estas distancias de líneas escritas a lo largo de la superficie de la pared pudiendo ser estimado a lo cercano de 0.001 pies o lo cercano a 0.5 milímetros.

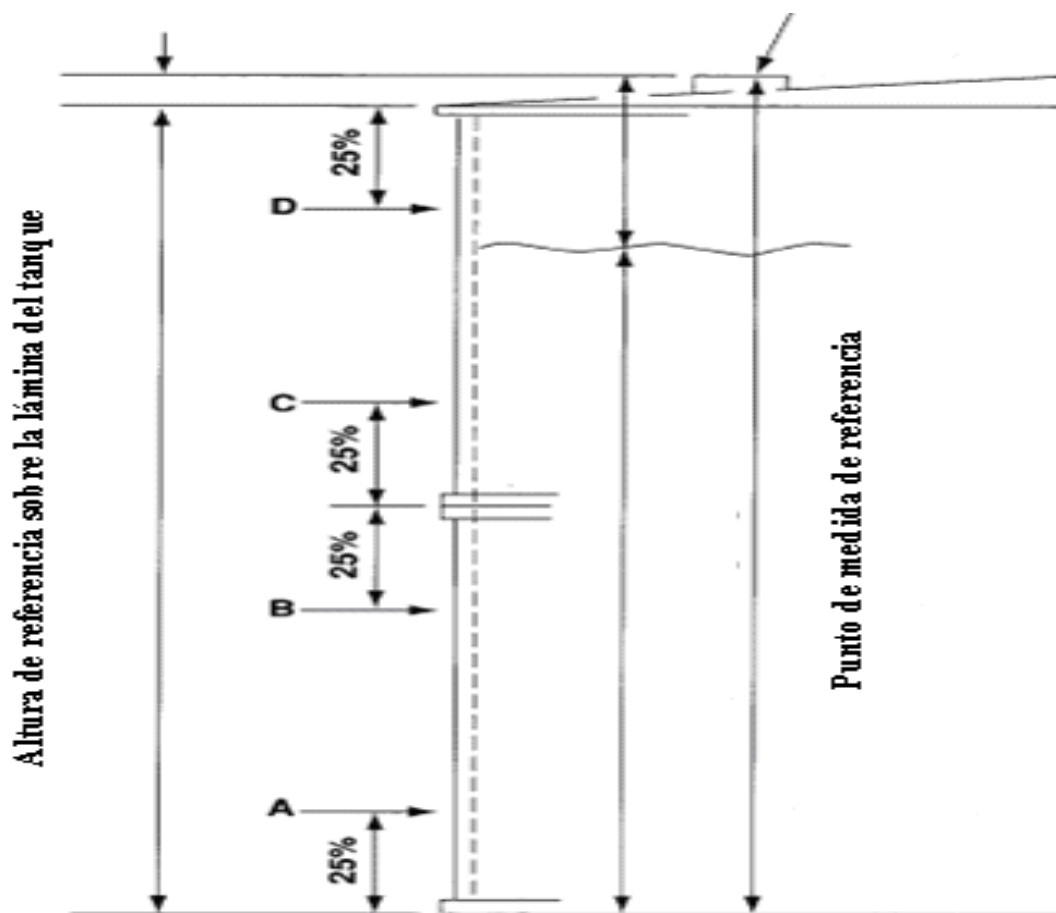


Fig.9 Mediciones de tanques verticales - Atornillados

II.2.1.15 Medidas de Obra Muerta.

1. Los procedimientos de calibración que son perfilados aquí son basados en la limpieza interior del tanque. La superficie cilíndrica vertical interna y los componentes de soporte de techo como las columnas y las abrazaderas en el tanque, deben estar limpias y libre de cualquier sustancia extraña incluida, pero no limitada a, residuos de producto adherido a los lados, óxido, suciedad, emulsión, y examen de parafina

e inspección de un tanque puede indicar la necesidad para una limpieza completa si la exactitud en la calibración es a ser lograda.

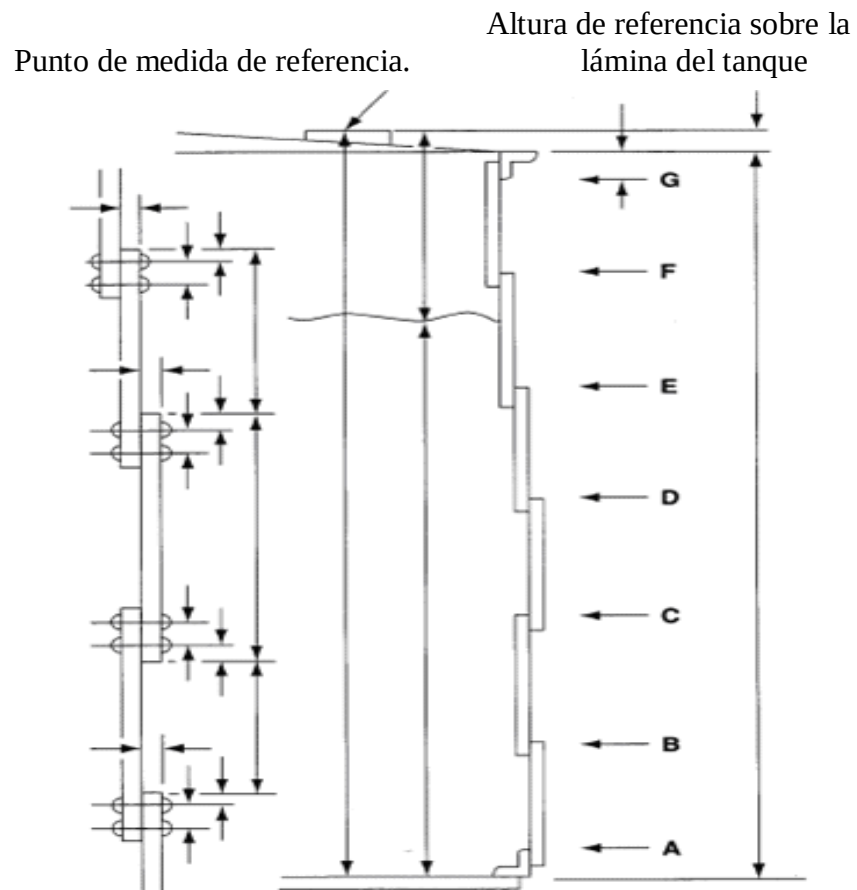


Fig.9 Mediciones de tanques verticales – Remachados

2. La Obra muerta debe ser contabilizada con exactitud para, su tamaño y localización a lo cercano a 1/8 de pulgada (o 3 milímetros) para permitir lo siguiente:

- a. Concesión adecuada para los volúmenes de líquido desplazado o admitido por varias partes (ver apéndice B para ejemplo de calculación).
 - b. La asignación adecuada de los efectos de varias elevaciones dentro del tanque.
3. La obra muerta debe medirse, si es posible, dentro del tanque. Las dimensiones mostradas en los planos del constructor o las dimensiones suministradas por el dueño del tanque pueden aceptarse si la actual medición es imposible.

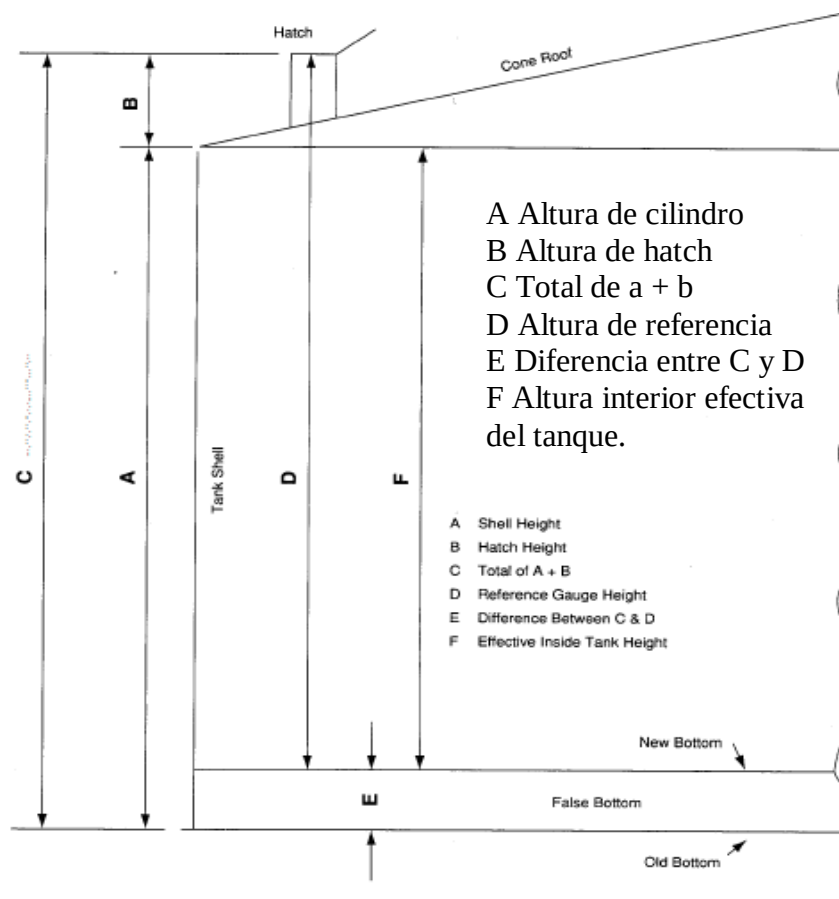


Fig.11 Altura interior efectiva del tanque

4. Las medidas de Obra muerta deben mostrar los niveles más bajos y más altos medidos desde el fondo del tanque adyacente a la pared, en que la obra muerta afecta a la capacidad del tanque (ver figura 4). Las medidas deben ser incrementos que permitan tolerarse para el efecto de la variación de las obras muerta en la capacidad del tanque en varias elevaciones.
5. Hojas de trabajo en que los detalles de obra muerta son esbozados, dimensionados y localizados deben ser claramente identificados y deben volverse una parte del registro de cinto.

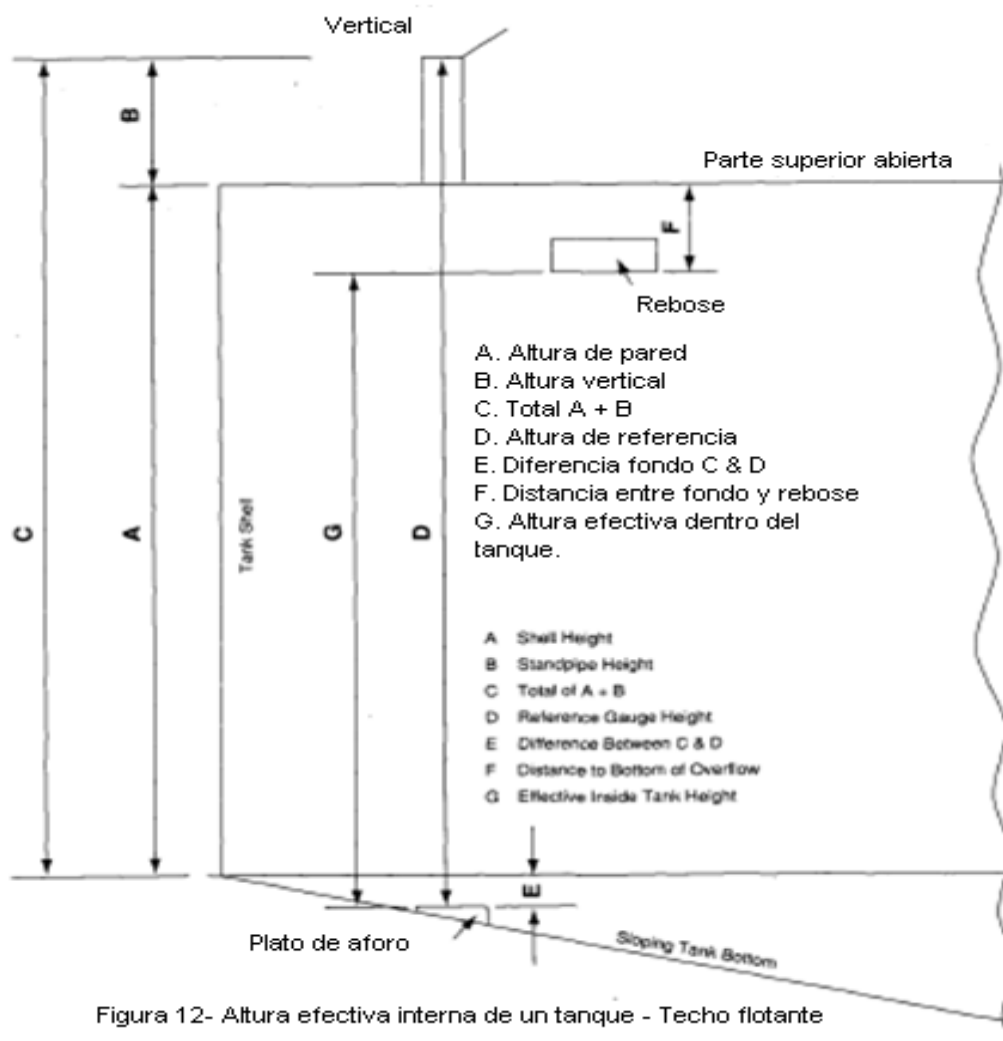


Figura 12- Altura efectiva interna de un tanque - Techo flotante

II.2.1.16 Pisos de Tanques.

1. Los pisos de tanques que son planos, nivelados y estables bajo cargas de líquidos variantes no tendrán efecto en la capacidad del tanque.
2. Los pisos de tanques conformados de formas geométricas (por ejemplo inclinados, cónico hacia abajo, cumbre arriba, hemisférico, semielíptico y segmento esférico) tienen volúmenes que pueden ser computados desde medidas lineales o medidos por calibración líquida por incremento de llenado, como desee.
 - a. Cuando los volúmenes van a ser computados, las medidas deben ser hechas en los puntos mostrados en la aplicada ilustración en la figuras 13-14.
 - b. Cualquier diferencia detallada en la forma afecta el volumen, no mostrado en el reporte de conteo, como radios de nudillo, deben ser medidos y registrados en suficiente detalle para permitir la computación del verdadero volumen.
3. Cuando las condiciones de fondo del tanque son de cima o forma irregular y existe inestabilidad y las capacidades correctas no pueden ser determinadas con precisión desde medidas lineales, la calibración líquida es preferible.
4. Si la calibración de líquido es usada, incrementos de volúmenes de llenado son introducidos dentro del tanque, desde el punto más bajo a un punto sobre que las computaciones puedan hacerse desde las mediciones

dimensionales. El procedimiento debe ser continuado a una profundidad en el tanque suficiente a superar todas las formas irregulares o las condiciones inestables como se describe en la norma API 2555 (ASTM D1406).

5. Para tanques operados con el fondo completo y cubiertos continuamente con agua, cualquier cima o irregularidad, pero no inestabilidad, del fondo puede desatenderse.
6. Cualquier método alternativo de calibración de la zona del fondo es por elevaciones de toma de niveles en varios puntos a lo largo del fondo desde un estudio del fondo. Un estudio físico de fondo del fondo del tanque debe ser hecho, siempre que sea posible, después que el tanque ha sido ensayado hidrostáticamente, para establecer el incremento de la cima de la pared del tanque al centro del tanque. La elevación del punto directo de golpeo bajo la compuerta de medida debe también ser medido.
7. Debido a la naturaleza de algunos fondos que son muy irregulares, estudios de lectura deben ser tomados en muchos puntos a bien determinar la forma. Cuando se realiza un completo estudio de fondo las elevaciones deben ser vistas a lo largo de los radios cada 45 grados. A lo largo de estos radios obtenga las elevaciones en intervalos de espacios equivalentes no mayores que 10pies (o 3metros) desde el centro del tanque a su pared.

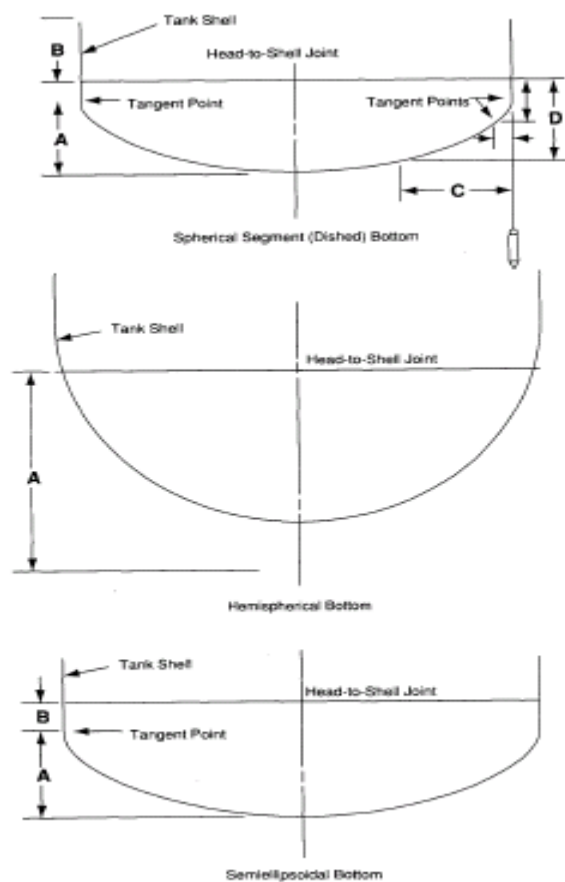
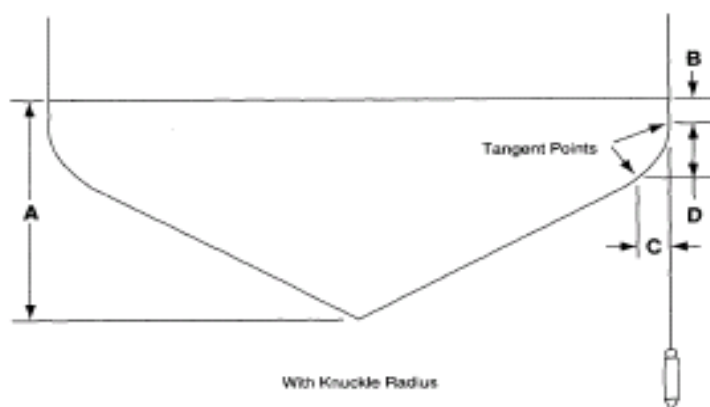


Figure 13—Spherical Segment (Dished), Hemispherical and Semiellipsoidal Bottoms Convex and Accessible Measurements of Upright Tanks



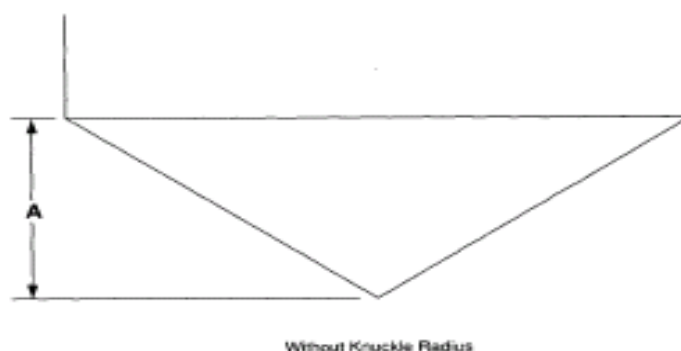


Figure 14—Coned Downward Bottom and Accessible Measurements of Upright Tanks

II.2.1.17 Techos flotantes.

1. General

Techos flotantes, ilustrados en las figuras 15 y 16, son instalados en tanques con paredes cilíndricas verticales. Sin embargo los desplazamientos de techos flotantes dan lugar a especiales deducciones para pesos flotantes y obra muerta. Posición A (ver figura 15) es el nivel del líquido en que el líquido primeramente alcanza el contacto de la placa del techo. Posición B es el nivel del líquido en que el último soporte del techo alza libremente del fondo del tanque y el techo es flotante totalmente.

2. Pesos de Techo Flotante

Cuando un techo es flotante totalmente, este desplaza una cantidad de líquido igual en peso al peso flotante del techo. El peso flotante debe incluir el techo más cualquier pertenencia que este arriba o abajo con el

techo, incluido el 50% del peso de la escalera. El peso del techo es calculado por el constructor y debe ser reportado por el calibrador.

3. Determinación de Obra muerta.

Cuando todas o partes del peso de un techo están asentados en los soportes del techo, el techo y todas las pertenencias deben ser deducidos como obra muerta cuando ellos se sumergen en el líquido. La obra muerta incluye cada parte como Swing Joint (junta de balance), el drenaje y otros ítems que adjuntan a la pared del tanque o piso. Desde una Swing pipe (tubería de balance) que está normalmente llena de líquido, sólo el volumen del metal es obra muerta. Por otro lado un drenaje cerrado es normalmente vacío y el volumen de la tubería total o manguera es incluido como obra muerta. La obra muerta también incluye partes que eventualmente se mueven con el techo. El propio techo es obra muerta y como los levantamientos de nivel del líquido alrededor del tanque, estas formas geométricas determinadas deben deducirse. La forma geométrica debe ser tomada de los dibujos del constructor o medidos en el campo mientras el techo esté descansando en sus soportes.

4. Techo flotante deducido por desplazamiento.

Dos métodos de deducir el desplazamiento del techo flotante para la tabla de capacidad son como sigue:

II.2.1.18 Tanques aislados.

Los siguientes procedimientos pueden ser usados en determinar los datos necesarios para la preparación de la tabla de capacidad. La calibración externa de tanques aislados puede ser completada antes del aislamiento, es aplicado siguiendo los procedimientos para las medidas externas especificadas en esta norma para tanques sobre tierra del mismo tipo. Si el tanque es aislado los siguientes procedimientos aplican. Procedimientos alternativos, sin embargo pueden ser aplicados como aquí es indicado:

- a.** Calibración Líquida: Los tanques aislados pueden ser calibrados por introducción de cantidades medidas de líquidos, en acordanza con la norma API 2555 (ASTM D 1406).
- b.** Calibración basada en medidas interiores: La calibración de los tanques aislados pueden ser basadas en las medidas internas por aplicación del capítulo API 2.2.B.
- c.** Calibración basada en dibujos: La calibración puede ser basada en datos dados en los dibujos y en las especificaciones del constructor del tanque si ninguno de los métodos precedentes puede ser usado. Esta alternativa es el método menos preferido y no se recomienda para tanques usados en custodia – transferencia.
- d.** Aplicación de nuevas tecnologías: Nuevas tecnologías como método de triangulación óptica, rango de distancia electro óptica (método EODR) son descritos en el apéndice F de la norma API 2.2.A.

II.2.1.19 Tablas de capacidad de tanques.

Desarrollo: Procedimiento de cálculo.

La ingeniería de sonido y los principios matemáticos deben ser usados en todas las calculaciones para el desarrollo de la tabla de capacidad. Estos principios deben incluir aquellos dados aquí para la aplicación de este particular tipo de trabajo:

- a.** La capacidad de las tablas debe ser preparada a 60 °F (15 °C), y deben tener en cuenta la corrección de la tensión de la cabeza líquida, obra muerta, corrección de inclinación, y si la concesión del techo flotante es aplicable.

Nota: Aunque la temperatura base de los tanques es 60 °F (15°C) , la densidad del líquido usada en calcular la corrección de la tensión de cabeza del líquido y la concesión del techo flotante debe ser el promedio de la densidad observada para el tanque dado.

- b.** Para la concesión de la temperatura, el factor de expansión de temperatura debe ser aplicado como un factor separado (vea el Apéndice D de la norma API 2.2.A).
- c.** Todos los cálculos de incremento o volumen total deben ser llevado a siete figuras significantes. (Refiérase al Apéndice C de la norma API 2.2.A para las pautas del ingreso al computador).
- d.** Toda obra muerta debe ser considerada con precisión para su volumen y situación, para permitir la concesión adecuada para volúmenes de líquidos desplazados por varios objetos o pertenencias y la asignación de estos efectos a varias elevaciones dentro del tanque.

- e. La preparación de la tabla de capacidad para los tanques verticales es basada en una altura máxima líquida no mayor que la altura de la pared. El volumen por encima de ese nivel se desentenderá en la tabla de capacidad. Un ejemplo de esta desatención de volumen es el espacio bajo un techo cónico bajo a el nivel del borde superior del anillo superior.
- f. La capacidad de los tanques debe ser expresada en galones, barriles, metros cúbicos, litros u otro (Tabla 5 y 6 y Apéndice B de la norma API 2.2.A).
- g. Cada punto en el reporte de cinto es evaluado para la precisión antes de procesarlo.
- h. Como cuestión de principio, se recomienda que todas las nuevas tablas de capacidad preparadas, muestren las fechas en que estas son efectivas. La base para el establecimiento de dichas fechas, en casos específicos depende de las circunstancias individuales y las necesidades de las partes interesadas. Sin embargo se pretende que la fecha efectiva sea establecida teniendo en cuenta circunstancias incluyendo pero no limitado a lo siguiente:
 - 1. La fecha de un nuevo tanque fue primeramente calibrado.
 - 2. La fecha de un viejo tanque fue recalibrado.
 - 3. La fecha en que el tanque fue recomputado.

II.2.1.19.1 Requerimientos para la tabla de capacidad.

Los siguientes parámetros deben ser considerados para el desarrollo de la tabla de capacidad.

- a. Expansión y contracción de la lámina de acero del tanque debido a la cabeza de líquido (ver II.2.1.19.5).
- b. Expansión y contracción de la lámina de acero del tanque con temperatura (recomendado a ser aplicado independientemente de la computación de la tabla de capacidad (véase II.21.19.6)).
- c. La inclinación de una posición vertical (véase II.21.19.7).
- d. Fondos de tanques que son de forma irregulares (ver II.21.16).

II.2.1.19.2 Calibración de la cinta Master a 60 °F.

II.2.1.19.2.1 Las cinta maestra para la calibración de cintas de trabajo de medición de tanques serán identificadas con un reporte de calibración a 68 °F por el Instituto Nacional de estándares y tecnología (NIST) testificando la precisión de la cinta master dentro de 0,001 pies (aproximadamente 1/64 pulgada, 1 milímetro de resolución y lectura a lo más cercano a 0,5 milímetros) por 100 pies de longitud. El reporte de calibración debe incluir los factores y fórmulas necesarias para corregir la longitud de la cinta para su uso a 60 °F bajo tensión diferente de la utilizada durante la calibración.

II.2.1.19.2.2 La industria del petróleo usa 60 °F (15°C) como una temperatura estándar para los productos del petróleo. La cinta maestra debe ser corregida a esta temperatura utilizando la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}\text{Factor de corrección} &= 1 + ((T_s - T)) \times C & (1) \\ \text{Factor de corrección} &= 1 + [(60 - 68) \times 0.000006451 \\ &= 1 + (-8 \times 0.000006451) \\ &= 0.9999484\end{aligned}$$

Donde:

T_c = Temperatura de calibración de la cinta maestra (normalmente 68°F).

T_s = Temperatura estándar de referencia (normalmente 60°F).

C = Coeficiente de expansión para el acero dulce
0.00000645 FT/FT/Grados Fahrenheit.

II.2.1.19.3 CONVERSION DE CIRCUNFERENCIAS DE ADENTRO HACIA AFUERA

Espesores de placa usados en los cálculos deben ser reportados en los registros de medidas de campo. Donde sea posible los espesores deben ser medidos por método de espesores ultrasónico. Valores para espesores de placa tomados desde los dibujos pueden ser usados donde sea necesario.

$$\text{Dentro de la circunferencia} = \pi * (D - 2t) \quad (2)$$

Donde:

t = espesor del acero.

D = diámetro exterior, ambos en unidades consistentes.

II.2.1.19.4 DEDUCCION PARA CIRCUNFERENCIA CINTA ALZADA

II.2.1.19.4.1 En el evento de que la cinta sea impedida estar en contacto con la pared del tanque en todos los puntos a lo largo de su camino por las proyecciones de la

pared del tanque como los butt strap o lap joints, la cantidad de incremento en la circunferencia debido al levantamiento de la cinta en cada proyección debe ser determinado. Las circunferencias medidas en un determinado anillo deben corregidas por deducción de las sumas de incremento en la circunferencia en cada localización de cinta levantada.

II.2.1.19.4.2 La deducción para levantamiento de cinta puede ser computada desde las ecuaciones de corrección de levantamiento de cinta 3 y 5 en II.2.1.19.4.3 y II.2.1.19.4.4 o medidas con un calibrador cuando sea práctico hacerlo. Debido a la muy pequeña corrección para levantamiento de cinta en una baja proyección, como es un lap Joint o Butt strip no es práctico medir con precisión la corrección con un calibrador; sin embargo, el método de corrección de levantamiento de cinta es preferible por cada proyección.

II.2.1.19.4.3 La ecuación de corrección para levantamiento de cinta para Butt strap o similares proyecciones es como sigue:

$$Deducción(pulgadas) = \frac{Ntw}{d} + \frac{8Nt}{3} + \sqrt{\frac{t}{d}}$$

Donde:

N = número de butt straps o proyecciones por anillo.

t = suma de levantamientos (espesores de straps o proyecciones) en pulgadas.

w = ancho de straps o proyecciones, en pulgadas.

d = diámetro nominal del tanque en pulgadas.

II.2.1.19.4.3 La ecuación de corrección de levantamiento de cinta por Lap Joint es como sigue:

- a. Aplicación de ecuación 3 en modificada forma para levantamiento de cinta en lap joints es descrita con referencia a la figura 17. En la figura 17, la localización de las placas en el lap joint se muestra como la posición de las placas en el anillo por encima y por debajo del lap Joint. La posición de la placa en el anillo si no existiera junta es mostrado por las líneas rotas en relación a las placas en el lap Joint.
- b. La circunferencia medida sobre el lap Joint debe ser corregida al verdadero camino circunferencial que la cinta tendría si no existiera Joint. Como se muestra en la figura 17, esto requiere corrección para solamente la mitad del levantamiento de la cinta. con la anchura w eliminada se convierte en la ecuación:

$$\text{Deducción}(\text{pulgadas}) = \frac{8N}{3} * \frac{t}{2} * \sqrt{\frac{t}{2d}} \quad (4)$$

$$\frac{4Nt}{3} * \sqrt{\frac{t}{2d}} \quad (5)$$

- c. También se muestra en la figura 17 que ninguna deducción en la obra muerta para el lap Joint son necesarios, ya que el deducible y los volúmenes de adición son iguales.

Tabla 6 - Tabla de capacidad versión S.I.
Tabla de capacidad de muestra - Tanque N° 117 Techo flotante

Capacidad en metros cúbicos
Altura del referencia = 48' - 6 3/8"

pies pulg	metros	pies pulg	metros	pies pulg	metros	pies pulg	metros	pies pulg	metros	pies pulg	metros	pies pulg	metros	pies pulg	metros	pies pulg	metros
0	0.211	5	487.809	10	985.977	15	1483.713	20	1982.643	25	2481.804	30	2980.896	35	3480.147	40	3979.494
1	3.301	1	496.117	1	994.273	1	1492.009	1	1990.962	1	2490.123	1	2989.215	1	3488.470	1	3987.818
2	9.445	2	504.425	2	1002.569	2	1500.305	2	1999.282	2	2498.441	2	2997.533	2	3496.792	2	3996.143
3	17.284	3	512.733	3	1010.864	3	1508.600	3	2007.602	3	2506.759	3	3005.851	3	3505.115	3	4004.467
4	25.557	4	521.04	4	1019.160	4	1516.896	4	2015.921	4	2515.007	4	3014.169	4	3513.437	4	4012.791
5	33.833	5	529.348	5	1027.455	5	1525.191	5	2024.241	5	2523.395	5	3022.481	5	3521.760	5	4021.115
6	42.118	6	537.656	6	1035.751	6	1533.487	6	2032.560	6	2531.714	6	3030.806	6	3530.082	6	4029.440
7	50.425	7	545.964	7	1044.047	7	1541.783	7	2040.880	7	2540.032	7	3039.124	7	3538.405	7	4037.764
8	58.732	8	554.272	8	1052.342	8	1550.078	8	2049.200	8	2548.350	8	3047.442	8	3546.727	8	4046.088
9	67.040	9	562.579	9	1060.638	9	1558.374	9	2057.519	9	2556.668	9	3055.760	9	3555.050	9	4054.413
10	75.347	10	570.887	10	1068.933	10	1566.669	10	2065.839	10	2564.986	10	3064.078	10	3563.372	10	4062.737
11	83.655	11	579.195	11	1077.229	11	1574.982	11	2074.158	11	2573.305	11	3072.397	11	3571.695	11	4071.061
12	91.962	12	587.503	12	1085.525	12	1583.302	12	2082.478	12	2581.623	12	3080.175	12	3580.017	12	4079.386
13	100.270	13	595.811	13	1093.800	13	1591.622	13	2090.798	13	2589.941	13	3089.033	13	3588.340	13	4087.710
14	108.578	14	604.118	14	1102.116	14	1600.000	14	2099.117	14	2598.259	14	3097.351	14	3596.662	14	4096.034
15	116.886	15	612.426	15	1110.411	15	1608.261	15	2107.437	15	2606.577	15	3105.669	15	3604.985	15	4104.358
16	125.193	16	620.734	16	1118.707	16	1616.580	16	2115.756	16	2614.896	16	3113.988	16	3613.307	16	4112.683
17	133.501	17	629.042	17	1127.003	17	1624.900	17	2124.076	17	2623.214	17	3122.306	17	3621.630	17	4121.007
18	141.810	18	637.350	18	1135.298	18	1633.220	18	2132.396	18	2631.532	18	3130.624	18	3629.952	18	4129.331
19	150.122	19	645.657	19	1143.594	19	1641.539	19	2140.715	19	2639.850	19	3138.942	19	3638.275	19	4137.656
20	158.433	20	653.965	20	1151.889	20	1649.859	20	2149.035	20	2648.168	20	3147.260	20	3646.597	20	4145.980
21	166.745	21	662.273	21	1160.185	21	1658.178	21	2157.354	21	2656.487	21	3155.579	21	3654.920	21	4154.304
22	175.056	22	670.581	22	1168.481	22	1666.498	22	2165.674	22	2664.805	22	3163.897	22	3663.242	22	4162.629
23	183.368	23	678.889	23	1176.776	23	1674.818	23	2173.994	23	2673.123	23	3172.215	23	3671.565	23	4170.953
24	191.679	24	687.196	24	1185.072	24	1683.137	24	2182.313	24	2681.441	24	3180.537	24	3679.887	24	4179.277
25	199.991	25	695.504	25	1193.367	25	1691.457	25	2190.633	25	2689.759	25	3188.860	25	3688.210	25	4187.601
26	208.302	26	703.812	26	1201.663	26	1699.776	26	2198.952	26	2698.078	26	3197.182	26	3696.532	26	4195.926
27	216.614	27	712.120	27	1209.959	27	1708.096	27	2207.272	27	2706.396	27	3205.505	27	3704.855	27	4204.250
28	224.925	28	720.428	28	1218.254	28	1716.416	28	2215.592	28	2714.714	28	3213.827	28	3713.177	28	4212.574
29	233.237	29	728.735	29	1226.550	29	1724.735	29	2223.911	29	2723.032	29	3222.150	29	3721.500	29	4220.899
30	241.548	30	737.043	30	1234.845	30	1733.055	30	2232.231	30	2731.350	30	3230.472	30	3729.822	30	4229.223
31	249.860	31	745.351	31	1243.141	31	1741.374	31	2240.550	31	2739.669	31	3238.795	31	3738.145	31	4237.547
32	258.171	32	753.659	32	1251.437	32	1749.694	32	2248.870	32	2747.987	32	3247.117	32	3746.467	32	4245.872
33	266.483	33	761.967	33	1259.732	33	1758.014	33	2257.190	33	2756.305	33	3255.440	33	3754.790	33	4254.196
34	274.794	34	770.274	34	1268.028	34	1766.333	34	2265.509	34	2764.623	34	3263.762	34	3763.112	34	4262.520
35	283.106	35	778.584	35	1276.323	35	1774.653	35	2273.829	35	2772.941	35	3272.085	35	3771.435	35	4270.844
36	291.418	36	786.892	36	1284.619	36	1782.972	36	2282.148	36	2781.260	36	3280.400	36	3779.758	36	4279.168
37	299.729	37	795.200	37	1292.915	37	1791.292	37	2290.468	37	2789.578	37	3288.730	37	3788.080	37	4287.493
38	308.040	38	803.508	38	1301.210	38	1799.612	38	2298.788	38	2797.896	38	3297.052	38	3796.402	38	4295.817
39	316.352	39	811.816	39	1309.506	39	1807.931	39	2307.107	39	2806.214	39	3305.375	39	3804.725	39	4304.142
40	324.663	40	820.124	40	1317.801	40	1816.251	40	2315.427	40	2814.532	40	3313.697	40	3813.047	40	4312.466
41	332.975	41	828.432	41	1326.097	41	1824.570	41	2323.746	41	2822.851	41	3322.020	41	3821.370	41	4320.790
42	341.284	42	836.740	42	1334.393	42	1832.890	42	2332.066	42	2831.169	42	3330.342	42	3829.692	42	4329.115
43	349.594	43	845.048	43	1342.688	43	1841.210	43	2340.386	43	2839.487	43	3338.665	43	3838.015	43	4337.439
44	357.904	44	853.356	44	1350.984	44	1849.529	44	2348.705	44	2847.805	44	3346.987	44	3846.337	44	4345.763
45	366.214	45	861.664	45	1359.279	45	1857.849	45	2357.025	45	2856.123	45	3355.310	45	3854.660	45	4354.087
46	374.524	46	869.972	46	1367.575	46	1866.168	46	2365.344	46	2864.442	46	3363.632	46	3862.982	46	4362.412
47	382.834	47	878.280	47	1375.871	47	1874.488	47	2373.664	47	2872.761	47	3371.955	47	3871.305	47	4370.736
48	391.144	48	886.588	48	1384.166	48	1882.808	48	2381.984	48	2881.078	48	3380.277	48	3879.627	48	4379.060
49	399.454	49	894.896	49	1392.462	49	1891.127	49	2390.304	49	2889.396	49	3388.600	49	3887.950	49	4387.385
50	407.764	50	903.204	50	1400.757	50	1899.447	50	2398.622	50	2897.714	50	3396.922	50	3896.272	50	4395.709
51	416.074	51	911.512	51	1409.053	51	1907.766	51	2406.941	51	2906.033	51	3405.245	51	3904.595	51	4404.033
52	424.384	52	919.820	52	1417.349	52	1916.086	52	2415.259	52	2914.351	52	3413.567	52	3912.917	52	4412.358
53	432.694	53	928.128	53	1425.644	53	1924.406	53	2423.577	53	2922.669	53	3421.890	53	3921.240	53	4420.682
54	441.004	54	936.436	54	1433.940	54	1932.725	54	2431.895	54	2930.987	54	3430.212	54	3929.562	54	4429.006
55	449.314	55	944.744	55	1442.235	55	1941.045	55	2440.213	55	2939.305	55	3438.535	55	3937.885	55	4437.330
56	457.624	56	953.052	56	1450.531	56	1949.364	56	2448.532	56	2947.624	56	3446.857	56	3946.207	56	4445.655
57	465.934	57	961.360	57	1458.827	57	1957.684	57	2456.850	57	2955.942	57	3455.180	57	3954.530	57	4453.979
58	474.244	58	969.668	58	1467.122	58	1966.004	58	2465.168	58	2964.260	58	3463.502	58	3962.852	58	4462.303
59	482.554	59	977.976	59	1475.418	59	1974.323	59	2473.486	59	2972.578	59	3471.825	59	3971.175	59	4470.628

Un total de 3,016 metros cúbicos se han deducido a partir de esta tabla, entre 3'-6" y 3'-10" para el desplazamiento del techo, basado en un peso del techo flotante de 4900 lbs y gravedad API observada de 60.0. El nivel medido por encima de 3'-10" refleja esta deducción. Para gravedades diferentes de 60° API observado se ajustan cantidades 3'-10" como sigue: Añadir 0,016 metros cúbicos por grado debajo de 60° API observado; restar 0,016 metros cúbicos por cada grado encima de 60° API observado.

- 1) Un incremento de 3 1/2" se han deducido de las primeras 4" de la tabla de capacidad. Cinteado por: WS-SL 5/19/32 2) Cinte ar el tanque y calcular a cor de con el API MPMS Capítulo 2.2A. 3) La tensión de la cabeza del líquido se ha aplicado a la tabla a gravedad A60°. 4) En la tabla de capacidad refleja la expansión de la lámina del tanque dada temperatura ambiente de 15°C. 5) Para fracciones más precisas, interpole entre los incrementos de volumen 6) Tabla de capacidad hasta 45'-5 3/4" dado por el reboso. 7) Diámetro nominal del tanque = 67'-0", altura de lámir 48'-0"

Calculado por: MH 5/19/32 Revisado por: MH 5/19/32
Muestran bocetos de las juntas horizontales y verticales en la parte posterior de la tabla. Muestran la ubicación circular de la vista de planta en la parte de atrás de la tabla. Mostrar la dirección de la inclinación dibujado en la parte posterior de la tabla.

II.2.1.19.5 EXPANSION Y CONTRACCION DE LA LAMINA DE ACERO DEL TANQUE DEBIDO A LA CABEZA DE LIQUIDO.

II.2.1.19.5.1 Expansión y contracción de láminas de acero del tanque debido a la cabeza de líquido deben ser tomados en consideración.

Este ajuste no necesita ser hecho para tanques con una capacidad menor de 500 Barriles.

II.2.1.19.5.2 El efecto de la cabeza de líquido podrá introducirse en la tabla de capacidad en la siguiente manera:

- a. Reducir la circunferencia cintada a condición de stress cero por el uso de la ecuación 6 (véase II.2.1.19.5.3) y mediante la aplicación de efectos de expansión de los niveles de líquido incrementados progresivamente en los sucesivos niveles de anillos.
- b. Por cintado del tanque con máximo nivel de líquido y desestresamiento del tanque por anillos para decrecientes niveles de líquido.

II.2.1.19.5.3 Mediciones de circunferencias de campo deben ser ajustadas a “Tanque vacío” o bases sin estrés. Entonces el cálculo de volumen debe continuar con ajustes de volumen a mostrar la capacidad aumentada progresivamente, incluyendo efectos de expansión en niveles de altura sucesivos por anillos. Circunferencias cintadas deben ser corregidas a condición de cero stress por medio de la siguiente ecuación:

$$\Delta C = \frac{-WhC^2}{2\pi Et}$$

Donde:

ΔC = Corrección de circunferencia para tanque vacío o condición sin estrés.

W = Peso del líquido por unidad de volumen.

h = Cabeza del líquido arriba de la elevación cintada.

C = Circunferencia cintada antes de la corrección.

E = Módulo de elasticidad del metal en la lámina del tanque.

t = Espesor de la lámina en la elevación cintada.

Nota: Todas las unidades deben ser consistentes. Por ejemplo en el sistema habitual ΔC , C, t y h pueden ser en pulgadas; W en libras por pulgada cúbica; y E en libras por pulgada cuadrada. La circunferencia cintada corregida es entonces enfatizado a una base “anillo lleno” por expansión de la circunferencia sin estrés para cada anillo por la altura del líquido sobre la elevación circunferencial necesaria para llenar cada anillo.

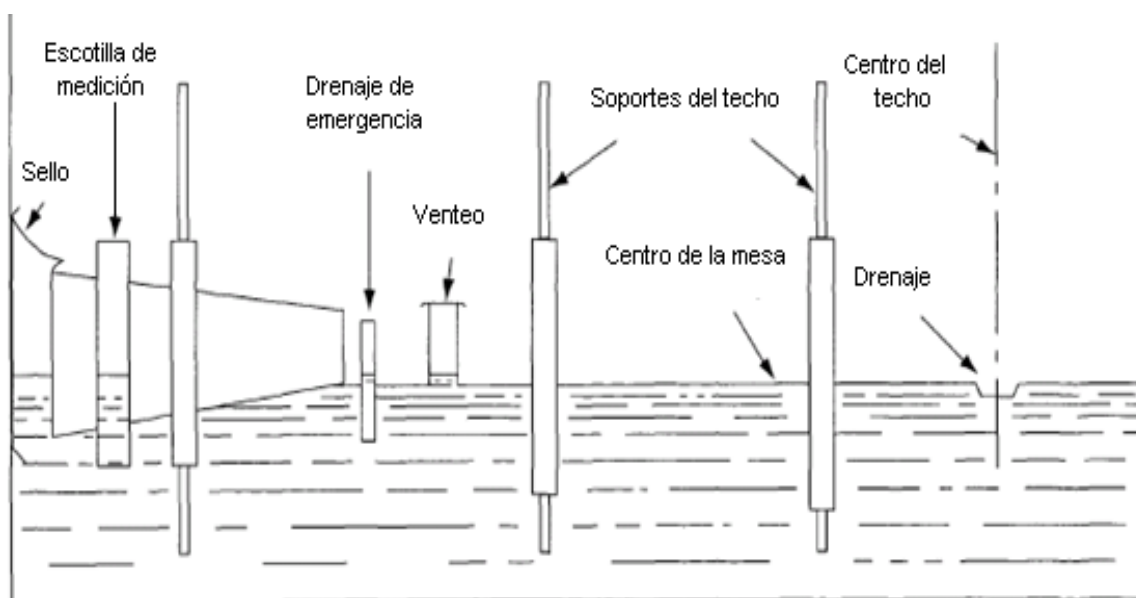


Fig.16 – Típico techo flotante de acero con cubierta de un solo centro.

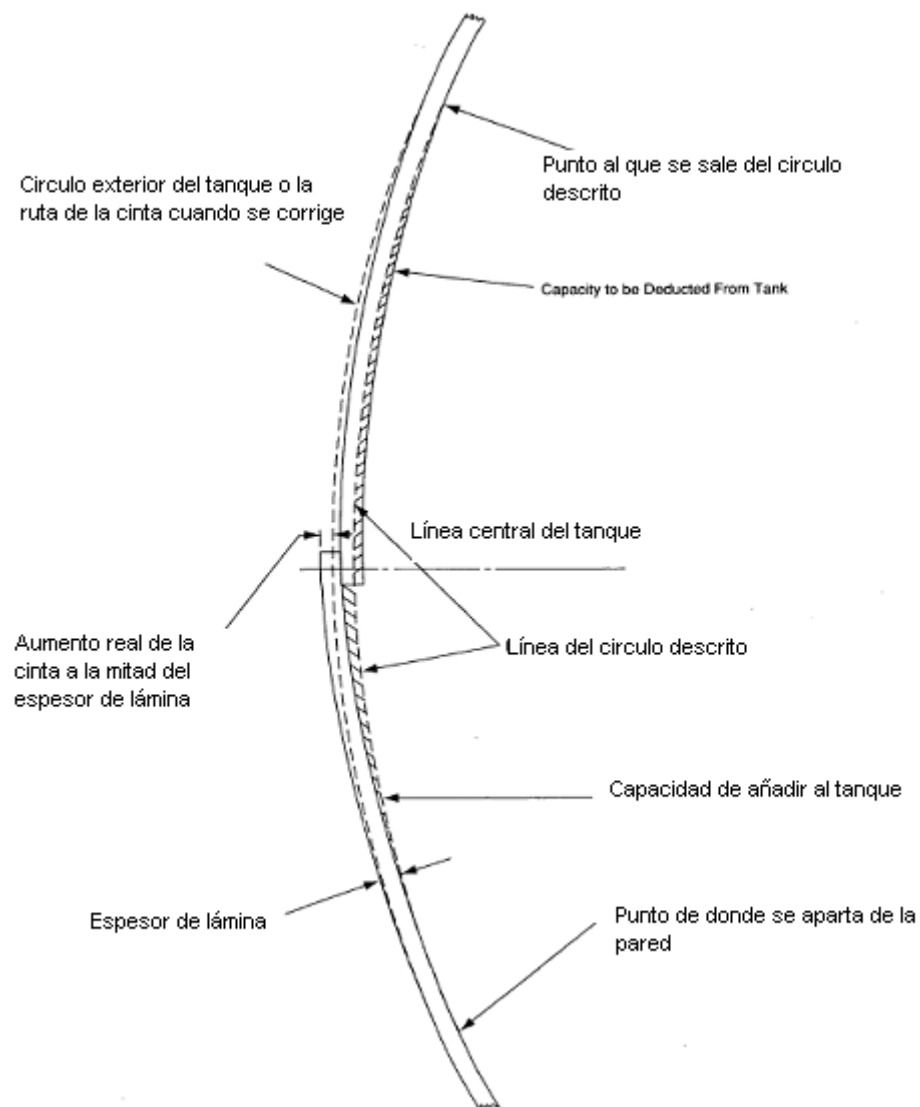


Figura 17 – Verdadera circunferencia frente al recorrido axial de la cinta

Corrección de volumen por incremento, ΔV :

ΔV (primer anillo o anillo del fondo)

= 0

ΔV (segundo anillo)

$$= \frac{\pi W d^3}{4E} \left(\frac{h_1}{t_1} \right)$$

ΔV (tercer anillo)

$$= \frac{\pi W d^3}{4E} \left(\frac{h_1}{t_1} + \frac{h_2}{t_2} \right)$$

ΔV (n avo anillo)

$$= \frac{\pi W d^3}{4E} \left(\frac{h_1}{t_1} + \frac{h_2}{t_2} + \dots + \frac{h_{n-1}}{t_{n-1}} \right)$$

Donde:

ΔV = Volumen adicional del tanque resultante de la expansión de la lámina del tanque, debido al incremento de cabeza de un incremento de una unidad profunda arriba del anillo.

W = Peso del líquido por unidad de volumen.

d = diámetro nominal del tanque.

E = Módulo de elasticidad del metal en la lámina del tanque.

h_1, h_2 , etc. = Altura de lámina de los anillos.

t_1, t_2 , etc. = Espesores de las láminas de los anillos.

NOTA: Todas las unidades deben ser consistentes. Por ejemplo ΔV puede ser en pulgadas cúbicas, W en libras por pulgada cúbica d, h y t en pulgadas, y E en libras por pulgada cuadrada. El incremento correspondiente a ΔV es 1 pulgada. Si la capacidad de la tabla es realizada en ½ pulgada de incremento, ΔV debe ser dividida para 4.

II.2.1.19.6 EXPANSION Y CONTRACCION DE LA LAMINA DE ACERO DEL TANQUE DEBIDO A LA TEMPERATURA.

II.2.1.19.6.1 Expansión y contracción de la lámina de acero del tanque sin calentamiento puede ser calculado. Esto puede ser necesario para estimar la temperatura de servicio y computar las correcciones de volúmenes por expansión de la lámina debido al incremento en

temperatura. Dicha estimación de temperatura debe ser chequeada luego de que los tanques estén en servicio. El procedimiento de corrección para computar el volumen a ser añadido al volumen total calculado para los tanques mediante el cintado en condiciones en ausencia de calor es como indica:

Cross – Corrección de área seccional,

$$K = 1 + 12.4 \times 10^{-6} \Delta T_s + 4.0 \times 10^{-9} \Delta^2 T_s$$

Donde:

ΔT_s = Temperatura de la lámina de acero del tanque menores a 60°F (Todas las medidas de tanques cintados para tanques de acero son a 60°F).

II.2.1.19.6.1.1 Para los tanques metálicos no aislados, la temperatura de la lámina puede ser calculada de la siguiente manera. (Referencia en Apéndice D):

$$T_s = [(7 * T_L) + T_a] / 8$$

Donde:

T_L = Temperatura del líquido.

T_a = Temperatura ambiente.

II.2.1.19.6.1.2 Para los tanques metálicos aislados, la temperatura de la lámina puede ser tomada como la cercana a la adyacente temperatura del líquido, en cuyo caso $T_s = T_L$.

II.2.1.19.6.2 Al aplicar estos principios en los tanques cilíndricos verticales, el área de la cruz – seccional horizontal puede ser tomada como una función de la calibración

del tanque. El coeficiente determinado desde la ecuación 8 (ver II.2A.19.6.1) se basa en una expansión térmica de bajo acero al carbono por grado Fahrenheit.

Nota: La corrección de corte transversal (ecuación 8) tendrá que ser modificado para los tanques de acero inoxidable basada en el coeficiente de expansión para el tipo de acero inoxidable.

II.2A.19.6.3 La tercera dimensión, la altura, necesaria para generar un volumen es una función de medida y deben ser consideradas por separado. Los volúmenes reflejados en las tablas de tanque se derivan de la zona de altura incremental. Por lo tanto, el factor-K, para correcciones de áreas tiene el mismo radio como las correcciones de volúmenes y puede ser aplicado directamente a la tabla de volúmenes del tanque.

II.2A.19.6.4 El factor de corrección de temperatura de la lámina debe ser aplicada a volúmenes obtenidos a la tabla de capacidad de los tanques a 60° F. y no están relacionadas con las correcciones destinadas a la expansión de volumen y la contracción del producto sí mismo. Dependiendo de ciertos requerimientos, este factor de corrección de temperatura de la lámina puede ser incorporado en la tabla de capacidad para una temperatura específica.

II.2A.19.6.5 Con la aplicación de los computadores en línea, el factor de corrección de temperatura puede ser actualizada continuamente para reflejar las diversas condiciones de líquidos y de ambiente. Tal factor de actualización se puede utilizar para determinar el volumen real en el tanque (ver el ejemplo de cálculo en los puntos D.2 de Apéndice D).

II.2A.19.7 EFECTO DE LA INCLINACION EN UNA PROPORCION DEL TANQUE CILINDRICO

II.2A.19.7.1 La cantidad de inclinación en la lámina del tanque debe ser medida. Para los tanques con inclinación menor que 1/70 partes, el error en una tabla de capacidad vertical para la porción cilíndrica será menor al 0.01% por volumen y el efecto puede ser ignorados. Si la cantidad de inclinación es de 1/70 partes o más, la tabla de capacidad deberá ser ajustada a la base de cero inclinación. La siguiente ecuación puede utilizarse para determinar la corrección del porcentaje en volumen debido a la inclinación:

$$\text{Porcentaje de corrección de volumen} = 100(\sqrt{1 - m^2} - 1) \quad (10)$$

Donde:

m = a la suma de la inclinación por pie de altura de lámina, en pie (o parte decimal del mismo)

II.2A.19.7.2 La siguiente tabla muestra los factores de corrección de volumen en porcentaje para varias cantidades de inclinación:

Inclinación por cada 100 pies	Porcentaje de corrección de volumen
1.4	+ 0.0098
1.6	+0.0128
1.8	+0.0162
2.0	+0.0200
2.2	+0.0242
2.4	+0.0288
2.6	+0.0338

II.2A.19.8 TECHOS FLOTANTES

La tabla de capacidad de volúmenes debe ser preparada en las bases de medida desde arriba del punto de golpeo del nivel del líquido en la escotilla de medición. La preparación de la tabla de medida está relacionada con el método utilizado para obtener datos de campo en la zona de desplazamiento parcial, es decir, ya sea calibrada líquido o por medidas lineales. (ver II.2A.17).

II.2A.19.8.1 CALIBRACION LIQUIDA PARA DESPLAZAMIENTOS DE TECHOS FLOTANTES

II.2A.19.8.1 El desplazamiento de un techo flotante a través de la zona crítica, de A a B (ver figura 15), se determina con mayor precisión por la calibración de líquida, como es presentado en la Norma API 2555. Siguiendo este proceso resultará una tabla de medida con el techo flotante tratado como obra-muerta. Este tipo de tabla de medida es descrita más detalladamente en II.2A.19.8.2.

II.2A.19.8.1.2 Por encima de la posición B (ver figura 15) la capacidad debe ser corregida, para tener en cuenta el cambio en el desplazamiento del techo, resultante desde la diferencia entre la densidad de la calibración líquida y la del líquido medido. Es conveniente corregir la tabla a una gravedad API particular asumida, cercana a la del líquido que se maneja en el tanque. Esta corrección debe ser computada como sigue:

$$\text{Corrección(galones)} = W \left(\frac{1}{\rho_c} - \frac{1}{\rho_\alpha} \right) \quad (11)$$

Donde:

- W = Peso del techo flotante en libras
- Pc = Libras por galón del líquido de calibración.
- Pa = Libras por galón de un líquido que tiene la gravedad API particular asumida de acuerdo a la tabla.

II.2A.19.8.2 Después de corregir una gravedad API asumida, la tabla es correcta sólo si en el momento de medir la gravedad API en el tanque, la temperatura del líquido es la misma a la gravedad API que se prepara la tabla. Por lo general la gravedad API es diferente, y por ello es necesario corregir un volumen tomado de la tabla. Esta corrección se describe en II.2A.19.8.4.

II.2A.19.8.2 PROCEDIMIENTO DE MEDICION PARA DESPLAZAMIENTO DE TECHO FLOTANTE

II.2A.19.8.2.1 El nivel del líquido por debajo del punto A en la Figura 15: Este rango puede ser calibrado con precisión por medidas como se describe en II.2A.8 a II.2A.14.2. Todas las obras muertas deben ser deducidas.

II.2A.19.8.2.2 El nivel del líquido entre las posiciones A y B en la Figura 15: Este rango no puede ser calibrado con precisión por mediciones descritas en II.2A.8 a II.2A.14.2. Los límites superior e inferior deben estar claramente indicados en la tabla de medición con una nota indicando que este rango se debe evitar por mediciones críticas.

II.2A.19.8.2.2.1 En la calibración de este rango por el procedimiento de medición (ver el Apéndice B), toda obra muerta, incluyendo la forma geométrica del techo, debe ser deducido. Esto debe ser llevado hasta la posición B, la cual debe ser determinada por la calculadora.

II.2A.19.8.2.2.2 Desde la forma de cambio del techo entre la posición A y B, es necesario tener una distribución arbitraria del desplazamiento del techo para hacer el desplazamiento del techo en la posición B, equivalente al peso flotante.

II.2A.19.8.2.2.3 Desde el desplazamiento del volumen del líquido depende de una gravedad específica del líquido asumida a ser manejada en el tanque, y desde la forma del piso y techo del tanque puede variar con el tiempo, es aconsejable permitir 2 pulgadas (50 milímetros) por debajo de la posición A y por arriba de la posición B en establecer la zona crítica. Esta concesión no hace influir ningún cálculo, tan sólo los límites superior e inferior de la zona crítica se indican en la tabla de calibración.

Nota: Un problema de exactitud que surge a menudo cuando la posición del techo se mide, es que el techo de encuentra en la posición alta para el mantenimiento. A menudo, cuando el tanque retorna a servicio, las patas del techo se ajustan a la posición baja. Esta acción crea errores en la tabla de capacidad si se calcula y se emite con el techo en la posición alta. Las cantidades desde el inicio de la posición baja hasta el final de la posición alta de la zona crítica del techo serán un error. Para garantizar la exactitud de la tabla de capacidad del techo flotante, es necesario confirmar la posición operacional del techo con el operador del tanque o el dueño antes del desarrollar la tabla de capacidad.

II.2A.19.8.3 NIVEL DEL LÍQUIDO SOBRE POSICION B

El nivel líquido arriba de la posición B (ver figura 15) rango que puedes ser calibrado con precisión por sustracción de un volumen de líquido igual en peso al peso del flotador. El peso del flotador debe incluir el techo y los accesorios que se encuentren arriba y abajo en el tanque con el techo. El peso del techo es calculado por el

constructor y dado en los dibujos y en la placa del techo. El peso del techo debe incluir la mitad del peso de la escalera, la mitad del peso de las bisagras o partes soportes flexibles del drenaje, toda la línea de balance de flotación, y la mitad de la tubería de balance. Arriba de la posición B, la obra muerta que es ahora incluida como parte del peso del flotador debe añadirse en la capacidad gruesa u opentank, y posteriormente representada por la deducción del peso del flotador. La obra muerta no incluida en el peso flotante se mantiene en la capacidad bruta.

II.2A.19.8.4 TABLA DE CAPACIDAD CON TECHO FLOTANTE TRATADO COMO OBRA MUERTA.

II.2A.19.8.4.1 En este tipo de tabla de medida, el peso del techo flotante debe ser tomado en cuenta por reducción de la capacidad bruta por el volumen desplazado por el techo basado en una gravedad API asumida cercana al promedio del líquido que se maneja en el tanque.

II.2A.19.8.4.2 Para líquidos por debajo de la posición B, Figura 15, todas las obras muertas deben ser deducidas a medidas que están inmersas. Esta obra muerta debe incluirse en el techo flotante, si es basado en su forma geométrica.

II.2A.19.8.4.3 Para valores arriba de la posición B, figura 15, el volumen bruto debe ser reducido por un volumen igual al peso del flotador dividido por el peso por unidad de volumen de un líquido que tenga una gravedad API asumida. Estos valores netos son dados directamente en la tabla de medida. Estos son correctos sólo si en el momento de la medida de la gravedad API en el tanque la temperatura del líquido sea igual a la gravedad API asumida para lo cual la tabla es preparada.

II.2A.19.8.4.4 Usualmente la temperatura de la gravedad API en el tanque es diferente de la gravedad API asumida en la que la tabla está basada. Por consiguiente es necesario incluir una corrección suplementaria a la tabla de capacidad. Esta corrección es igual a lo siguiente:

$$\text{Corrección (unidades de volumen por grado API)} = \frac{W}{50} \left(\frac{1}{P_{60}} - \frac{1}{P_{10}} \right)$$

Donde:

W=Peso del techo flotante, en Libras.

P_{60} = Libras por galón de un líquido que tiene una gravedad API de 60 grados.

P_{10} = Libras por galón de un líquido que tiene una gravedad API de 10 grados.

II.2A.19.8.4.5 La corrección de la gravedad API debe de ser manejada por una nota en la tabla de capacidad requiriendo la deducción o adición de un volumen constante por cada grado de gravedad API diferente de la gravedad API asumida para lo que la tabla de capacidad básica fue preparada. Esta nota debe contener la siguiente información:

“Nota: Un total de _ barriles se han deducido desde esta tabla entre _ pies _ pulgadas y _ pies _ pulgadas por desplazamiento del techo basado en un peso flotante de _ libras y una gravedad observada del líquido de _ ° API basadas en las condiciones del líquido en que el techo es flotante. (Esto puede ser a cualquier temperatura observada) pero esta deducción debe ser corregida para la actual gravedad observada del líquido a temperaturas prevalecientes de la siguiente manera:

Para _ ° API observado ninguna corrección.

Para cada grado debajo de _ ° API observado, añadir _ barriles.

Para cada grado arriba de _ ° API observado, sustraer _ barriles.

II.2A.19.8.5 TABLA DE CAPACIDAD GRUESA O CAPACIDAD DE TANQUE ABIERTO.

II.2A.19.8.5.1 Este tipo de tabla de capacidad es preparada solamente por deducción de la obra muerta no incluida como parte del peso flotante. Una tabla de contabilidad suplementaria para toda la obra muerta puede ser preparada e incluida como un suplemento de la tabla de capacidad para todas las posiciones arriba de la posición B, figura 15.

II.2A.19.8.5.2 Para uso arriba de la posición B, figura 15, el peso flotante debe ser dado en la tabla de capacidad. En el uso de la tabla de capacidad, el volumen grueso o tanque abierto es reducido por un volumen igual al peso flotante dividido por el peso por unidad de volumen del líquido. El peso por unidad de volumen debe ser basado en una densidad de 60 °F (o 15 °C) coherente con el líquido en el tanque. Además el peso por unidad de volumen debe ser basado en la misma temperatura como el volumen grueso de la que se sustraerá el desplazamiento del techo.

II.2A.19.8.5.3 Cuando se use la tabla de capacidad, es conveniente primeramente convertir el volumen grueso a una temperatura Standard usualmente 60 °F (o 15 °C). Entonces, el peso flotante se divide por el peso por unidad de volumen a 60 °F (o 15 °C), antes de sustraer del volumen grueso. Cuando esto se va a hacer, una tabla suplementaria puede ser preparada dando valores del desplazamiento para rango de valores de la gravedad API sobre lo que el tanque es destinado a ser usado.

II.2A.19.8.5.4 Cuando aplique la siguiente notificación debe ser incluida en todas las tablas de medida que sean preparadas para capacidad abierta o de depósito para tanques de techo flotante:

“Las cantidades que figuran en esta tabla de capacidad no incluyen ajustes para compensar el desplazamiento del techo flotante”.

II.2A.19.8.5.5 Todas las tablas de capacidad para tanques de techo flotante deben tener los límites de la zona de desplazamiento claramente marcado en el mismo. Una nota en la tabla de capacidad deberá precisar si esta zona fue calibrada por calibración líquida o por el método de medida.

II.2A.19.9 SUMARIO DE DATOS EN LA TABLA DE CAPACIDAD

La tabla de capacidad final debe contener la siguiente información:

- a.** Identificación del Tanque
- b.** Nombre del producto y gravedad API a 60 °F (o 15 °C).
- c.** Tipo de tanque (Techo flotante, cónico, aislado, etc.).
- d.** Peso muerto del techo flotante
- e.** Si se volvió a calcular / o recalibrar.
- f.** Si se vuelve a calcular / las bases para calcular.
- g.** Altura de referencia de medida / altura máxima de llenado / y máxima altura de seguridad.
- h.** Descripción / localización del punto de referencia de medida.
- i.** Cónico hacia arriba / cónico hacia abajo / fondo plano.

- j. Esto debe ser notado en la tabla de capacidad que el volumen bajo el punto de golpe, ya sea determinado por método líquido o lineal, es incluido en el primer incremento.
- k. La temperatura en que la tabla de capacidad es calculada si es parte integra de la tabla. Se recomienda que la tabla de capacidad sea calculada a 60 °F (o 15 °C) y los factores de corrección de temperatura sean aplicado externamente.
- l. Nombre de la empresa contratista.
- m. Fecha de calibración / Recalibración / Recomputación.
- n. Norma en que la calibración es basada.

II.2A.19.10 REQUERIMIENTOS PARA RECALIBRACION.

II.2A.19.10.1 Los tanques de almacenamiento pueden requerir Recalibración / Recomputación periódicamente. Los factores que impactan la frecuencia de Recalibración y/o Recomputación son descritos en el apéndice A.

II.2A.19.10.2 Sin embargo los tanques verticales o derechos deben en cualquier caso ser remedidos y calibrados bajo las siguientes condiciones:

- a. Cuando se restaura servicio después de haber sido desconectado o abandonado.
- b. Cuando se desmontó o volvió a montar o cuando “movió el cuerpo”.
- c. Cuando se cambia la obra muerta.

- d. Cuando concreto u otro material es colocado en el fondo o en la pared del tanque, o cuando el tanque se cambia de tal forma que afectaría el volumen incremental o total.

II.2A.19.11 CERTIFICACION DE LAS TABLAS DE CAPACIDAD.

II.2A.19.11.1 La certificación de una tabla de capacidad asegura que todas las medidas y cálculos son realizados de acuerdo con esta norma. Se recomienda que esta certificación sea realizada por los contratistas reconocidos en el campo especializado de la calibración o por personas que puedan demostrar que cumplen con esta norma.

II.2A.19.11.2 El proceso de certificación es responsabilidad del contratista y/o individuos y dueños de tanques para documentar de forma clara y específica cualquier desviación de esta norma. Cualquier desviación de esta norma que resulte en no conformidad hace a la tabla de capacidad inadecuada para usarse en transferencias de custodia.

APENDICE A

DIRECTRICES PARA LA RECALIBRACION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

A1. Introducción.

Esta guía tiene como objetivo proporcionar y una base técnica para los operadores de terminales y dueños de tanques para tomar decisiones acertadas en relación a la frecuencia y verificación de los tanques de almacenamiento. La diferenciación entre el recálculo (de la tabla de capacidad) y la recalibración también se discute junto con los factores que impactan la misma.

A2. Terminología.

A.2.1. Recálculo (de la tabla de capacidad) es el proceso del desarrollo de la revisión de una tabla de capacidad, basado en los diámetros del tanque establecidos previamente.

A.2.2. Recalibración (también conocido como re-cintado) es el proceso de restablecimiento de los diámetros del tanque a través de medidas físicas y de desarrollar una nueva tabla de capacidad basada en los diámetros del tanque.

A.3 Factores que impactan el recálculo.

El recálculo debe ser considerado cuando las variables de operación del tanque de almacenamiento cambian. Estas variables son la temperatura del producto, gravedad

específica del producto contenida dentro del tanque, y la medida de la altura de referencia.

A.4. Factores que impactan la recalibración.

A.4.1 La recalibración debe ser considerada cuando las dimensiones internas y las variables estructurales del tanque cambian. Las medidas variables incluyen la medida de la altura de referencia, diámetro del tanque, espesores de lámina del tanque, e inclinación.

A.4.2 Las variables estructurales incluyen cambios en la obra muerta del tanque, medida de altura de referencia, estructura del tanque (tanto internos como externos incluyendo techos flotantes), y reparaciones al tanque y fondo de tanque (reemplazo del fondo).

A.5. Volumen global aceptable, variabilidad y tablas de criterio.

A.5.1 En orden a establecer aceptación a los límites de variación en medidas y variables de operación una determinación debe hacerse a lo que es la variabilidad total en el volumen del tanque que podría ser considerada significativa. Tal determinación puede ser hecha con tablas de criterio.

A.5.2 Las tablas A-1, A-2 y A-3 proporcionan tablas de criterio para recalibración mientras que las tablas A-4 y A-5 proporcionan tablas de criterio para recálculo. Incluyendo en la variación permitida en diámetro sea admisible un error promedio de medida de 6 mm en circunferencia en el cintado del anillo del fondo del tanque.

Tabla A-1 – Variaciones internas de diámetro en el fondo del tanque

Variaciones aproximadas en base al % de volumen	Diámetro nominal Pies					
	50	100	150	200	250	300
	Variaciones permisibles en el diámetro mm2					
0,01-0,02	3	4	4	5	6	7
0,02 - 0,03	4	5	7	9	10	12
0,03 - 0,04	4	7	10	12	15	18
0,04 - 0,05	5	9	12	17	20	24
0,05 - 0,06	6	10	15	20	25	30

Tabla A-2 Fondo del tanque contra espesor de placa

Diámetro nominal del tanque, pies	variación de espesor de placa, mm2
50 - 300	1,5 - 3

El espesor de la placa medida en 8 puntos circunferenciales promedio en el inferior

Tabla A-3 - Corrección de volumen por inclinación del tanque.

Inclinación pies/100 pies	Factor de corrección de volumen, %	Observaciones
1,4	0,010	Medir la inclinación en el mismo lugar
1,6	0,013	Calcular la variabilidad del volumen basado en la inclinación inicial y final.
1,8	0,016	Variación máxima permisible de inclinación 0,024%, % vol.
2	0,020	
2,2	0,024	
2,4	0,029	Una variación de 0,005% debe ser considerado importante, para justificar una recalibración.
2,6	0,034	

Tabla A-3 - Corrección de volumen por inclinación del tanque.

Variación lámina por temp, Ts °F	Variación por temperatura ambiente, TA °F	Variación por temperatura del líquido, TL °F	Variación aproximada en volumen, %
9	72,000	10,000	0,010
18	145	20	0,03
35	----	40	0,04
70	----	80	0,07

Nota: La temperatura de la pared, puede variar debido a la variación de la temperatura ambiente.

Nota: La tabla A-4 es actualizada debido a las publicaciones debido al uso de las nuevas correlaciones de la temperatura de la lámina.

Tabla A-5 - Variación en el producto por Gravedad específica

Variación en gravedad específica, %	Variación aproximada en volumen, %
10	0,008 - 0,015
20	0,015 - 0,030
30	0,030 - 0,040
40	0,040 - 0,050
50	0,050 - 0,065

La variación real decorrección hidrostática de volumen en función del espesor de la lámina de tanque.

A.6 Directrices para la recalibración, medición de variables^{A-1}

A.6.1 Para tanques en servicio de transferencias de custodia, verificación del diámetro del anillo del fondo, espesores de lámina del anillo del fondo, y la inclinación del tanque se sugiere una vez cada cinco años. Si cualquiera de estos tres parámetros (diámetro, espesor, e inclinación) excede los criterios para una predeterminada variación en volumen (ver tablas A-1, A-2 y A-3), una recalibración total debe ser

considerada. Estas variaciones en el diámetro interno del tanque deben ser calculadas después de enfatizar el diámetro a cero condición de tensión (estrés) usando las correlaciones presentadas en II.2A.19.5.

A.6.2 Para los tanques fuera de servicio de transferencia de custodia, la verificación de las variables de medición (diámetro, espesores del anillo del fondo, e inclinación) pueden ser consideradas una vez cada cinco o diez años. Si cualquiera de estas variables excede los criterios para una variación en volumen preestablecida (ver tablas A-1, A-2 y A-3), una recalibración total debe ser considerada.

A.6.3 Los tanques cambian con el tiempo y servicio, y los cambios de volumen no pueden ser fácilmente identificados por una inspección visual o la verificación del procedimiento anterior. Debido a esto se considera una práctica justificable recalibrar los tanques sobre una base periódica para asegurar una buena exactitud de medida. Una recalibración total en intervalos de 15 años para tanques en servicio de transferencias de custodia, y de 15 a 20 años para los otros es razonable.

A.6.4 Los propietarios de los tanques pueden aumentar o disminuir la frecuencia de calibración basados en la evaluación de datos históricos, pruebas de campo y registros de rendimiento. Es recomendable que cada evaluación este basada en principios de ingeniería de sonido y en general en consistencia con las tablas de criterio presentadas en el mismo.

A.7 Directrices para la recalibración, variables estructurales.

El siguiente es un listado de las directrices para recalibración considerando las variables estructurales:

- a. Si hay un cambio en la obra muerta que impacte el volumen del tanque, por un valor preestablecido (por ejemplo 0,02%), una recalibración debe ser considerada.
- b. Si modificaciones en la pared del tanque se llevan a cabo, las láminas son cortadas y reemplazadas, los respiradores de los reboses son cortados y nuevamente soldados, una recalibración puede ser requerida.
- c. Si la medida de la altura de referencia es modificada por alteraciones en la placa del fondo o resoldados o resoportado de la placa de fondo, una recalibración puede ser requerida.
- d. Si cualquier trabajo de reparación del techo flotante podría alterar el peso muerto del techo flotante que a su vez podría alterar el volumen del tanque por un valor predeterminado (por ejemplo 0,02 %), una recalibración debe ser considerada.
- e. Si un trabajo de reparación mayor en la placa del fondo es llevado a cabo, una recalibración total debe ser considerada a lo largo con un estudio del fondo.

A.8. Directrices para recálculo.

A.8.1 Las dos mayores variables que impactan el recálculo de la tabla de capacidad del tanque son la temperatura de la lámina del tanque (T_s) y la gravedad del producto

almacenado dentro del tanque. Adicionalmente la variación de la medida de la altura de referencia afectará el recálculo bajo estas circunstancias.

A.8.1.1 Una variación en la temperatura del líquido (T_l), temperatura ambiente (T_a), o ambas impactarán la temperatura neta de la lámina del tanque (T_s). Para una preseleccionada variación de volumen aceptable, la tabla A-4 proporciona las variaciones de temperatura de las láminas aceptable (usando una nueva correlación, ver II.2.A.19.6.1.1) y las variaciones correspondientes en líquido o temperatura ambiente. Bajo estas circunstancias un recálculo de la tabla de capacidad debe ser considerado.

A.8.1.2 La tabla A-5 proporciona criterios para variaciones de gravedad. Usando la tabla A-5 en dependencia de la variación de volumen permitido, la variación de la gravedad específica permitida puede ser determinada.

A.8.2 Si la medida de la altura de referencia es alterada por modificaciones de la placa de fondo, o resoldada o resoportada la placa de fondo, un recálculo puede ser requerido.

A.8.3 Si cualquier trabajo de reparación del techo flotante podría alterar el peso muerto del techo flotante que a su vez podría alterar el volumen del tanque por un valor predeterminado (por ejemplo 0,02 %), un recálculo debe ser considerado.

A.9 DESARROLLO DE LA TABLA DE CAPACIDAD

A facilitar el recálculo, se sugiere que la tabla de capacidad sea desarrollada en tres distintas partes:

- a.** Parte 1: Tabla de capacidad básica a 60°F, incluyendo la corrección de l presión hidrostática y la corrección de la obra muerta.
- b.** Parte 2: La tabla de factores de temperatura de expansión de la lámina en incrementos de 5°F.
- c.** Parte 3: Tabla de corrección de techo flotante. El recálculo puede ser requerido para cualquiera o todas las tres partes (1, 2 y 3) de la tabla en función de las variables.

APENDICE B – EJEMPLO DE CALCULO PARA TANQUES CILINDRICOS VERTICALES DE ACERO – SOBRE EL SUELO.

B.1 Correcciones de circunferencia.

B.1.1 CORRECCIONES DE CIRCUNFERENCIAS: CINTA DE TRABAJO VS. CINTA MAESTRA.

Ver figura B-2.

Cinta maestra a 10 libras de tensión = 100.026 pies por 100 pies medidos.

$$\frac{100.0026}{100 \text{ pies}} = \frac{X}{210.68 \text{ pies}} ; \frac{X = 210.6855 \text{ pies}}{\text{Medida de la cinta maestra corregida a } 68^{\circ}\text{F}}$$

B.1.2 CORRECCION DE TEMPERATURA DE 68°F A 60°F.

Ver figura B-2

(68°F-60°F) = 8°F de diferencia * 0.00000645 coeficiente de expansión.

$$1.0 - (8 * 0.00000645) = 0.9999484$$

$$0.9999484 * 210.6855 = 210.6746 \text{ pies (Medida de la cinta maestra corregida a } 60^{\circ}\text{F).}$$

210.6900 pies Circunferencia con cinta de trabajo.

- 210.6746 pies Circunferencia con cinta maestra.

- 0.0154 pies Corrección hecha a la circunferencia de cada cinta de trabajo.

B.1.3 DEDUCCION PARA CIRCUNFERENCIA POR LEVANTAMIENTO DE CINTA

Ver tabla B-2

Corrección de levantamiento de cinta para circunferencias A y B debido a medidas tomadas de Butt Straps, en pies.

$$= \left[\frac{2NtW}{d} + \frac{8Nt}{3} \sqrt{\frac{t}{d}} \right] \div 12$$

Donde:

N = número de Butt Straps por anillo.

t = suma de levantamientos (espesores de Straps), en pulgadas.

W = ancho de Straps, en pulgadas.

d = diámetro nominal del tanque, en pulgadas.

$$\text{Corrección}_A = \left[\frac{2 * 14 * 1 * 13}{804} + \frac{8 * 14 * 1}{3} \sqrt{\frac{1}{804}} \right] \div 12 = 0.1474 \text{ pies.}$$

$$\text{Corrección}_B = \left[\frac{2 * 14 * 0.75 * 10}{804} + \frac{8 * 14 * 0.75}{3} \sqrt{\frac{0.75}{804}} \right] \div 12 = 0.0930 \text{ pies.}$$

La corrección de cinta alzada para la circunferencia de C a F debido a la medida

$$\text{tomada encima del lap Joint.} = \left[\frac{4Nt}{3} * \sqrt{\frac{t}{2d}} \right] \div 12$$

$$\text{Corrección}_C = \left[\frac{4 * 14 * 0.3125}{3} * \sqrt{\frac{0.3125}{2 * 804}} \right] \div 12 = 0.0068 \text{ pies}$$

$$\text{Corrección}_D = \left[\frac{4 * 14 * 0.25}{3} * \sqrt{\frac{0.25}{2 * 804}} \right] \div 12 = 0.0048 \text{ pies}$$

Corrección_E = Corrección_D -el mismo- = 0.0048 pies

Corrección_F = Corrección_D -el mismo- = 0.0048 pies

B.1.4 CORRECCION DE MEDIDAS DE CIRCUNFERENCIA EN BASE DE TANQUE VACIO.

Ver tabla B-2 y figura B-1

$$\text{Corrección para circunferencias} = -\frac{WhC^2}{2\pi Et}$$

Donde:

W = peso del líquido, en libras por pie cúbico.

h = altura del líquido, en pies.

C = medida de la circunferencia, en pies.

E = modulo de elasticidad del acero (29000000 psi).

t = espesor del acero, en pulgadas.

$$\text{O más conveniente expresado como: } -K \frac{GhC^2}{t}$$

Donde:

$$K = \frac{62.3}{24\pi E} = 0.00000002849239$$

G = gravedad especifica del líquido en el tanque (1.0 en este ejemplo)

Corrección_A = ninguna corrección. En los tanques remachados, la circunferencia de la parte inferior del primer anillo no se expande o contrae en una magnitud igual a la reflejada por la fórmula.

$$\text{Corrección}_B = K \left[\frac{1 * 31.2917 * (210.6496)^2}{0.4375} \right] = 0.0904 \text{ pies}$$

$$\text{Corrección}_C = K \left[\frac{1 * 23.3334 * (210.6146)^2}{0.3125} \right] = 0.0944 \text{ pies}$$

$$\text{Corrección}_D = K \left[\frac{1 * 15.2084 * (210.5946)^2}{0.25} \right] = 0.0769 \text{ pies}$$

$$\text{Corrección}_E = K \left[\frac{1 * 7.2501 * (210.5896)^2}{0.25} \right] = 0.0366 \text{ pies}$$

$$\text{Corrección}_F = K \left[\frac{1 * 0.8835 * (210.5746)^2}{0.25} \right] = 0.0045 \text{ pies}$$

Corrección_F = ninguna corrección.

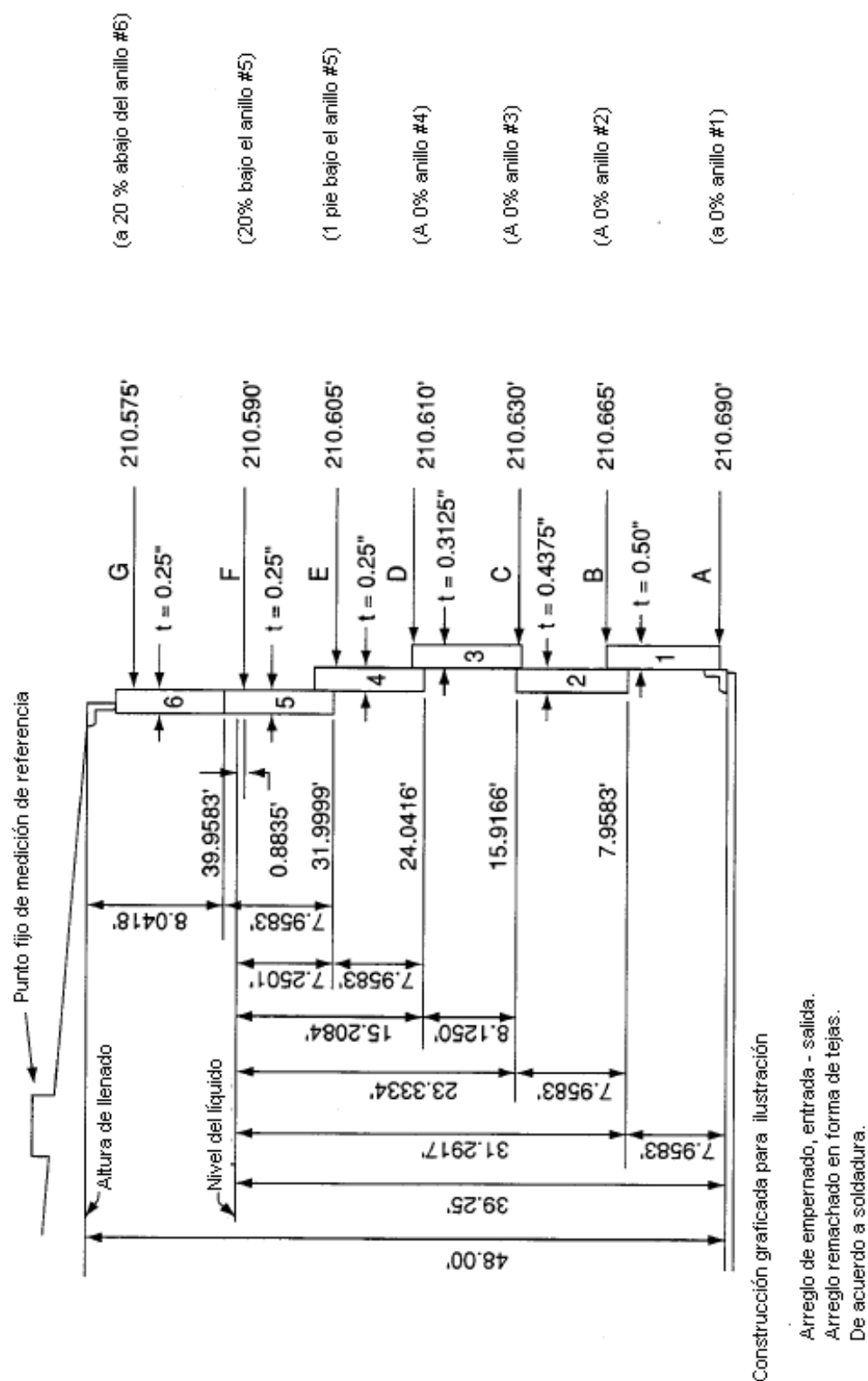


Figura B-1 - Composición de construcción de un tanque cilíndrico vertical.

Departamento de Comercio de los Estados Unidos
Instituto Nacional de Normalización y Tecnología
Gaithersbur , Maryland 20899

Reporte de calibración

Para: 100 Pies de cinta de acero Lufkin.

NIST N° 15557

Enviado por:

Esta cinta fue calibrada bajo tensión mientras se encontraba apoyada en una superficie plana horizontal. Las distancias entre los puntos terminales de los intervalos indicados tienen las siguientes longitudes de 20 grados centígrados (68 grados Fahrenheit).

TENSION (libras)	INTERVALO (pies)	LONGITUD (pies)	INCERTIDUMBRE (pies)
10	0 a 50	50.0019	0.0005
10	0 a 100	100.0026	0.0010
30	0 a 100	100.0210	0.0010

La incertidumbre se basa en los límites impuestos por los estándares usados para la calibración, la longitud del intervalo, el carácter de los puntos terminales, y el comportamiento de la cinta.

Los puntos terminales de los intervalos indicados son los centros de las graduaciones cerca del borde de la cinta donde las graduaciones aparecen más cortos.

El valor de AE promedio para esta cinta es 109091 libras. (AE = elasticidad media)

El peso medio por pie de esta cinta es 0.01296 libras.

La expansión térmica de esta cinta es 0,00000645 ft/ft/ °F

La relación exacta entre el sistema internacional de unida y las unidades de EE.UU. habituales de longitud es un pie equivale a 0,3048 metros.

Las tablas de longitudes calculadas y tensión para diversas temperaturas y suspensiones se adjuntan. Las tablas se calcula a partir de la ecuación de la cinta catenaria y las constantes físicas de cinta. Todos los puntos de apoyo están igualmente espaciadas a lo largo de una línea horizontal y la tensión se aplica horizontalmente.

La medición se hizo por _____

Para el Director

Orden N° GD-024
Prueba N° 821/25076-92
Fecha: Mayo 12 de 1992

Dr. Dennis A. Swyt, Jefe
División de ingeniería de precisión.
Centro de fabricación de ingeniería.

Figura B-2 - Típico informe NIST de calibración.

Medidas de obra muerta (continua de la Tabla B-1)

Descripción	Nº	Medida	Elevación	
			Desde	Hasta
Parte inferior del ángulo	1	6*4*1/4 en 16,2 lb*210,6'	0' 0"	0' 6"
Bases de columna	1	8" canal a 11,5 lb*7,5'	0' 3 1/2"	0' 11 1/2"
Columna	1	12" canal a 20,7 lb	0' 11 1/2"	48' 0"
Columna	1	9" canal a 13,4 lb	0' 11 1/2"	48' 0"
Dentro del cinteado	14	17"*1/2 a 28,9 lb	0' 6"	7' 11 1/2"
Dentro del cinteado	14	15"*1/2 a 19,13 lb	7' 11 1/2"	15' 11"
Ingreso hombre	2	20" Diámetro * 7"	1' 6"	3' 6"
Sumideros	1	24" Diámetro * 10"	por debajo de 0' 0"	
Vigas	35	6" canal a 8,2 lb	47' 6"	48' 0"

Nota: Tipo de fondo de tanque 3,5" sobre el centro.

Tipo de techo - 8 8 "de diámetro techo flotante de aluminio , las operaciones de medición 3'6" a la parte inferior del piso.

pies(')= pies, Nº = numeros; pulgadas(") = Inch(es), Med = Medidas; lbs = libras, Dif. = Diferencia; Prom.

Liq. Temp.= Temperatura promedio del líquido.

TABLA B-2 - Resumen de las correcciones de las circunferencias

Circunf	Medidas circ. Pies	Correp menor de cinta maestra	Menor incre cinta	Menor cabeza liq.	Menor esp. Lámina	Corrección de circunf. interna
A	210,690	0,0154	0,1474	0	0,2618	210,2654
B	210,655	0,0154	0,0930	0,0904	0,2291	210,2371
C	210,630	0,0154	0,0068	0,0944	0,1636	210,3498
D	210,610	0,0154	0,0048	0,0769	0,1309	210,3820
E	210,605	0,0154	0,0048	0,0366	0,1309	210,4173
F	210,590	0,0154	0,0048	0,0045	0,1309	210,4344
G	210,575	0,0154	Ninguno	Ninguno	0,1309	210,4287

Nota: circ = circunferencia; correp = corrección; incre = incremento; liq = Líquido; esp = espesor

B.1.5 CORRECCION DE EXTERNA DE LA CIRCUNFERENCIA INTERIOR

Deducción de la circunferencia por espesor de lámina = $\pi/6$

Donde:

t = Espesor de placa en pulgadas.

Nº de anillo	Espesor (pulg)	Corrección (pies)
1	0,5	0,2618
2	0,4375	0,2291
3	0,3125	0,1636
4	0,25	0,1309
5	0,25	0,1309
6	0,25	0,1309

Tabla B-1 - Registro de la medición de un tanque de acero cilíndrico vertical para el ejemplo de cálculo

Fecha: 05/19/92

Cintado por: WS - SL

Tanque N°: 117

(N° antiguo del tanque): N/A

Propietario: S.R. Co

Planta o nombre de propietario: Corley Terminal

Dirección: Corley Illinois

Fabricado por: Braker Plate Co.

Construido por: Baker Plate Co.

Preparar 3 copias: 1 pulgada, Incremenros: galones; Fracciones: Ninguna

Forma de la tabla y tamaño deseado: S.R. Co. Forma 746, 11 por 17½ pulgadas

A. Altura total de lámina: 48' 0"

B. Punto de medición de lámina 0' 6½"

C. Total de A más B. 48' 6½"

D. Total de altura de medición 48' 6½"

Distancia horizontal del punto de medición a lámina del tanque: 2' 0"

Describir el punto de medición: borde superior de la compuerta de 8 pulg de diámetro 8", opuesto a las bisagras

Ubicación del rebose en la parte superior de la pared: 2' 6"

Altura de seguridad de llenado (medida): 45' 5¼" or el cliente: N/A

Tipo de techo: Cónico (¼ pulgada, 12 pulgadas de pendiente) Peso del techo flotante: 4900 libras

Nombre del contenido del tanque: Agua Temperatura promedio del líquido °F: 72

Medida: 39' 3"; Tanque en uso: Gasolina; Gravedad API: 60,0 a 60°F.

Medida de cinta maestra: 210,680' a 10 lbs de tensión NIST N° 15557

Circunferencia de cinta de trabajo: 210,690' a 20n lbs de tensión

Diferencia 0,01'

Circunferencia de lámina:

A. 210,690'

D. 210,610'

G. 210,575'

B. 210,655'

E. 210,605'

H.

C. 210,630'

F. 210,590'

J.

Descripción de láminas del plato y juntas

N° anillo	Espeor	Tipo de junta vert	Config. Dentro / fuera	Ancho de la 1 vuelta, pulg	Espeor de soldadura	N° de secciones	Incidencia altura del anillo
1	¼	Tope remache	Fuera	13	1.00	14	7' 11½"
2	2/16	Tope remache	Dentro	10	0.75	14	7' 11½"
3	5/5/16	Vuelta remache	Fuera	2½"	--	14	8' 1½"
4	¼	Vuelta remache	Dentro	2	--	14	7' 11½"
5	¼	Vuelta soldadura	Dentro	1½/16	--	14	7' 11½"
6	¼	Tope soldadura	--	--	--	14	8' 0½"
7	--	--	--	--	--	--	--

B.1.6 ADICIONAL TENSION DE CABEZA DE LÍQUIDO A CIRCUNFERENCIAS INTERNAS.

Las mismas fórmulas usadas en B.1.4 pueden usarse a calcular la expansión de la lámina del tanque.

Este cálculo expande la lámina del tanque basado en la densidad de producto a ser almacenado en el tanque. Esta corrección es usada para determinar un promedio de tensión del diámetro interno del tanque. Por el uso de la tensión del diámetro interno del tanque, la expansión y contracción de la lámina del tanque debido a la cabeza del líquido es más representativa para cálculo de volumen.

$$\text{Corrección} = K \frac{GhC^2}{t}$$

Donde:

G = gravedad especifica a 60°F del líquido a ser almacenado en el tanque (0.7389 en el ejemplo).

Corrección_A = ninguna corrección.

$$\text{Corrección}_B = K \left(\frac{0.7389 * 7.9583 * (210.2371)^2}{0.4375} \right) = 0.0169 \text{ pies}$$

$$\text{Corrección}_C = K \left(\frac{0.7389 * 8.1250 * (210.3498)^2}{0.3125} \right) = 0.0242 \text{ pies}$$

$$\text{Corrección}_D = K \left(\frac{0.7389 * 7.9583 * (210.3820)^2}{0.25} \right) = 0.0297 \text{ pies}$$

$$\text{Corrección}_E = K \left(\frac{0.7389 * 1.0000 * (210.4173)^2}{0.25} \right) = 0.0037 \text{ pies}$$

$$\text{Corrección}_F = K \left(\frac{0.7389 * 1.5917 * (210.4344)^2}{0.25} \right) = 0.0059 \text{ pies}$$

$$\text{Corrección}_G = K \left(\frac{0.7389 * 1.6084 * (210.4287)^2}{0.25} \right) = 0.0060 \text{ pies}$$

Circunferencia interna B, anillo lleno tensionado= 210.2371+0.0169 = 210.2540 pies.

Circunferencia interna C, anillo lleno tensionado= 210.3498+0.0242 = 210.3740 pies.

Circunferencia interna D, anillo lleno tensionado= 210.3820+0.0297 = 210.4117 pies.

Circunferencia interna E, anillo lleno tensionado= 210.4173+0.0037 = 210.4210 pies.

Circunferencia interna F, anillo lleno tensionado= 210.4344+0.0059 = 210.4405 pies.

Circunferencia interna G, anillo lleno tensionado= 210.4287+0.0060 = 210.4347 pies.

B.1.7 CÁLCULO INCREMENTAL DE VOLUMEN.

Los siguientes cálculos determinan el volumen incremental en pulgadas para cada anillo cuando este se encuentra lleno de aceite, en este caso, 60° API, 0.7389 gravedad específica (ver figura B-1).

Anillo No. 1

Circunferencia interna A : 210.2654

Circunferencia interna B más 0.2291 de espesor del plato : $\frac{210.4662}{420.7316}$

Circunferencia llena tensionada = $\frac{420.7316}{2}$ = 210.3658 pies

Radio interno = $\frac{210.3658}{2 * \pi} * 12$ = 401.7691 pulgadas

Volumen incremental = $\pi * (401.7691)^2 \div 9702$ = 52.2687 Barriles por pulgada.

Anillo No. 2

Circunferencia interna B, anillo completamente tensionado : 210.2540

Circunferencia interna C menos 0.2291 de espesor de lámina : $\frac{210.1207}{420.3747}$

Circunferencia completamente tensionada= $\frac{420.3747}{2}$: 210.1874 pies

$$\text{Radio interno} = \frac{210.1874}{2 * \pi} * 12 = 401.4284 \text{ pulgadas}$$

$$\text{Volumen incremental} = \pi * (401.4284)^2 \div 9702 = 52.1801 \text{ Barriles por pulgada.}$$

Anillo No. 3

Circunferencia interna C, anillo completamente tensionado: 210.3740

Circunferencia interna D más 0.1309 de espesor de lámina: $\frac{210.5426}{420.9166}$

$$\text{Circunferencia completamente tensionada} = \frac{420.9166}{2} = 210.4583 \text{ pies}$$

$$\text{Radio interno} = \frac{210.4583}{2 * \pi} * 12 = 401.9457 \text{ pulgadas}$$

$$\text{Volumen incremental} = \pi * (401.9457)^2 \div 9702 = 52.3147 \text{ Barriles por pulgada.}$$

Anillo No. 4

Circunferencia interna D, anillo completamente tensionado: 210.4117

Circunferencia interna E, anillo completamente tensionado: $\frac{210.4210}{420.8327}$

$$\text{Circunferencia completamente tensionada} = \frac{420.8327}{2} = 210.4164 \text{ pies}$$

$$\text{Radio interno} = \frac{210.4164}{2 * \pi} * 12 = 401.8657 \text{ pulgadas}$$

$$\text{Volumen incremental} = \pi * (401.8657)^2 \div 9702 = 52.2938 \text{ Barriles por pulgada.}$$

Anillo No. 5

Circunferencia interna F, anillo completamente tensionado : 210.4405

$$\text{Radio interno} = \frac{210.4405}{2 * \pi} * 12 = 401.9117 \text{ pulgadas}$$

$$\text{Volumen incremental} = \pi * (401.9117)^2 \div 9702 = 52.3058 \text{ Barriles por pulgada.}$$

Anillo No. 6

Circunferencia interna G, anillo completamente tensionado : 210.4347

$$\text{Radio interno} = \frac{210.4347}{2 * \pi} * 12 : 401.9007 \text{ pulgadas}$$

Volumen incremental = $\pi * (401.9007)^2 \div 9702 = 52.3029$ Barriles por pulgada.

B.1.8 INCREMENTO VOLUMÉTRICO POR CADA ANILLO, POR CADA PULGADA DE CABEZA DE LIQUIDO POR ENCIMA DEL ANILLO.

$$\text{Incremento volumétrico } (\Delta V) = \frac{\pi * W * G * d^3 * h}{4 * E * t}$$

Donde:

W = 62.3 Libras/pie cúbico.

G = 0.7389 gravedad específica a 60 °F de líquido a ser almacenado en el tanque.

d = 66.9673 pies promedio de diámetro interior (desde el anillo de circunferencia completamente tensionado).

h = altura del anillo en pulgadas.

t = espesor de la lámina en pulgadas.

E = modulo de elasticidad del acero (29000000 PSI).

$$\text{Sea } K = \frac{\pi * W * G * d^3}{4 * E} \text{ donde } K = 0.3744156 \text{ y } \Delta V = K \frac{h}{t}$$

$$\text{Anillo No 1: } \Delta V = \frac{95.5}{0.50} * \frac{0.3744156}{9702} = 0.0074 \text{ Barriles por pulgada.}$$

$$\text{Anillo No 2: } \Delta V = \frac{95.5}{0.4375} * \frac{0.3744156}{9702} = 0.0084 \text{ Barriles por pulgada.}$$

$$\text{Anillo No 3: } \Delta V = \frac{95.5}{0.3125} * \frac{0.3744156}{9702} = 0.0120 \text{ Barriles por pulgada.}$$

$$\text{Anillo No 4: } \Delta V = \frac{95.5}{0.25} * \frac{0.3744156}{9702} = 0.0147 \text{ Barriles por pulgada.}$$

Anillo No 5: $\Delta V = \frac{95.5}{0.25} * \frac{0.3744156}{9702} = 0.0147$ Barriles por pulgada

Anillo No 6: $\Delta V =$ Ninguna

Corrección Incremental

Anillo No 1: Ninguna

Anillo No 2: $0.0074 = 0.0074$ Barriles por pulgada.

Anillo No 3: $0.0074 + 0.0084 = 0.0158$ Barriles por pulgada.

Anillo No 4: $0.0074 + 0.0084 + 0.0120 = 0.0278$ Barriles por pulgada.

Anillo No 5: $0.0074 + 0.0084 + 0.0120 + 0.0147 = 0.0425$ Barriles por pulgada.

Anillo No 6: $0.0074 + 0.0084 + 0.0120 + 0.0147 + 0.0147 = 0.0572$ Barriles por pulgada.

B.2 CÁLCULO DE LA ALTURA DE LA CAPACIDAD DE LA TABLA.

A) Altura de la lámina	48'-0''
B) Lámina a punto de medida	0'-6 ½''
C) A más B	48'-6 ½''
D) Medida de la altura de referencia	<u>48'-6 ¼''</u>
Diferencia	0'-0 ¼'' hasta el punto de golpe.
Altura de la lámina	48'-0''
Menos diferencia	0'-0 ¼''
Menos distancia del rebose	<u>2'-6''</u>
Altura efectiva de la tabla de capacidad	45'-5 ¾''

B.3 CÁLCULO DE LA OBRA MUERTA.

B.3.1 OBRA MUERTA ESTRUCTURAL.

Desde	Hasta	Descripción	Cálculos	Deducción BBLS/INCH
0'-0"	0'-6"	Angulo de fondo	$210.6 \times 12 \times 4.75 / 972 / 6$	-0.2062
0'-3 1/2"	0'-11 1/2"	Base de columna	$7.5 \times 12 \times 3.36 / 9702 / 8$	-0.0039
0'-11 1/2"	46'-0"	Columna del centro	$(6.03 / 3.89) / 9702$	-0.0010
0'-6"	7'-11 1/2"	Correas de fondo	$14 \times 17 \times 0.5 / 9702$	-0.0123
7'-11 1/2"	15'-11"	Correas de fondo	$14 \times 15 \times 0.375 / 9702$	-0.0081
1'-6" - 6"	3'-6"	Entrada de hombre	$20^2 \times 0.7854 \times 7 \times 2 / 9702 / 20$	+0.0227
Debajo	0'-0"	Sumidero	$24^2 \times 0.7854 \times 10 / 9702$	+0.4663
47'-6"	48'-0"	Vigas	Ninguno debido al rebose	-----

Nota: " =Pulgadas, ' = Pies.

B.3.2 COMPUTACION DEL FONDO (3 1/2" DE FONDO CONICO HACIA ARRIBA).

Anillo de fondo, barriles por pulgada = 52.2683

Nota: 1/4" arriba del punto de golpeo, diferencia a ser considerada en la altura de la tabla de capacidad.

$52.2683 \times 3.5 / 3 = 60.9797$ barriles $/(3.5)^3 = 1.4222671$ factor de propagación.

Altura del tanque		Diferencia en altura de propagación	Factor de propagación X Múltiplos
Desde	Hasta	Múltiplos	Barriles por incremento
0'-0"	0'-0 1/4"	$3.5^3 - 3.25^3 = 8.546875$	12.1559
0'-0 1/4"	0'-1 1/4"	$3.25^3 - 2.25^3 = 22.9375$	32.6233
0'-1 1/4"	0'-2 1/4"	$2.25^3 - 1.25^3 = 9.4375$	13.4226
0'-2 1/4"	0'-3 1/4"	$1.25^3 - 0.25^3 = 1.9375$	2.7556
0'-3 1/4"	0'-3 1/2"	$0.25^3 = 0.015625$	0.0223

60.9797 barriles

Nota: " =Pulgadas, ' = Pies.

B.3.3 COMPUTACION DEL TECHO.

Dato = 8 pulgadas de diámetro del pontón, Peso del techo flotante de Aluminio = 4,900 libras calculadas a 60° F, libras por galón = 6.151
Debido al diseño del techo, el techo flotará en la mitad (1/2) del diámetro del pontón.

Desplazamiento

4,900 libras / 6.151 libras/Galón / 42 Galones / Barril = 18.9671 Barriles.

Propagación.

18.9671 barriles / $(4)^2 = 1.1854438$ factor de propagación.

Altura del tanque		Diferencia en altura ² de propagación	Factor de propagación X Múltiplos
Desde	Hasta	Múltiplos	Barriles por incremento
3'- 6 1/4"	3'- 7 1/4"	$1^2 = 1$	1.1854
3'- 7 1/4"	3'- 8 1/4"	$2^2 - 1^2 = 3$	3.5563
3'- 8 1/4"	3'- 9 1/4"	$3^2 - 2^2 = 5$	5.9272
3'- 9 1/4"	3'- 10 1/4"	$4^2 - 3^2 = 7$	8.2982

18.9671 barriles

Nota: ' = pies; '' = pulgadas; Bbls = Barriles.

B.3.4 RECAPITULACION DE OBRA MUERTA.

Note Que las siguientes alturas se permiten calcular, para las diferencias en elevación del punto de golpeo del tanque versus la intersección de la lámina del tanque y fondo.

Altura de la tabla		Obra muerta	Fondo	Techo	Obra muerta Total
Desde	Hasta	estructural	Barriles por pulgada	Barriles por pulgada	Barriles por pulgada
	0'-0"	+0.4147	-12.1559		-11.7412
0'-0"	0'-1"	-0.2062	-32.6233		-32.8295
0'-1"	0'-2"	-0.2062	-13.4226		-13.6288
0'-2"	0'-3"	-0.2066	-2.7556		-2.9622
0'-3"	0'-4"	-0.2087	-0.0223		-0.2310
0'-4"	0'-5"	-0.2101			-0.2101
0'-5"	0'-6"	-0.1616			-0.1616
0'-6"	0'-10"	-0.0162			-0.0162
0'-10"	0'-11"	-0.0158			-0.0158
0'-11"	1'-0"	-0.0144			-0.0144
1'-0"	1'-5"	-0.0133			-0.0133
1'-5"	1'-6"	-0.0076			-0.0076
1'-6"	3'-5"	+0.0094			+0.0094
3'-5"	3'-6"	+0.0037			+0.0037
3'-6"	3'-7"	-0.0133		-1.1854	-1.1987
3'-7"	3'-8"	-0.0133		-3.5563	-3.5696
3'-8"	3'-9"	-0.0133		-5.9272	-5.9405
3'-9"	3'-10"	-0.0133		-8.2982	-8.3115
3'-10"	7'-10"	-0.0133			-0.0133
7'-10"	7'-11"	-0.0128			-0.0128
7'-11"	8'-0"	-0.0107			-0.0107
8'-0"	15'-10"	-0.0091			-0.0091
15'-10"	15'-11"	-0.0070			-0.0070
15'-11"	24'-0"	-0.0010			-0.0010
24'-0"	24'-1"	-0.0010			-0.0010
24'-1"	31'-11"	-0.0010			-0.0010
31'-11"	32'-0"	-0.0010			-0.0010
32'-0"	39'-11"	-0.0010			-0.0010
39'-0"	40'-0"	-0.0010			-0.0010
40'-0"	45'-5"	-0.0010			-0.0010
45'-5"	45'-5 ¼"	-0.0008			-0.0008

Nota. ' = pies; " = pulgadas; Bbls = Barriles.

Tabla B-3A - Hoja de Tabla de Tanque ejecutada							
Desde	Hasta	No. Inc.	Incremento Barriles por pulgada	Corrección de Cabeza de líquido Barriles por pulgada	Deducción Obra muerta	Neto Barriles por pulgada	Barriles Acumulados
	0'- 0''	"	13.0672	0	-11.7412	1.326	1.3260
0'- 0''	0'- 1''	1	52.2687	0	-32.8295	19.4392	20.7652
0'- 1''	0'- 2''	1		0	-13.6288	38.6399	59.4051
0'- 2''	0'- 3''	1		0	-2.9622	49.3065	108.7116
0'- 3''	0'- 4''	1		0	-0.231	52.0377	160.7493
0'- 4''	0'- 5''	1		0	-0.2101	52.0586	212.8079
0'- 5''	0'- 6''	1		0	-0.1616	52.1071	264.9150
0'- 6''	0'- 10''	4		0	-0.0162	52.2525	473.9250
0'- 10''	0'- 11''	1		0	-0.0158	52.2529	526.1779
0'- 11''	1'- 0''	1		0	-0.0144	52.2543	578.4322
1'- 0''	1'- 5''	5		0	-0.0133	52.2554	839.7092
1'- 5''	1'- 6''	1		0	-0.0076	52.2611	891.9703
1'- 6''	3'- 5''	23		0	0.0094	52.2781	2094.3666
3'- 5''	3'- 6''	1		0	0.0037	52.2724	2146.6390
3'- 6''	3'- 7''	1		0	-1.1987	51.07	2197.7090
3'- 7''	3'- 8''	1		0	-3.5696	48.6991	2246.4081
3'- 8''	3'- 9''	1		0	-5.9405	46.3282	2292.7363
3'- 9''	3'- 10''	1		0	-8.3115	43.9572	2336.6935
3'- 10''	7'- 10''	48		0	-0.0133	52.2554	4844.9527
7'- 10''	7'- 11''	1		0	-0.0128	52.2559	4897.2086
7'- 11''	8'- 0''	1	52.2023	0.0056	-0.0107	52.1972	4949.4058
8'- 0''	15'- 10''	94	52.1801	0.0074	-0.0091	52.1784	9854.1754
15'- 10''	15'- 11''	1	52.2811	0.0137	-0.0070	52.2878	9906.4632
15'- 11''	24'- 0''	97	52.3147	0.0158	-0.0010	52.3295	14982.4247
24'- 0''	24'- 1''	1	52.299	0.0248	-0.0010	52.3228	15034.7475
24'- 1''	31'- 11''	94	52.2938	0.0278	-0.0010	52.3206	19952.8839
31'- 11''	32'- 0''	1	52.3028	0.0388	-0.0010	52.3406	20005.2245
32'- 0''	39'- 11''	95	52.3058	0.0425	-0.0010	52.3473	24978.2180
39'- 11''	40'- 0''	1	52.3036	0.0535	-0.0010	52.3561	25030.5741
40'- 0''	45'- 5''	65	52.3029	0.0572	-0.0010	52.3591	28433.9156
45'- 5''	45'- 5 ¼''	1	39.2272	0.0429	-0.0008	39.2693	28473.1849

Nota: '' =Pulgadas, ' = Pies.

**TABLA B-3B – HOJA DE CORRIDA PARA CONVERSIONES LIGERAS
DEL SISTEMA METRICO**

La hoja de ejecución siguiente es una conversión ligera de la hoja de ejecución del ejemplo anterior. Los volúmenes anteriores se han multiplicado por un factor que convierte barriles a 60°F a metros cúbicos a 15° C.

El factor es como sigue:

$$\text{Conversión de volumen} = \frac{9702 \text{ pulgadas cúbicas por barril}}{61023.744095 \text{ pulgadas cúbicas por metro cúbico}}$$

igual 0.158973

Conversión de temperatura 15°C=59°F (referirse al apéndice D)

$$K = 1 + \left[(12.4 \times 10^{-6} * \Delta T_s) + (4.0 \times 10^{-9} * \Delta T_s^2) \right]$$

$\Delta T_s = \text{Temperatura de la pared menos } 60^\circ F$

$$\Delta T_s = 59 - 60 = -1$$

$$K = 1 + \left[(0.0000124 * -1) + (0.000000004 * (-1 * -1)) \right]$$

$$K = 0.9999876$$

Ambos factores se multiplican entre sí = 0.158973*0.9999876
= 0.1589853

El siguiente ejemplo muestra como se presenta normalmente la hoja de corrida.

Línea No.	Medida	No.	Metros cúbicos Factor	Total
0	00-00-0/0			0.2108150
1	00-01-0/0	1	3.090547	3.3013620
2	00-02-0/0	1	6.143177	9.4445390
3	00-03-0/0	1	7.839010	17.2835490
4	00-04-0/0	1	8.273230	25.5567790
5	00-05-0/0	1	8.276554	33.8333330
6	00-06-0/0	1	8.284264	42.1175970
7	00-10-0/0	4	8.307381	75.3471210
8	00-11-0/0	1	8.307442	83.6545630
9	01-00-0/0	1	8.307667	91.9622300
10	01-05-0/0	5	8.307842	133.5014400
11	01-06-0/0	1	8.308746	141.8101860
12	03-05-0/0	23	8.311451	332.9735590
13	03-06-0/0	1	8.310536	341.2840950
14	03-07-0/0	1	8.119380	349.4034750
15	03-08-0/0	1	7.742442	357.1459170
16	03-09-0/0	1	7.365504	364.5114210
17	03-10-0/0	1	6.988550	371.4999710
18	07-10-0/0	48	8.307842	770.2763870
19	07-11-0/0	1	8.397904	778.5842910
20	08-00-0/0	1	8.298589	786.8828800
21	15-10-0/0	94	8.295600	1566.6692800
22	15-11-0/0	1	8.312972	1574.9822520
23	24-00-0/0	97	8.319622	2381.9855860
24	24-01-0/0	1	8.318601	2390.3041870
25	31-11-0/0	94	8.318207	3172.2156450
26	32-00-0/0	1	8.321433	3180.5370780
27	39-11-0/0	95	8.322452	3971.1700180
28	40-00-0/0	1	8.323889	3979.4939070
29	45-05-0/0	65	8.324328	4520.5752270
30	45-05-3/4	1	6.243270	4526.8184970

No=Número.

APENDICE C – GUIAS PARA EL INGRESO AL ORDENADOR.

C.1 Introducción.

C.1.1 A lo largo de la industria, muchas compañías están instalando tablas de capacidad de tanques dentro de sus sistemas informáticos. Programas de inventario y muchos otros sistemas requieren el ingreso de la tabla de capacidad con la finalidad de determinar las cantidades en sus instalaciones. Con la finalidad de duplicar con precisión las tablas de capacidad existentes en los sistemas informáticos, los factores de incrementos deben ser utilizados para asegurar las cantidades precisas en las medidas de niveles de líquido.

C.1.2 Una replica exacta de las tablas de capacidad en los sistemas informáticos son requeridos para las recepciones de custodia transferencia. Factores incrementales son datos usados para generar exactitud de las tablas de capacidad en forma condensada. Factores incrementales se refieren comúnmente como Hoja de corrida, puntos críticos o esqueleto de la tabla (Referirse al apéndice B, Tabla B-3A y Tabla B-3B).

C.1.3 Los factores de incremento en disco deben ser solicitados por el contratista en el momento de la calibración de los tanques. Estos datos están normalmente disponibles en formato ASCII utilizando el sistema operativo MS DOS.

C.2 Criterio

C.2.1 CONSIDERACIONES INCREMENTALES DE VOLUMEN.

Cuando se inicia la preparación de la tabla de capacidad, la unidad de volumen y el incremento de la altura deben tomarse en consideración.

Las unidades de volumen son comúnmente barriles, galones, metros cúbicos, litros y pies cúbicos. La altura incremental es la diferencia entre los niveles de capacidad en la tabla de capacidad. La altura incremental puede ser 1 pulgada, $\frac{1}{4}$ de pulgada, $\frac{1}{8}$ de pulgada, $\frac{1}{16}$ de pulgada, 0.1 pies, 0.01 pies, 1centímetro o 1 milímetro. Los volúmenes y alturas incrementales más comunes expresadas en las tablas de capacidad son barriles / pulgada, metros cúbicos / centímetro con valores fraccionales promedio de $\frac{1}{16}$ de pulgada y 1 milímetro respectivamente.

C.2.2 FRACCIONES

Los valores fraccionales no deben ser mostrados en la tabla de capacidad, debido a que los valores fraccionales son un valor promedio. Cuando los valores fraccionarios se utilizan, las cantidades no coinciden con los volúmenes exactos generados por un programa informático. Por interpolación entre los volúmenes incrementales los volúmenes son más precisos, y la interpolación manual coincidirá con los volúmenes generados por computadora.

2.2.3 DESARROLLO DE FACTOR DE INCREMENTO

Los Factores incrementales son básicamente dos temas, Volúmenes cilíndricos y el Desplazamiento de obra muerta.

C.2.3.1 Los volúmenes cilíndricos son los volúmenes finales corregidos por cada anillo o curso de que el tanque es construido. Si un tanque tiene seis anillos, entonces, son seis volúmenes separados por incremento para cada nivel de altura. Si el tanque tiene seis de ocho pies (8 pulgadas pies-O) anillos de altura, entonces un volumen diferente por cada incremento se mostrará de 0 pies a 8 pies, 8 pies a 16 pies, 16 pies a 32 pies, etc. Para ver un ejemplo véase el Apéndice B.

C.2.3.2 La obra muerta se define como cualquier pertenencia que adiciona o reduce el volumen por sus dimensiones. El fondo del tanque, techo flotante, sumideros, soportes de techo, tuberías internas afectan la capacidad total del tanque. Estos accesorios se deducen del volumen cilíndrico en relación a la medida de elevación por encima o por debajo del punto de impacto o cero de elevación en la hoja de factor incremental.

C.2.3.3 La longitud de la hoja del factor incremental depende de la cantidad de elevaciones diferentes de obra muerta según como este distribuida en el interior del tanque. La mayoría de la obra muerta es ubicada en el anillo o curso de fondo de un tanque. Los factores incrementales tendrán muchas líneas de volúmenes diferentes de cero de la parte superior del anillo o curso de fondo. Por encima del anillo del fondo, será sólo el volumen incremental (menos obra muerta) de los anillos o cursos sucesivos del tanque.

C.2.3.4 Si menos datos de las líneas de los factores incrementales de la tabla de capacidad se utilizan en un sistema informático, entonces la precisión de la replica de la tabla de capacidad se distorsiona. Si puntos al azar se introducen en una capacidad

como los factores incrementales para un sistema informático, entonces, estos puntos no coincidirán en la tabla de capacidad y no deben ser utilizados para las transacciones de custodia transferencia.

C.2.4 PRECISIÓN EN LA REPLICACIÓN

C.2.4.1 La réplica exacta de las tablas de capacidad es necesaria para todas las transacciones de custodia transferencia. Siempre que sea posible se recomienda que los volúmenes de unidad en las tablas de capacidad sea expresada en números enteros (entero) para facilitar la precisión de la replica.

C.2.4.2 Cuando los volúmenes se expresan a tres decimales o menos (por ejemplo, 2.233,455 metros cúbicos o 14.048,01 barriles), la programación de software debe tener en cuenta el proceso de truncamiento y redondeo. En situaciones que las tablas de capacidad se calculan en barriles, a dos decimales y se expresan en incrementos de una pulgada, la precisión de la replica será en 0,02 barriles en cualquier nivel dado a través del tanque. Esto no es matemáticamente posible para generar una réplica más precisa de volumen cuando la tabla de capacidad certificada se imprime en incrementos de una pulgada con volúmenes de dos decimales y los factores adicionales utilizados en el sistema informático se encuentran en incrementos de 4 pulgadas y siete dígitos significativos.

C.2.5 CONSIDERACIONES DEL SOFTWARE

El desarrollo de un programa informático para la determinación de la capacidad del tanque precisa debe estar basado en los cálculos que se detalla en el capítulo 2.2A. Se debe prestar especial atención a los siguientes ítems:

- a. Factores de incrementos actuales deben ser utilizados para generar capacidades.
- b. Procedimientos apropiados de truncación/redondeo debe ser utilizados.
- c. La elevación del techo flotante en descanso y la zona crítica debe ser definida.
- d. La gravedad API utilizada para calcular la tabla de capacidad debe ser conocida con el fin de calcular el factor de corrección de techo para diferentes densidades en las temperaturas observadas.
- e. Los factores de corrección de la temperatura de la pared son importantes para incrementar la precisión del inventario (ver Apéndice E).
- f. Los factores de corrección de volumen 5B y 6B son necesarios para correcciones de producto a 60 ° F de temperatura observada.

C.3 Verificación

Para las operaciones de custodia, la exactitud del factor incremental debe ser confirmada. Se recomienda que los niveles de la tabla de capacidad y sistema informático sean chequeados para replicas de cinco a seis niveles en la parte baja de 8 pies 0 pulgadas de la tabla de capacidad y de cinco a seis niveles de azar a lo largo del balance de la tabla de capacidad.

C.4 Conclusión

C.4.1 Las directrices presentadas permitirá la replicación exacta de las medidas de las tablas para las transacciones de transferencia de custodia utilizando los sistemas de módem del sistema informático. Estos sistemas proporcionan los medios para la dirección eficiente de las tablas de capacidad del tanque utilizado en las transacciones de transferencia de custodia y control de inventario.

C.4.2 Sin embargo, debe tenerse en cuenta, que el uso de sistemas informáticos no asegura la integridad de la tabla de capacidad, pero depende de los datos primarios de origen. Es importante asegurarse de que la fuente de datos primarios de la tabla de capacidad del tanque esté de acuerdo con los últimos estándares MPMS para obtener la máxima precisión posible con un sistema informático de inventario.

APÉNDICE D

FACTORES DE CORRECCIÓN TEMPERATURA DE LÁMINA

D.1 Determinación temperatura Lamina

D.1.1 El estándar API 2550, Método para la medición y calibración de los tanques cilíndricos verticales, por primera vez en 1965, establece la siguiente ecuación para determinar la temperatura (T_s) de la pared para las cisternas sin aislamiento térmico:

$$T_s = \frac{K * T_L + T_a}{K + 1} \quad (D-1)$$

Dónde:

$K = 1$ (se supone coeficiente de ponderación igual para temperaturas de líquido y ambiente).

T_L = Temperatura del líquido dentro del tanque.

T_a = Temperatura ambiente.

D.1.2 Las investigaciones posteriores han concluido que la temperatura de la lámina es más dependiente a la temperatura del producto y proporcionalmente menos influenciado por la temperatura ambiente.

D.1.3 La temperatura de la lámina puede ser expresada por la siguiente ecuación:

$$T_s = \frac{K * T_L + T_a}{K + 1}$$

Dónde:

$$K = \frac{1}{K_1}$$

$$K = \left[\{4 * (T_L - 150)\} + \{16.5 * v * \mu^{0.5}\} + \{340 * \mu^{0.32}\} + (250 - D) \right] * 10^{-4}$$

μ = Viscosidad: $1 < \mu < 1000$ cp.

V = velocidad del viento: $0 < V < 30$ millas por hora.

T_L = Temperatura del líquido: $T_L < 150$ °F.

T_s = Temperatura de la lámina: °F.

T_a = Temperatura ambiente: °F

D.1.4 El valor de K puede variar desde un mínimo de 2,5 a 30 y subir dependiendo de condiciones extremas (de viscosidad y velocidad del viento).

D.1.5 Para la mayoría de las observaciones, el valor de K se encuentra en entre cinco y diez.

D.1.6 Asumiendo un valor promedio de 7 para K , la ecuación temperatura de la carcasa puede ser simplificada como sigue:

$$T_s = \frac{(7 + T_L) + Ta}{7 + 1} \quad (D-2)$$

$$T_s = \frac{(7 + T_L) + Ta}{8}$$

D.1.7 Esta ecuación simplificada da un coeficiente de ponderación de aproximadamente el 88 por ciento para la temperatura del líquido y 12 por ciento para la temperatura ambiente.

D.1.8 Sin embargo, si se asume un valor de K , de 7, puede introducir un sesgo de menor importancia en la determinación de la temperatura de la lámina para casos extremos. No obstante, un valor de 7 todavía es estimado para rendir una temperatura de lámina más realista que el valor de 1 que se usó en la ecuación D-1. Los datos utilizados para el desarrollo de la nueva ecuación simplificada D-2 es limitada, pero se considera exacta.

D.1.9 Datos adicionales serían bienvenidos en el interés de mejorar la precisión de la ecuación y su aplicación. A continuación, puede ser posible a bien desarrollar los factores promedio de K para diversas agrupaciones de productos.

D.2 Factores de corrección de temperatura de la lámina (VCF) para Expansión y contracción de tanques de acero cilíndricos verticales debido a la temperatura

D.2.1 los tanques sufren expansión o contracción debido a las variaciones en la temperatura ambiente y temperatura del producto. Tal expansión o contracción del volumen del tanque puede calcularse una vez sea determinada la temperatura del tanque.

D.2.2 Para tanques que están aislados, la temperatura del tanque (T) se asume que es la misma que la temperatura del producto (T_L) almacenado dentro del tanque (es decir: $T_S=T_L$). Para las cisternas que no estén aislados, la temperatura de la camisa es un promedio ponderado del ambiente y la temperatura del producto basado en la ecuación D-3.

D.2.3 Una vez la temperatura de lámina es determinada el factor de corrección de temperatura de la lámina (K_C) se calcula utilizando la ecuación D-4.

$$T_S = \frac{(7 * T_L) + T_a}{8} \quad (D-3)$$

$$K_C = 1 + (12.4 * 10^{-6} \Delta T_S) + (4.0 * 10^{-9} \Delta^2 T_S) \quad (D-4)$$

Donde:

T_L = Temperatura del líquido

T_a = Temperatura ambiente

T_S = Temperatura de la lámina.

ΔT_S = Temperatura de la lamina menos 60 °F.

D.3 Aplicación de Corrección de la temperatura de la lámina

Caso 1: Tabla de capacidad a temperatura estándar de 60 ° F

- El volumen a un nivel determinado a 60 ° F = 100.000 barriles
- Temperatura ambiente = 70 ° F
- La temperatura del producto = 300 ° F
- Calcular la capacidad de volumen por encima de la tabla que refleja las condiciones.

Solución:

a. Calcular la temperatura de la lámina T_s , a la temperatura del producto 300 ° F:

$$T_s = \frac{(7 * T_L) + T_a}{8} \quad (D-5)$$

$$T_s = \frac{(7 * 300) + 70}{8}$$

$$T_s = \frac{2170}{8} = 271.25^\circ F$$

b. Calcule el factor de corrección de temperatura de Shell a 271,25 °F:

$$K_C = 1 + (12.4 * 10^{-6} \Delta T_s) + (4.0 * 10^{-9} \Delta^2 T_s)$$

$$\Delta T_s = (T_s - 60)^\circ F$$

$$\Delta T_s = (271.25 - 60)^\circ F$$

$$\Delta T_s = 211.25^\circ F$$

$$K_C = 1 + (12.4 * 10^{-6} * 211.25) + (4.0 * 10^{-9} * 211.25^2)$$

$$K_C = 1.00279801$$

c. Calcular el volumen corregido:

V = Volumen a 60°F x factor de corrección de temperatura de lámina (K_C)

$$V = 100.000 \text{ Bbl} \times 1.00279801$$

$$V = 100,279.80 \text{ Bbl.}$$

Caso 2: Tabla de capacidad ya corregida para una temperatura del producto de 300 ° F

Al convertir una tabla de capacidad existente, que refleja la expansión de la lámina del tanque debido a una temperatura de funcionamiento que se diferencia de la temperatura observada, utilice el siguiente procedimiento:

- El volumen en el nivel dado en 300 ° F = 100,279.8 barriles
- Temperatura ambiente = 70 °F
- Temperatura de la tabla capacidad calculada en 300 ° F
- Calcular la capacidad del producto a una temperatura de 200 ° F

Solución:

- a.** Calcular la temperatura de la lámina a 300 ° F:

$$T_s = \frac{7 * 300 + 70}{8}$$

$$T_s = 271.25^\circ F$$

- b.** Calcular el factor de corrección de temperatura K_C 300 ° F:

$$K_C = 1 + (12.4 * 10^{-6} \Delta T_s) + (4.0 * 10^{-9} \Delta^2 T_s)$$

$$\Delta T_s = (271.25 - 60)^\circ F$$

$$\Delta T_s = 211.25^\circ F$$

$$K_C = 1 + (12.4 * 10^{-6} * 211.25) + (4.0 * 10^{-9} * 211.25^2)$$

$$K_C = 1.00279801$$

- c.** Para corregir el volumen del tanque de temperatura estándar de 60 ° F:

$$V_{60}^F = \frac{100.279,80}{1,00279801} = 100.000,00 bbls$$

- d.** Calcular el nuevo factor de corrección de la temperatura a 200 ° F:

$$T_s = \frac{7 * 200 + 70}{8}$$

$$T_s = 183,75^\circ F$$

$$\Delta T_s = (T_s - 60)^\circ F$$

$$\Delta T_s = (183,75 - 60)^\circ F$$

$$\Delta T_s = 123,75^\circ F$$

$$\text{Nuevo } K_c = 1 + (12,4 * 10^{-6} * 123,75) + (4,0 * 10^{-9} * 123,75^2)$$

$$\text{Nuevo } K_c = 1,00159576 \text{ a } 200^\circ F.$$

e. Calcular la capacidad de Nueva Tabla de volumen a 200 ° F:

$$V \text{ Nuevo} = 100000,00 \text{ bbls} * 1,0015976$$

$$V \text{ Nuevo} = 100159,58 \text{ bbls}$$

Nota: la corrección de temperatura de la lámina no debe ser confundida con el factor de corrección del volumen correspondiente a la temperatura del producto. En el ejemplo anterior, todavía se debe aplicar el factor de corrección del volumen correspondiente a la temperatura observada del producto de 200 o 300 °F como sea el caso, para calcular el volumen del producto contenido en el tanque a 60 ° F.

APÉNDICE E – TANQUE ENTERRADOS

E.1 Condiciones y procedimientos para remediación

Los tanques de almacenamiento enterrados pueden ser contruidos de acero, hormigón u otros materiales, ellos pueden constituirse en cilíndricos horizontales o verticales con fondos o finales cóncavos, rectangular o de forma irregular del fondo con superficies de prisma, u otros sólidos delimitadas por una combinación de superficies planas o curvas. En los grandes tanques subterráneos, más obra muerta puede estar presente que en los tanques sobre tierra de tamaño y forma comparable. Sin embargo, es importante que la obra muerta deba ser cuidadosamente medida.

Los procedimientos siguientes se pueden utilizar para determinar los datos necesarios para la preparación de las tablas de capacidad verticales para tanques subterráneos.

E.1.1 CALIBRACIÓN LÍQUIDA

Probablemente el método más satisfactorio de calibración de tanques subterráneos (inicial y finalmente) es por calibración líquida, como se describe en el estándar API 2555 (ASTM D 1406).

E.1.2 CALIBRACIÓN BASADOS EN MEDIDAS EXTERIOR

Calibración de los tanques subterráneos pueden ser completados siguiendo los procedimientos para las mediciones externas especificadas en esta norma para tanques sobre tierra para el mismo tipo si el método de construcción lo hace posible. Hay que reconocer que la colocación de relleno de tierra puede resultar en

deformaciones del tanque que podría afectar apreciablemente la capacidad del tanque.

E.1.3 CALIBRACIÓN BASADA EN MEDIDAS INTERNAS

Calibración de los tanques subterráneos puede basarse en las mediciones internas. El procedimiento de medición interna, es aplicado a tanques cilíndricos o rectangulares, deben llevarse a cabo mediante la medición de diámetros interiores o de otras dimensiones para más adelante preparar de la tabla de capacidad. Esto involucra las siguientes mediciones:

- a. Un número adecuado de diámetro u otras dimensiones (Ver nota) con su posición aproximada en el tanque.
- b. El volumen y la ubicación de la obra muerta, es de cualquier montaje u objeto que adiciona o sustrae el espacio disponible para el líquido.

Nota: Cuando los planos para el tanque están disponibles, los diámetros y otras las medidas deben ser comparados con los obtenidos a partir de los planos, y cualquier medida que muestran discrepancias importantes en esta comparación debe ser verificada. Un proceso similar de chequeo debería emplearse en todos los casos en que la información sea fiable más allá de las mediciones tomadas estén disponible.

E.2 MEDICIONES DE DIÁMETRO DE TANQUES CILINDRICOS VERTICALES ENTERRADOS

E.2.1 Deben medirse los diámetros después de que el tanque sea llenado al menos una vez con el líquido al menos tan denso como el líquido que va a contener. La usual prueba hidrostática, es hecha, para que cumpla con este requisito.

E.2.2 Los diámetros se deben medir con cintas de acero que cumplan los requisitos de 2.2A.6. Las mediciones de los diámetros se deben tomar, como se muestra en la

Figura E-1, entre puntos diametralmente opuestos de modo que las líneas pasen a través de un punto central común, y en las mismas elevaciones en circunferencias que sean a medidas para tanques sobre tierra del tipo correspondiente. En cada elevación debe hacerse lo siguiente:

- a. Un mínimo de $D/8$, pero no menos de cuatro diámetros cada elevación debe ser medida en aproximadamente igual intervalos alrededor del tanque, donde D es el diámetro del tanque expresada en pies.
- b. Los diámetros se deben medir no más de 12 pulgadas a una junta vertical.

E.2.3 Si por cualquier motivo, es impracticable a tomar medidas en las posiciones descritas, entonces, el diámetro debe ser medido desde un punto como cercano a la posición descrita como practicable, pero no cercano de las juntas horizontales o verticales.

La razón de la desviación debe ser registrada en las notas de campo.

E.2.4 Las mediciones se efectuarán con el final de la cinta de acero conectado a un dinamómetro, un operador posicionará el dinamómetro en el punto predeterminado y el segundo operador posicionará una regla en el final en un punto diametralmente opuesto.

La cinta debe ser estirada a lo largo de la regla hasta que la tensión de la cinta haya sido calibrada y esté registrada en el dinamómetro.

E.2.5 Esta tensión (véase E.2.4) debe ser no menos de 10 libras. Un firme asimiento debe mantenerse en la regla y la cinta para evitar cualquier alteración en sus posiciones relativas; la tensión debe ser liberada, y una lectura se debe tomar en la

cinta en el final de la regla que estaba en dirección contraria del tanque. La operación debe ser repetida en las distintas posiciones en las que las medidas sean necesarias a lo largo del tanque. Las mediciones deben registrarse claramente con tiza blanca sobre el acero en la placas de tal manera que indican las posiciones en que fueron tomadas. Un procedimiento alternativo se da en E.2.9.

E.2.6 Las medidas chequeadas de los diámetros multiplicados por 3.1416 no deben diferir en más de los valores dados en Tabla 4.

E.2.7 Las correcciones para el efecto de pandeo deben ser aplicadas al diámetro promedio de cada curso con la siguiente fórmula:

$$\text{Corrección, en pies} = \frac{W^2 S^3}{24P^2} \quad (\text{E-1})$$

Dónde:

P = halado de la cinta, en libras.

S = espacio de la cinta, en pies.

W= peso de la cinta, en libras por pie

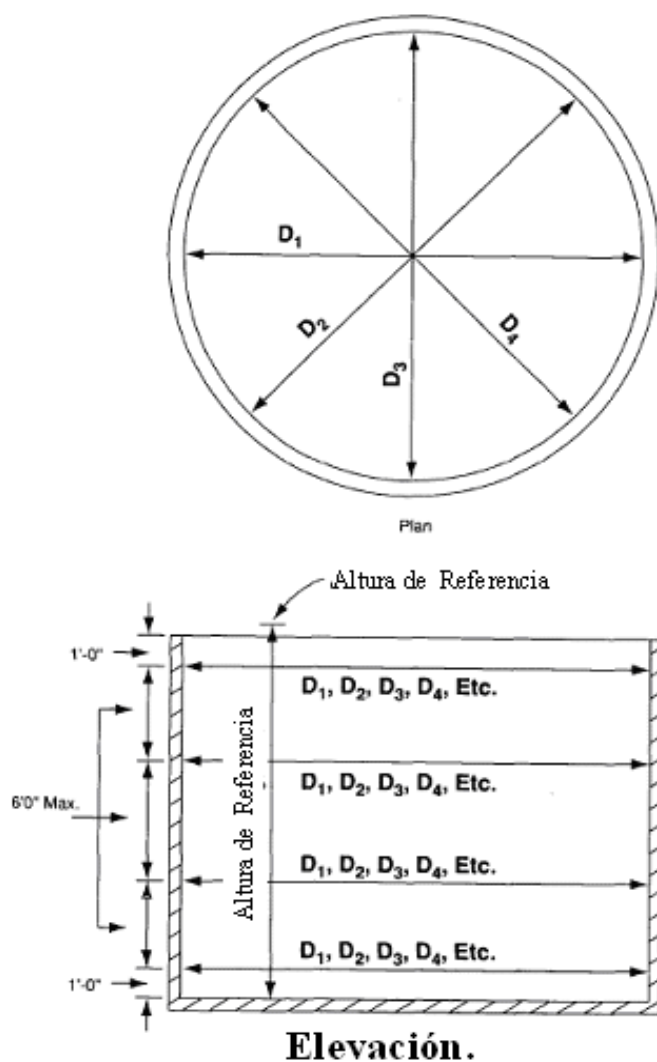


Figura E-1- Ubicación de las Mediciones en Posición Cilíndrica Vertical Tanques de Hormigón Enterrado.

E.2.8 Las correcciones para el efecto de estiramiento son innecesarias debido a la tensión aplicada es aquella en que la cinta fue estandarizada. Las correcciones para la longitud del dinamómetro cuando se registra este estiramiento debe ser hecho al diámetro promedio de cada curso. La longitud del dinamómetro en este estiramiento

debe ser medido con precisión antes de su puesta en uso y subsecuentemente chequeados antes y después de la calibración de cada tanque, el chequeo final se hace antes de abandonar el sitio del tanque.

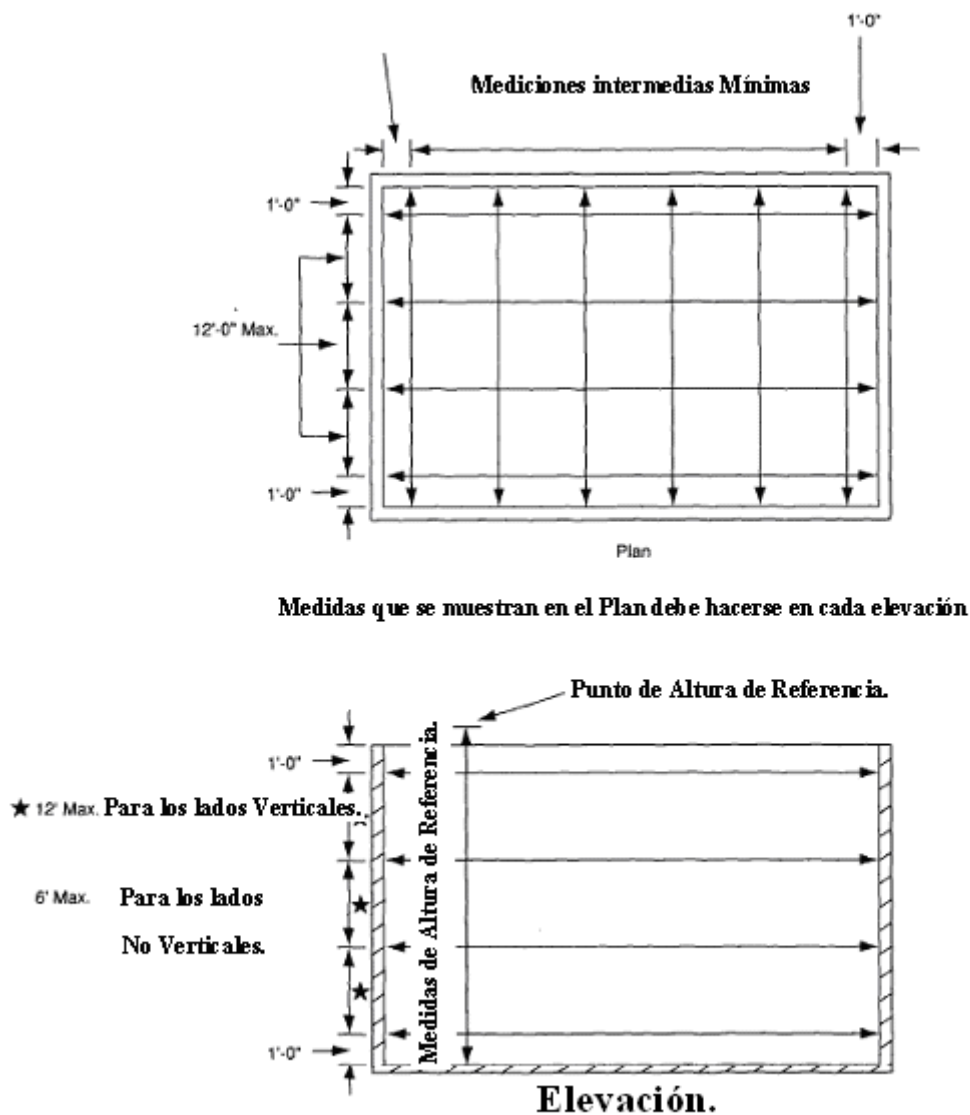


Figura E-2 Ubicación para las Mediciones en Tanques Rectangulares de Acero o Tanques Subterráneos de Hormigón.

E.2.9 Como alternativa al procedimiento previsto, las mediciones se pueden hacer de la siguiente manera:

- a. El estableciendo líneas de plomada a unas cuantas pulgadas distantes de la pared del tanque en lugares adecuados.
- b. Midiendo la distancia entre las líneas de plomada con en descanso de la cinta sobre el piso del tanque, eliminando así la necesidad de una corrección por pandeo.
- c. Medir con una regla la distancia formadas por las líneas de plomada a las paredes adyacente del tanque a las elevaciones requeridas.
- d. Adicionando las dos correspondientes mediciones cortas finales a la medida única del piso para determinar la dimensión requerida para cada elevación.

E.2.10 Si una columna central hace impracticable una directa medición de la distancia entre las líneas de plomadas, una circular plantilla puede ser cortada y colocada en torno a la base de la columna con puntos de la circunferencia de este círculo marcado como corresponde con las líneas radiales en diámetros que serán medidas. El diámetro total, entonces se puede encontrar, igual al diámetro de la plantilla, más las dos medidas cortas finales más dos medidas radiales entre la circunferencia de la plantilla y las líneas de plomada adyacente a la lámina.

E.3 MEDIDAS DEL DIÁMETRO PARA TANQUES DE HORMIGON ENTERRADOS CILINDRICOS VERTICALES

- a.** Los diámetros deben ser medidos en las elevaciones siguientes como se muestra en la Figura E-2:
 - 1.** 1 pie por encima del fondo del tanque.
 - 2.** 1 pie por debajo del techo del tanque.
 - 3.** En las elevaciones intermedias no más de 6 pies de distancia, a menos que pueda demostrarse que las paredes son verticales, en los que las mediciones de las elevaciones intermedias de no más de 12 pies de distancia sean adecuadas.
 - 4.** En cualquier desplazamientos o cambios abruptos en las dimensiones de la pared.
- b.** En cada elevación de un mínimo de $D/8$, pero no menos de cuatro diámetros, se debe medir aproximadamente intervalos iguales alrededor del tanque, donde D es el diámetro del tanque expresado en pies.
- c.** Si por alguna razón no es práctico efectuar mediciones en las posiciones descritas en los párrafos (a) y (b), entonces el diámetro debe ser tomado cercano a la posición descrita como posible. La razón de las desviaciones debe ser registrada en las notas de campo.
- d.** Diámetros deben ser medidos, registrados y corregido como es especificados para tanques de acero cilíndrico enterrados en E.2.

E.4 MEDIDAS PARA TANQUES DE HORMIGON SOBRE TIERRA O ACERO RECTANGULAR

- a.** Longitudes y anchos deben ser medidos en las siguientes elevaciones, como se muestra en la figura E-2:

1. Un pie por encima del fondo del tanque
2. Un pie por debajo del techo del tanque
3. En las elevaciones intermedias no más de 6 pies de distancia, a menos que pueda demostrarse que las paredes son verticales, en los que las mediciones de las elevaciones intermedias en no más de 12 pies de distancia son adecuadas.
4. En cualquier desplazamientos o cambios abruptos en las dimensiones de la pared.

- b.** En cada una de esas elevaciones haga lo siguiente:

1. Dos medidas de ancho y dos de longitud debe ser realizadas en los puntos 1 pie dentro de cada una de las cuatro paredes del tanque.
2. Adicionalmente medida de ancho y longitud (como mínimo de uno cada uno) debe ser realizadas en puntos intermedios no más de 12 pies de distancia.

E.4.1 Si por cualquier motivo, es impracticable tomar medidas en las posiciones descritas en E.3.1, donde la longitud o ancho debe tomarse lo más cerca a la posición descrita como practicable. La razón de la desviación debe ser registrada en las notas de campo.

E.4.2 La longitud o ancho debe ser medido, registrado y corregido según se especifica en los tanques de acero cilíndricos subterráneos en E.2.

E.4.3 Las dimensiones verticales, espesores, dimensiones de tanques de forma especial, las mediciones de obra muerta, y cualquier otra medida especial, tal como

aquellos para los fondos inestables, deben hacerse de conformidad con los procedimientos descrito para tanques cilíndricos verticales sobre tierra en 2.2A. 13 a 2.2A.16 y de acuerdo con E. 1 a E.4, donde aplica.

E.5 CALIBRACION BASADO EN PLANOS

En el caso de que los procedimientos de calibración descritos en E.4 no pueden utilizarse, la calibración líquida u otro método óptico deben ser considerados. Por ejemplo, véase Figura F-2 y se refieren a un tanque de aislamiento. La Capacidad de las tablas puede ser preparada a partir de cálculos basados en los planos de construcción y especificaciones del constructor del tanque como la opción menos preferida.

APÉNDICE F- SELECCIÓN DEL METODO DE CALIBRACIÓN DEL TANQUE

F.1 El tipo del método de calibración seleccionado puede dictarse a menudo por varios factores:

Estos factores se agrupan ampliamente dentro de los siguientes:

- a. Tipo de tanque: techo flotante o techo fijo.
- b. Limitaciones operacionales: ingreso o no ingreso.
- c. Aislamiento o no aislamiento.
- d. Remachados o soldados.
- e. Otros parámetros tales como numero/tamaño de vigas de viento.

F.2 Selección de algún método específico para cada uno de los factores anteriores en presencia de las formas de cartas de decisión (Figuras F-1, F-2 y F-3). En el desarrollo de estas directrices, esto es asumido que los requisitos de aislamiento pertenecen sólo a los tanques de techo fijo.

F.3 Además, la entrada térmica aplicado a los tanques de techo flotante, se refiere al acceso a la parte superior del techo flotante, con el techo apoyado sobre sus patas.

F.4 Los requerimientos de calibración de fondo no son considerados por separado, sin embargo pertenecen a la misma categoría en que la entrada es requerida o permitida.

F.5 Para cada categoría, las selecciones de la tecnología son presentadas en un orden de prioridad. Las prioridades recomendadas se basan en la forma más adecuada de la calibración para un determinado conjunto de condiciones, asegurando la precisión general.

F.6 Sin embargo, necesariamente no se entienda que la prioridad recomendada optimiza el costo total de la calibración. El factor de los costos asociados con cualquier método dado es dependiente de muchos factores.

II. 2.B. CALIBRACION DE TANQUES CILINDRICOS VERTICALES USANDO EL METODO OPTICO DE LA LINEA DE REFERENCIA OPTICA.

II.2.B.1 INTRODUCCION

El método de la línea de referencia óptica (ORLM) es un método alternativo al método que usa la cinta de forma manual (MTSM) para determinar el diámetro del tanque. La principal diferencia entre el ORLM y el MTSM es el procedimiento para determinar el diámetro de los anillos del tanque con excepción del anillo inferior. El ORLM proporciona para medir un diámetro de referencia en el anillo inferior por cinto manual y la medición de las desviaciones en el diámetro del tanque a otras estaciones verticales y horizontales predeterminadas por el uso de un dispositivo óptico. Las otras medidas especiales requeridas, procedimientos, métodos, y herramientas analíticas para el desarrollo de una tabla de la capacidad del tanque son idénticos a las indicadas en el estándar API 2550.

II.2.B.2 ALCANCE

Este estándar describe los procedimientos de la medida y del cálculo para determinar los diámetros de tanques cilíndricos verticales soldados (traslape / culatas), y fuera de techos flotantes o fijos.. Este estándar se debe utilizar conjuntamente con estándar del API 2550.

Para la aplicación externa del ORLM en tanques aislados, el aislamiento debe ser quitado. El ORLM se puede utilizar en el interior del tanque; sin embargo, cuando la

circunferencia de la referencia en el curso inferior se establece externamente, el aislamiento en el anillo inferior debe ser quitado. Esta medida debe ser usada en conjunto con la norma API 2550.

Tanques anormalmente deformados (es decir, tanques se abollan que o tenga otras muestras visibles del daño) debe ser reparado antes de que se emprenda cualquier calibración.

II.2B.3 DEFINICIONES

Las definiciones enumeraron en el capítulo 1 y el estándar del API 2550 es aplicable a este capítulo. Además, las definiciones dadas en 2.2B.3.1 con 2.2B.3.7 serán aplicadas al ORLM.

II.2B.3.1 Una *estación horizontal* es una localización preestablecida en el plano horizontal en el nivel del suelo a lo largo de la circunferencia del tanque.

II.2B.3.2 Una *estación vertical* es una localización preestablecida en el plano vertical a lo largo de la pared del tanque, correspondiendo a una estación horizontal dada.

II.2B.3.3 El *desplazamiento* es la medida observada a través dispositivo óptico en la escala horizontal de un carro de desplazamiento magnético en cada estación vertical.

II.2B3.4 El *desplazamiento de referencia* es la medida observada a través de un equipo óptico en la escala horizontal de un carro de desplazamiento magnético en la estación vertical en la placa inferior.

II.2B.3.5 La *circunferencia de referencia* es la circunferencia de un tanque medido por **MTSM** en el anillo inferior.

II.2B.3.6 El *radio de referencia* es la circunferencia de referencia dividida para **2π** , donde **$\pi = 3.141593$** .

II.2B.3.7 Un *dispositivo óptico* es una plomada o teodolito óptico equipado de un nivel de precisión.

II.2B.4 PUBLICACIONES DE REFERENCIA

Las siguientes publicaciones son referenciadas en este capítulo:

API

STD 2550 *Medida y calibración de tanques cilíndricos verticales* (ANSI/ASTM D 1220)

Manual de normas de medición del petróleo

Capítulo 1, “vocabulario”

II.28.5 IMPORTANCIA

La precisión de la medida de la circunferencia / radio de los tanques son críticas en las determinaciones del volumen líquido. Estas medidas están influenciadas por ambos errores aleatorios asociados con las medidas físicas y los errores sistemáticos asociados con el equipo particular y/o procedimientos usados. La combinación de errores aleatorios y sistemáticos tienen un impacto en la precisión total, **o de cualquier medida de precisión**. El ORLM es tan exacto como el MTSM y puede ser

utilizado como método alternativo para determinar las circunferencias o diámetros (radios) de los tanques.

II.2B.6 EQUIPOS

Los siguientes equipos son requeridos para el ORLM:

- a. Los equipos y aparatos descritos en API Estándar **2550**.
- b. Un dispositivo óptico montado en un trípode o un equipo de soporte equivalente. El dispositivo debe tener una línea perpendicular de visión (una línea de 90 grados de vista) y debe tener accesorios de nivelación a lo largo de los tres diferentes ejes. La perpendicular del rayo óptico (o la línea de referencia vertical) estará dentro de 1 en **20.000** sobre la altura del tanque.
- c. Una carro magnético que atraviesa con una escala graduada horizontal (0.01 pies o 1 mm de incremento) usados para medir el desplazamiento en diferentes estaciones verticales. El carro magnético mantendrá su contacto con la pared del tanque durante toda la transversal vertical. El carro magnético deberá estar en buen estado de funcionamiento, y el cero en la escala debe estar localizado lo más cercano a la pared del tanque.

Los valores numéricos grabados en la escala deben ser legible a través del dispositivo óptico. La exactitud de la escala será verificada contra una cinta maestra. La resolución combinada de la escala y del dispositivo óptico permitirá al operador leer la medida desplazada lo más cercano a **0.005** pies (o **1** milímetro) en cualquier

estación vertical dada. (Desde la resolución mínima de la escala métrica es 1 milímetro, este sistema tiene una mejor resolución general).

II.2B.7 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION OPTICA

El procedimiento paso a paso descrito adentro 2.2B.7. 1 hasta 2.2B.7.4 debe ser seguido para medir desviaciones en el radio de un tanque de almacenamiento vertical por medios del **ORLM**.

II.2B.7.1 ESTADO DEL TANQUE ANTES DE LA CALIBRACIÓN

Antes de la calibración, el tanque habrá sido llenado por lo menos una vez en la presente locación con el líquido por lo menos tan denso como el líquido que se espera que contenga. La prueba hidrostática de costumbre (por un período de aproximadamente 24 horas) usualmente satisface este requerimiento. Cualquier prueba hidrostática se debe realizar de acuerdo con la construcción aplicable y normas de operación. Como sea posible, el líquido en el tanque debe permanecer quieto por aproximadamente 24 horas antes de que la calibración se lleve a cabo. Otros requisitos para el estado del tanque se especifican en la Norma API 2550.

II.2B.7.2 PREPARACIÓN

El número mínimo de estaciones horizontales deben ser seleccionadas de acuerdo con la tabla 1. Estaciones adicionales, más allá del mínimo especificado en Tabla 1, puede ser seleccionado, pero un número par de estaciones debe siempre se elegido. Las

estaciones deberán estar espaciadas como casi equidistante alrededor de la circunferencia del tanque como sea posible. La Figura muestra un ejemplo del espacio horizontal.

Tabla 1 - Diámetro de Tanque en función del número Mínimo de Estaciones Horizontales.

Diámetro del Tanque		
Pies	Metros	Números Mínimos de Estaciones
50	15	8
100	30	12
150	50	16
200	70	20
250	85	24
300	100	30
350	120	36

Estaciones horizontales serán elegidas para asegurar el desplazamiento de la vertical del carro a lo largo de la pared en cualquier estación dada de por lo menos 12 pulgadas (300 milímetros) de distancia de la costura vertical soldada. El carro deberá desplazarse en cada estación vertical para asegurar que no haya interferencia con el cordón de soldadura vertical. Si hay interferencia, la estación horizontal debe ser trasladada para eliminar la interferencia.

Para el anillo inferior o de fondo, la estación vertical preferida es (a) en un 20 por ciento de la altura del anillo por debajo de la costura de soldadura horizontal y (b) dentro del rango focal del instrumento óptico. Si los criterios (a) y (b) están en conflicto, la ubicación será dictada por el rango focal del equipo.

Para cualquier estación horizontal dada, al menos dos estaciones verticales deben ser establecidas para cada anillo, excepto para el anillo del fondo, como se muestra en la figura 2.

II.2B.7.3 VERIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO.

El dispositivo óptico debe ser nivelado a lo largo de los tres ejes en cada estación horizontal. La perpendicularidad del rayo óptico o línea de referencia vertical debe ser verificada **como** sigue:

- a. El carro magnético debe ser movido hasta la parte superior del tanque, y la lectura en la escala horizontal adjunta en el carro debe ser anotada. El dispositivo óptico no será permitido moverse durante esta medición.

- b. El dispositivo óptico debe ser girado **180** grados sobre el eje vertical, y la lectura en la escala horizontal debe nuevamente anotarse. El dispositivo óptico no se le permitirá moverse durante la medición. La diferencia entre las dos medidas estará dentro de 1 en **20.000** sobre la altura total del tanque. Por ejemplo. Si la altura del tanque es **60** pies, la diferencia entre las dos medidas debe ser menos que 0.003 pies. Sin embargo, desde la resolución mínima de la escala sea **0.005** pies (o 1 milímetro), la diferencia aceptable entre las dos medidas es **0.005** pie (o 1 milímetro).
- c. Los pasos a y b deben ser repetidos al azar en tres estaciones horizontales (incluyendo la primera estación) durante el curso de la calibración.

II.2B.7.4 PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACION.

Las medidas de calibración pueden ser tomadas con cualquier medida de llenado en el tanque. Ninguna transferencia o mezcla de líquidos debe ocurrir durante la calibración. La temperatura y la densidad relativa o gravedad API del líquido y la altura del líquido debe ser registrada antes a el procedimiento de calibración. Las mediciones deben procederse en la siguiente manera:

- a. La circunferencia de referencia debe ser medida usando una cinta maestra. La circunferencia de referencia será medida en o muy cerca de la altura de la primera estación vertical en el anillo del fondo (donde el desplazamiento de referencia debe

ser medido como muestra en la figura 2). El procedimiento dado en la norma API 2550 debe ser seguido para la medición de la circunferencia de referencia.

b. dispositivo óptico debe ser verificado como en una posición estable. En cualquier estación horizontal dada , el equipo no debe moverse o ser perturbado durante la travesía del carro magnético desde el anillo del fondo a el superior.

c. La perpendicularidad debe ser verificada (ver II.2B.7.3.). y el desplazamiento de referencia (por ejemplo, distancia a en la Figura 3 y 4) debe ser medida desde la primera estación horizontal.

d. El carro debe ser desplazado verticalmente a la siguiente estación vertical predeterminada en cada anillo, y el desplazamiento (por ejemplo, distancia m en la figura 3 y 4) debe ser leído. Este procedimiento debe ser repetido en forma secuencial en cada una de las estaciones verticales.

e. Después del desplazamiento en el curso superior se lee, el carro debe nuevamente ser bajado a el anillo del fondo y la medida del desplazamiento de referencia debe ser repetido. Los desplazamientos iniciales y finales de referencia en cada estación horizontal debe ser entre 0.005 pies (o 1 milímetro) el uno del otro. Si los desplazamientos iniciales y finales para una estación horizontal no está de acuerdo entre 0.005 pies (o 1 milímetro), el procedimiento debe ser reiniciado, empezando con el paso c.

f. Los pasos b – e deben ser repetidos para cada estación horizontal.

- g.** Después que las mediciones ópticas alrededor del tanque son completadas, la medida de la circunferencia de referencia (paso a) debe ser repetida usando la misma cinta maestra.
- h.** Las lecturas iniciales y finales debe acordar dentro de 0.005 pies (o 1 milímetro). Si no está de acuerdo las mediciones se repiten desde el inicio del procedimiento. Cuando las vigas de viento son localizadas bajo la altura máxima de llenado del tanque, las mediciones de la circunferencia por encima de la viga de viento debe ser llevada a cabo por el MTMS.

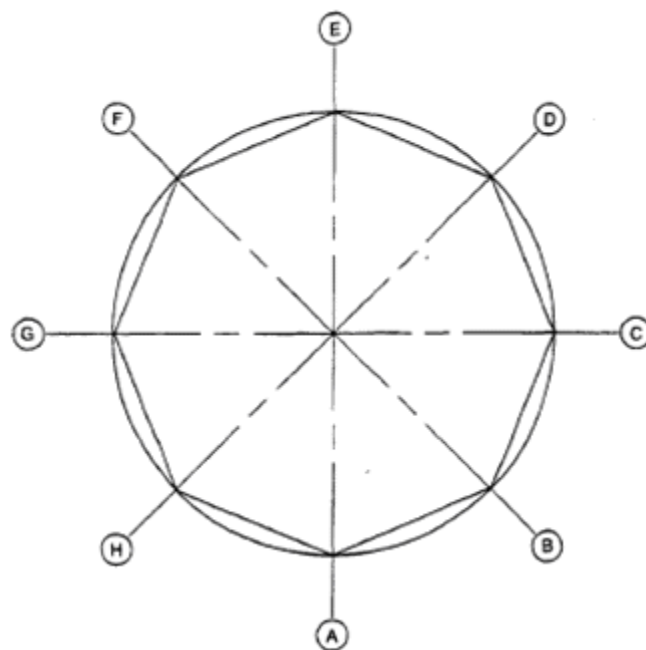


Figura 1- Plan de tanque que se Muestra Durante las Ocho Estaciones Horizontales.

II.2B.8 PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO

El procedimiento de cálculo para determinar el radio de cada anillo de las medidas de desplazamiento y la medición de la circunferencia de referencia se presenta en las Figuras 3 y 4. Una vez que los radios del anillo se determinan, la tabla de capacidad se desarrollará de acuerdo con los procedimientos indicados en la Norma API 2550.

II.2B.9 DESARROLLO DE LA TABLA DE CAPACIDAD.

Los radios / circunferencias del anillo determinados por el ORLM deben ser usados para desarrollar la tabla de calibración en acuerdo con los procedimientos dados en la norma API 2550. Todos los factores de corrección (por ejemplo, temperatura e inclinación) deben ser considerados, en acuerdo con la norma API 2550.

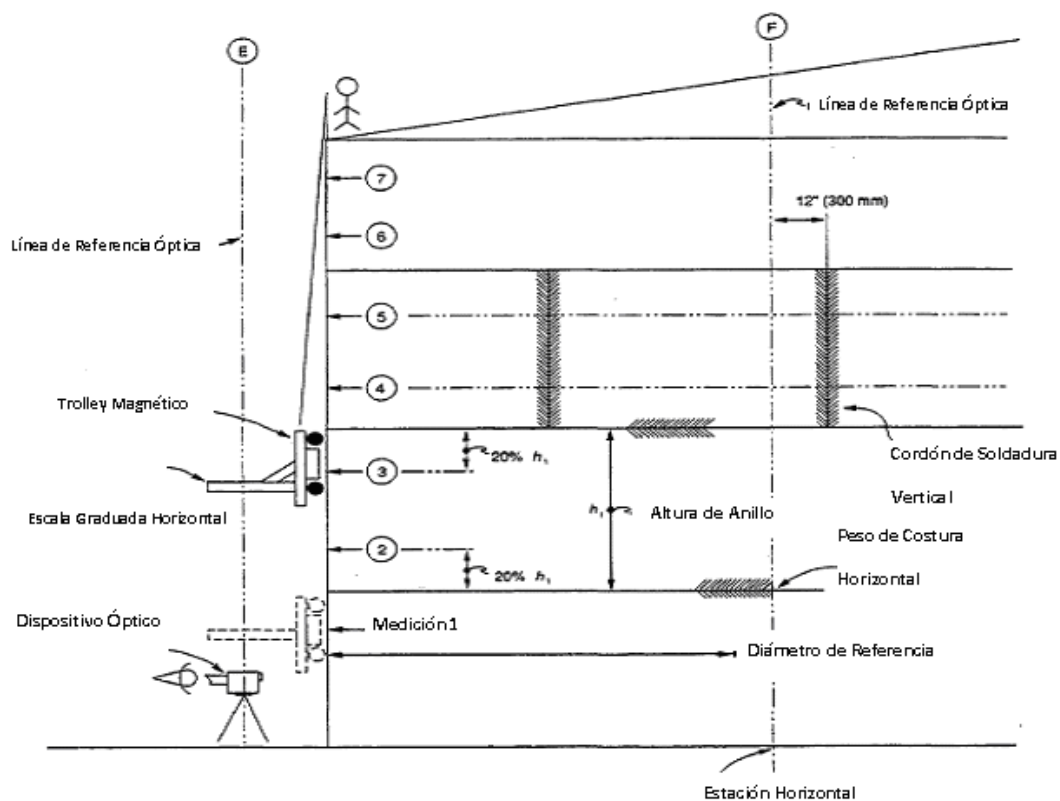
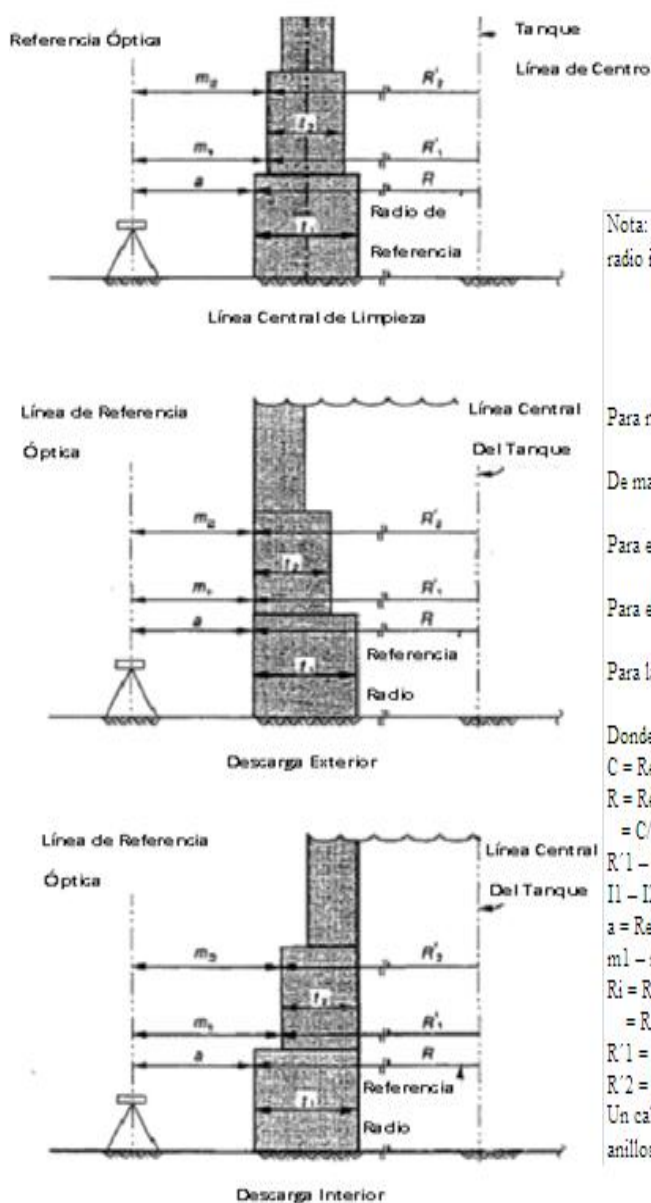


Figura 2 – Tanque de Elevación



Nota: Usando la Medición Externa. El Cálculo para determinar el radio interno se realiza de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} R'1 + m1 &= R + a \\ R'1 &= R + a - m1 \\ &= R - (m1 - a) \\ &= (C/2\pi) - (m1 - a) \end{aligned}$$

Para n Estaciones Horizontales

$$R'1 = (C/2\pi) - (\sum(m1 - a)/n)$$

De manera Similar

$$R'2 = (C/2\pi) - (\sum(m2 - a)/n)$$

Para el Anillo Interior

$$R1 = R - I1$$

Para el Fondo y el Segundo Anillo

$$R'2 = R'1 - I2$$

Para la parte Superior y el Segundo Anillo

$$R'2 = R'2 - I2$$

Donde:

C = Referencia externa de la Circunferencia

R = Referencia externa del radio

$$= C/2\pi$$

$R'1 - R'2$ = Radio externo y Segundo Anillo

$I1 - I2$ = Espesor de los Anillos

a = Referencia del Compensamiento

$m1 - m2$ = Anillos individuales

Ri = Referencia del Radio Interno

$$= R - t1$$

$R'1$ = Radio Interno (Fondo y Segundo Anillo)

$R'2$ = Radio Interno (Superior y Segundo Anillo)

Un calculo similar deberá basarse en el desempeño de todos los otros anillos

Figura3 – Método Línea Referencia Óptica.

Determinación del Radio Interno (Mediciones Externas)

Nota: Usando mediciones internas. El Cálculo para determinarlos el radio interno se lo realiza de la siguiente manera:

$$R'1 - m1 = R1 - a$$

$$R'1 = R1 + m1 - a$$

Para n Estaciones Horizontales

$$R'1 = (C/2\pi) - t1) + (\sum(m1- a)/n$$

De manera similar

$$R'2 = (C/2\pi) - t1) + (\sum(m2- a)/n$$

Donde:

C = Referencia externa de la Circunferencia

R = Referencia externa del radio

$$= C/2\pi$$

T1 = Espesor del Anillo

Inferior

R1 = Referencia del Radio Interno

$$= R - t1$$

a = Referencia del Compensamiento

m1 - m2 = Anillos

Individuales

R'1i = Radio Interno (Fondo y Segundo Anillo)

R'2i = Radio Interno (Superior y Segundo Anillo)

Un cálculo similar deberá usarse en todos los otros anillos

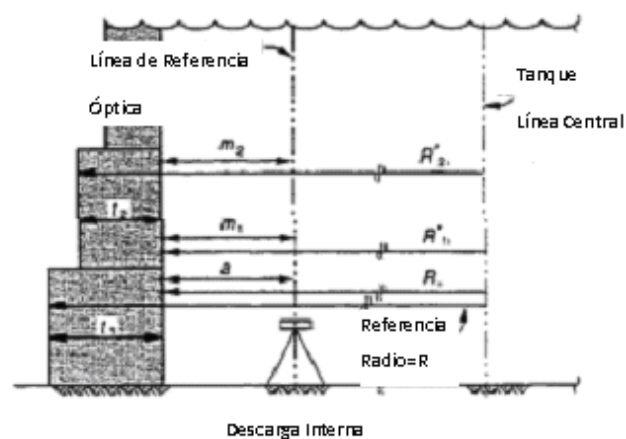
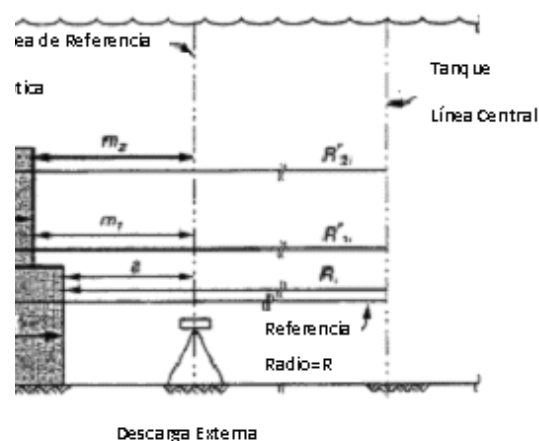
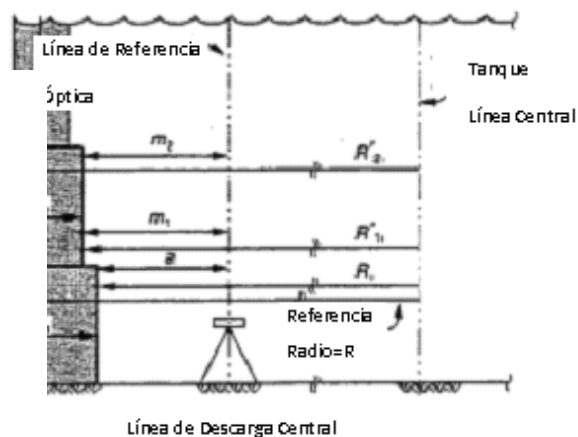


Figura 4 – Método Línea de Referencia Óptica

Determinación del Radio Interno (Mediciones Internas)

II.2.C. CALIBRACION POR EL METODO DE TRIANGULACION.-

Introducción

Este método describe la calibración de tanques cilíndricos verticales por medio de triangulación óptica usando teodolitos. La circunferencia del tanque es determinada en diferentes niveles con referencia a una línea base, que puede ser ya sea una circunferencia de referencia medida por conteo o una línea base entre 2 estaciones de un teodolito medido por la cinta o por un método óptico. Las circunferencias externas son corregidas para dar circunferencias internas verdaderas. El método es una alternativa a otros métodos como el de conteo (strapping) (Capítulo 2, Sección 2A) y el método de la línea de referencia – óptica. (Capítulo 2, sección B)

1. ALCANCE

1.1 Esta parte específica del procedimiento de calibración para aplicaciones a tanques por encima de los 26 pies de diámetro con anillos cilíndricos que son substancialmente verticales. Esto provee un método para determinar la cantidad volumétrica contenida en el interior del tanque en niveles de líquidos medidos. La medición requerida para determinar el radio puede ser internamente (cláusula 8) o externamente (cláusula 9). Este método externo es aplicable solo para tanques que son libres de aislamiento.

1.2 Tanques anormales deformados, por ejemplo, tanques abollados o no circulares son excluidos de esta sección, API MPMS capítulo 2.

1.3 Este método es adecuado para tanques inclinados a 3% de desviación de la vertical, previsto de una corrección aplicable para la inclinación medida como se describe en API MPMS Capítulo 2.2A.

2. REFERENCIA NORMATIVA

La siguiente norma contiene disposiciones que a través de la referencia en este texto, constituye provisiones de esta parte del capítulo 2. En el tiempo de la publicación, la edición indicada es válida. Todas las normas están sujetas de revisión y las partes en acuerdos basados en esta sección del capítulo 2 son instigadas a investigar la posibilidad de aplicar la más reciente edición de la norma indicada abajo. Los miembros de API mantienen registros de normas API válidas y vigentes.

3. DEFINICIONES

Para el propósito de esta parte del Capítulo 2, las definiciones dadas en el capítulo Capítulo 2.2A aplican.

4. PRECAUCIONES

Las precauciones generales y precauciones de seguridad especificadas en el Capítulo 2.2A deben aplicarse a esta sección del Capítulo 2.

5. EQUIPO

5.1 Equipo para la medición de ángulos

Los equipos para medición de los ángulos son listados en 5.1.1 al 5.1.4 a continuación:

5.1.1 Los Teodolitos, con graduaciones angulares y una resolución igual a o superior que 5 segundos. Cada teodolito debe ser montado en un trípode que sea firme y estable. Las patas del trípode deben ser estabilizados por portadores magnéticos cuando sea usado para el método interno. Lecturas repetidas deben ser agregadas a dentro de 5 segundos.

5.1.2 Emisores de rayo láser de bajo consumo, equipado con un dispositivo como un sistema de transferencia de luz de fibra óptica y una conexión teodolito - telescopio ocular, por el cual el rayo laser puede ser transmitido a través del teodolito. El rayo laser deberá coincidir con el eje óptico del telescopio.

5.1.3 Los pesos pesados, para establecer alrededor de las estaciones para prevenir movimiento de la placa del fondo del tanque.

5.1.4 Iluminación, para uso en el interior del tanque para permitir lecturas medidas con precisión.

5.2 Espacios

Espacios, de 2 metros de largo de tal manera que la longitud graduada, entre dos marcas quede constante dentro de 0.02mm, a la temperatura en que esta es usada.

Nota: La conversión a las unidades de USC no es recomendable en el uso de espacios

5.3 Equipo para la calibración del fondo (piso)

O bien:

- a.** Un método líquido, equipos como se especifican en el apéndice E, o
- b.** Para un método de estudio, un teodolito, un nivel total , un estudio de nivel o tubos llenos de agua.

6. INSTALACION DE EQUIPO Y PROCEDIMIENTO

6.1 Preparación del tanque

Llene el tanque a su capacidad normal de trabajo por lo menos una vez y deje reposar por un mínimo de 24 horas antes de la calibración.

Si el tanque es calibrado con líquido en el, registrar la profundidad, temperatura y densidad del líquido en el momento de la calibración. Sin embargo, si la temperatura de la superficie de la pared puede diferir más de 18°F (10°C) entre la parte vacía y la parte llena del tanque., el tanque debe estar completamente lleno o vacío. No hacer transferencias de líquido durante la calibración.

6.2 Configuración de los teodolitos

6.2.1 Configure cada teodolito con cuidado, de acuerdo con el procedimiento e instrucciones dadas por el fabricante.

6.2.2 Colocación del instrumento a Estabilidad.

Para el método interno, establezca el fondo del tanque cerca de la estación del teodolito mediante la instalación de pesos u otros objetos pesados alrededor de la

estación. Monte las patas del teodolito en soportes magnéticos para evitar que las patas se deslicen en el fondo del tanque.

Para el método externo, colocar las patas del trípode totalmente en la tierra.

6.2.3 Poner el plato del instrumento lo más cerca posible a la horizontal.

Nota: este asegurara la verticalidad del eje de giro del teodolito.

6.3 Configuración de espacios y procedimiento

6.3.1 Montar la taquimetría en el trípode de acuerdo al procedimiento e instrucciones dados por el fabricante.

6.3.2 Montar la horizontalmente y perpendicular taquimetría a los ejes con el objetivo de ajustar el equipo en la taquimetría.

6.3.3 Una vez que la puesta en marcha este completa, bloquee la taquimetría en posición y verificar la horizontalidad y perpendicularidad.

7. MEDICIONES DE DISTANCIA ENTRE DOS ESTACIONES DE TEODOLITOS

7.1 Tomar las medidas antes del comienzo de las lecturas ópticas. Configurar la taquimetría como se describe en el 6.3.

Medir el ángulo horizontal 2θ subtenido en el teodolito por las dos marcas en la taquimetría, usando el teodolito.

7.2 Calcular la distancia horizontal D entre las 2 estaciones de teodolito de la formula:

$$D = \frac{B}{2} * \cot \theta \quad (1)$$

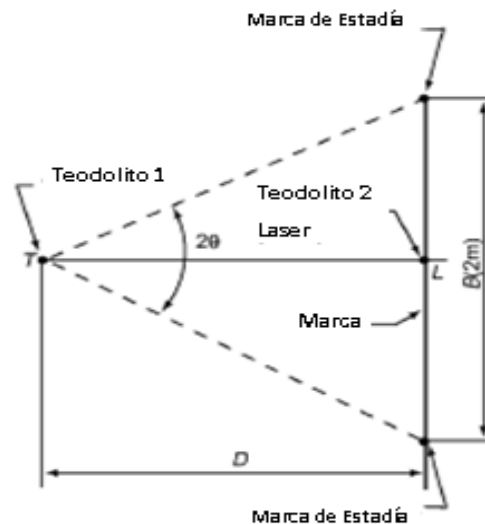


Figura 1- Medición de Distancias entre dos Teodolitos.

Donde:

B = Distancia en metros entre las dos marcas de referencia en la taquimetría, ejemplo 2 metros.

θ = Mitad del ángulo en grados, subtendido en el teodolito 1, por las dos marcas de referencia.

7.3 Llevar a cabo la del ángulo 2θ y el cálculo de la distancia D a un mínimo de 5 tiempos calcular y registrar el valor promedio. La distancia calculada D deberá estar dentro de las tolerancias indicadas en la Tabla 3, sino el procedimiento entero deberá repetirse.

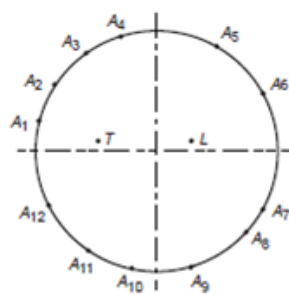
7.4 Volver a determinar la distancia D después de la finalización de todas las mediciones ópticas descritas en el 8.13.

Las distancias calculadas antes y después de la medición óptica se pondrán dentro de las tolerancias dadas en la Tabla 3. Sí no es así, repita el procedimiento de calibración

hasta tener un conjunto de medidas con los valores para D en el comienzo y final de acuerdo.

8. PROCEDIMIENTO PARA MEDICIONES ÓPTICAS INTERNAS DE LAS PAREDES DEL TANQUE

8.1 Configure las 2 estaciones de los teodolitos en el interior del tanque como se ilustra en la Figura 2 y se describe en 6.2



Notas

El ejemplo muestra los 12 puntos de la circunferencia de la pared (ver 8.10)

T y L intercambiar los teodolito y la estaciones con el teodolito laser

No localizar los puntos de la pared donde la línea se atraviesa T y L se encuentra la pared del tanque

Figura 2- Ejemplo de ubicación del teodolito para las estaciones y procedimiento interno para la ubicación de los puntos de la Pared.

8.2 Localice las dos estaciones próximas en un plan diametral y al menos $\frac{1}{4}$ de diámetro separadas. Ajuste los teodolitos y mida la distancia $TL (TL=D)$ como se describe en la clausula 7.

8.3 Establezca el eje de referencia ópticamente TL en los planos horizontales (círculos) de ambos instrumentos por las observaciones de cada instrumento,

mediante los hilos verticales de otro instrumento como se describe en los pasos 8.4 al 8.7.

8.4 Cierra el rayo laser del teodolito láser y remueve los dos filtros del teodolito laser.

8.5 Ajuste el teodolito *T* para poner el telescopio a infinito e iluminar la pieza ocular del telescopio con una fuente de luz.

8.6 La vista del objeto de la lente del teodolito desde el telescopio del teodolito láser *L* y continúe enfocando hasta que los retículas se hagan visibles. Hacer que los hilos verticales de la retícula coincidan usando el dispositivo de ajustamiento en el laser teodolito *L*.

Nota 1: el ejemplo muestra 12 puntos de pared por circunferencia, diagrama de referencia.

Nota 2: *T* y *L* son teodolitos intercambiables y las estaciones de laser teodolito.

Nota 3: no coloque los puntos de la pared donde la línea a travesarse *T* y *L* con la pared de tanque.

8.7 Repetir la operación desde el teodolito. Repetir la operación tantas veces como sea necesario hasta que los hilos de la retícula vertical coincidan perfectamente.

8.8 El eje *TL* está ajustado nuevamente. Registrar las localidades relativas de los dos teodolitos por tomas de lecturas de ambas escalas horizontales como los ángulos horizontales de referencia.

8.9 Vuelva a colocar los dos filtros en el teodolito laser y encienda el rayo laser. este rayo luego es usado para proveer una serie de puntos en la pared del tanque. Vea estos puntos por turno, usando el otro teodolito; tome y registre la lectura de escala horizontal en ambos instrumentos.

Tabla 1 - El mínimo número de puntos de la circunferencia para el procedimiento interior.

Circunferencia		Mínimo Número de Puntos
Metros	Pies	
Hasta 50	Hasta 164	8
Por encima de 50 hasta 100	Por encima de 164 hasta 328	12
Por encima de 100 hasta 150	Por encima de 328 hasta 492	16
Por encima de 150 hasta 200	Por encima de 492 hasta 656	20
Por encima de 200 hasta 250	Por encima de 656 hasta 820	24
Por encima de 250 hasta 300	Por encima de 820 hasta 894	30
Por encima de 300	Por encima de 894	36

8.10 El número mínimo de puntos en la lámina de la pared del tanque por circunferencia debe ser como es dado en la tabla 1. Estos puntos no deben ser menores a 12 in (300 mm) de la costura de la soldadura vertical. Para cada anillo, se harán dos grupos horizontales de puntos-un juego en un circunferencia de $1/5$ a $1/4$ de la trayectoria por debajo de la costura horizontal superior como se muestra en la Fig. 3.

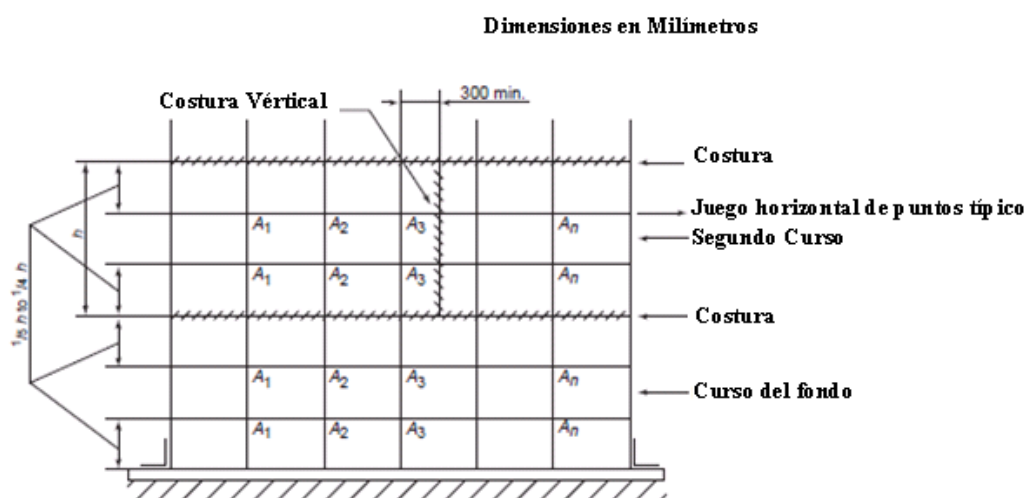


FIGURA 3 - LOCALIZACION DE JUEGOS DE PUNTOS HORIZONTALES EN LA PARED DEL TANQUE.

8.11 Visualice todos los puntos a lo largo del set horizontal, como se indica en la figura 3, por el teodolito y el rayo laser; mueva hasta el siguiente nivel.

Nota: esto asegurará que cada juego de puntos en la pared del tanque esta al mismo nivel para una circunferencia dada.

8.12 Calcular por diferencia, los ángulos α y β , indicados en la figura 4, por cada uno de estos puntos.

8.13 Después de completar todos los puntos de la mediciones ópticas, determine nuevamente la distancia horizontal TL ($TL=D$) si los valores originales y finales de TL no concuerdan con el especificado; repita el procedimiento de calibración hasta que la concordancia se obtenga.

8.14 Chequee los ejes TL , apagando el laser, removiendo los filtros desde el teodolito láser y repitiendo la operación descrita en 8.3 a 8.8. Los ángulos de referencia horizontales originales y finales deben ser con la tolerancia especificada en el 10.2. Si no, repita el procedimiento de calibración hasta que un conjunto de lecturas que terminen en dicho acuerdo se obtenga. Registre los valores promedios de los ángulos de referencia horizontal.

9. PROCEDIMIENTO PARA MEDICIONES EXTERNAS

9.1 General

Las medidas deben estar relacionadas con una circunferencia de referencia usando el procedimiento descrito en el 9.2. O a distancias de referencia medidas entre dos estaciones de teodolitos como se describe en 9.3.

9.2 Circunferencia de referencia medida por cinteo

9.2.1 Circunferencia de referencia

Determinar la circunferencia de referencia usando el método de referencia descrito en el capítulo 2.2.A y en 9.2.1.2 al 9.2.1.6.

9.2.1.1 Tomar la medida de la circunferencia de referencia antes del inicio de las lecturas ópticas.

9.2.1.2 Tome las medidas de la circunferencia de referencia en una posición donde las condiciones de trabajo permiten mediciones fiables. Cinte el tanque a uno de los siguientes niveles:

- a. $\frac{1}{5}$ a $\frac{1}{4}$ de la altura del anillo arriba de la costura horizontal inferior.
- b. $\frac{1}{5}$ a $\frac{1}{4}$ de la altura del anillo por debajo de la costura horizontal superior y repita la medición para archivarla de acuerdo a la tolerancia especificada en 10.3.

Nota: Si establecer de antemano la medición de los ángulos puede ayudar a localizar las posiciones a y b anteriores.

9.2.1.3 Después de completar las lecturas ópticas, repita la medición de las circunferencias de referencia.

9.2.1.4 Las mediciones referidas en 9.2.1.2 y 9.2.1.4 deben concordar dentro de la tolerancia especificada en el 10.3.

9.2.1.5 Si no se obtiene acuerdo, mas mediciones de referencias circunferenciales se deben tomar hasta que dos lecturas consecutivas concuerden. Registre la media aritmética de las dos mediciones, como la circunferencia de referencia. Si las

mediciones consecutivas no concuerdan, determinar las razones del desacuerdo y repita el procedimiento de calibración.

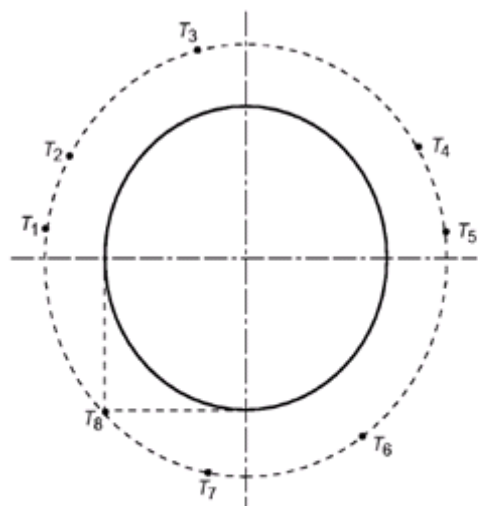
9.2.2 Lecturas de teodolitos

9.2.2.1 Colocar el teodolito óptico fuera del tanque, como se ilustra en la Fig. 5 y como se describe en el 6.2. Las localizaciones de las estaciones deben ser determinadas a fin de dar una representación igual en todo el tanque. El incremento del número de estaciones puede reducir al mínimo cualquier grado de sesgo de una región en particular debido a la localización de la estación.

Nota: Dos estaciones adicionales mas allá del mínimo son recomendadas para acomodar cualquier enfoque de observaciones tangentes que pueden ocurrir cuando se selecciona estas localidades.

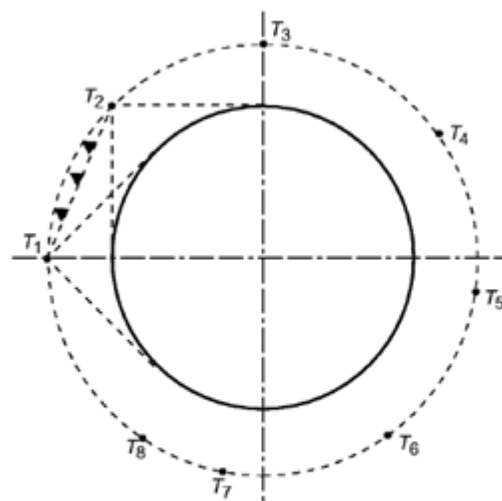
El número mínimo de estaciones, T_1 , T_2 , T_3 , etc. por circunferencia debe ser como las que se dan en la tabla 2.

9.2.2.2 Desde cada estación y por cada nivel (ver 9.2.2.3 y 9.2.2.4), hacer dos observaciones tangencialmente para el tanque en cada sitio del teodolito como se muestra en la Fig. 5. mantenga el mismo ángulo vertical del teodolito en ambas observaciones.



$T_1 \dots T_8 =$ Estaciones de los Teodolitos

Figura 5 - Ejemplo de Localización de estaciones del Teodolito para procedimiento externo basado en la Referencia de la Circunferencia.



$T_1 \dots T_8 =$ Estaciones de los Teodolitos

Figura 6 - Ejemplo de Localización de estaciones del Teodolito para procedimiento externo basado en una referencia de distancia que el procedimiento externo basó las distancias de la referencia entre los pares de Teodolitos.

Nota: esto asegurará que los objetivos previstos en el tanque se encuentren al mismo nivel de una circunferencia dada.

$T_1 \dots T_8 =$ Estaciones de teodolito

Registre los ángulos horizontales sostenidos por las tangentes al teodolito.

9.2.2.3 Para el nivel de referencia, hacer observaciones en el nivel donde la circunferencia de referencia fue medida, ver 9.2.1.

9.2.2.4 Para cada estación de teodolito, eje T_1 ; observar cada uno de los anillos en dos niveles, una en $\frac{1}{5}$ a $\frac{1}{4}$ de altura del anillo sobre la costura horizontal inferior y, el otro en $\frac{1}{5}$ a $\frac{1}{4}$ de la altura del anillo bajo de la costura horizontal superior.

9.2.2.5 Mover el teodolito de la estación T_1 a T_2 a T_3 , etc. hasta que la circunferencia entera sea cubierta. Repita los pasos descritos en cada estación, T_1 , T_2 , T_3 , etc. para

cada nivel. Las lecturas repetidas de los ángulos horizontales registradas en el 9.2.2.2 deben concordar dentro de la tolerancia especificada en el 10.2, si no es así, repetir las mediciones hasta que dos grupos consecutivos concuerdan dentro de la tolerancia. Registrar el ángulo horizontal promedio de cada de los puntos visualizados.

9.3 DISTANCIAS DE REFERENCIA MEDIDA ENTRE PARES DE ESTACIONES DE TEODOLITOS

9.3.1 Colocar las dos estaciones de teodolitos fuera del tanque, fig. 6 por cada 8 estaciones y como describe en el 6.2, usando un teodolito óptico, 5.5.1 y un segundo trípode. El número mínimo de estaciones, T_1 , T_2 , etc., por circunferencia, debe ser como se indica en la Tabla 2.

9.3.2 Determinar la distancia horizontal T_1 , T_2 , entre las dos estaciones de teodolitos por uso del hilo taquimetrico $T_1T_2=D$; con el hilo taquimetrico montada en T_2 como se describe en el 6.3.

Tabla 1 - El mínimo número de estaciones para teodolitos para procedimiento externo.

Circunferencia		Mínimo Número de Puntos
Metros	Pies	
Hasta 50	Hasta 164	4
Por encima de 50 hasta 100	Por encima de 164 hasta 328	6
Por encima de 100 hasta 150	Por encima de 328 hasta 492	8
Por encima de 150 hasta 200	Por encima de 492 hasta 656	10
Por encima de 200 hasta 250	Por encima de 656 hasta 820	12
Por encima de 250 hasta 300	Por encima de 820 hasta 894	15
Por encima de 300	Por encima de 894	18

9.3.3 Desde la estación T_1 , ver tangencialmente la pared del tanque en cada sitio, manteniendo el mismo ángulo vertical del teodolito para las dos observaciones; registrar el ángulo horizontal subtenido en el teodolito.

9.3.4 Dejando el trípode soportado en la misma posición, intercambie el hilo taquimétrico y el dispositivo óptico, de manera que el hilo taquimétrico este en la posición T_1 , y el teodolito en la posición T_2 .

Repita la determinación descrita en el 9.3.2 y 9.3.3.

9.3.5 El valor para D obtenido en 9.3.2 debe concordar con el obtenido en 9.3.4 dentro de las tolerancias dadas en el 10.1. Si no se obtienen concordancias, repita las mediciones, empezando en la estación T_1 , hasta dos valores consecutivos que concuerden. Registre la media aritmética de los dos valores como la distancia horizontal T_1T_2 .

9.3.6 Transfiera el trípode colocado en T_1 a T_3 , dejando el trípode colocado en T_2 en su lugar. Aplicar el procedimiento descrito en 9.3.2 hasta 9.3.4 para las posiciones de T_1 y T_2 a posiciones T_2 y T_3 .

9.3.7 Continúe con el procedimiento descrito anteriormente para todas las estaciones posteriores alrededor de la circunferencia hasta que la estación T_1 sea alcanzada de nuevo.

$T_1T_2 \dots T_8$ = Estaciones teodolíticas

9.3.8 Para cada anillo, repita el procedimiento descrito en el 9.3.2 al 9.3.7 en dos niveles, una a $\frac{1}{5}$ a $\frac{1}{4}$ de la altura encima de la trayectoria de la costura horizontal

inferior y el otro de $\frac{1}{5}$ a $\frac{1}{4}$ de la altura debajo de la trayectoria de la costura horizontal superior.

10. TOLERANCIAS

10.1 Distancias entre teodolitos

La medición de la distancia D, entre las dos estaciones de los teodolitos tomadas antes y después de las lecturas ópticas, no deben diferir por más de la tolerancia dada en la tabla 3.

Tabla 3 - Tolerancia de distancias entre los teodolitos

Distancia	Tolerancias	Distancia	Tolerancias
Metros	Milímetros	Pies	Pulgadas
Hasta 25	2	Hasta 82	3/32
Por encima 25 y hasta 50	4	Por encima 82 y hasta 164	3/16
Por encima 50 y hasta 100	6	Por encima 164 y hasta 328	9/32

Tabla 4 – Tolerancia en la circunferencia de referencia

Circunferencia	Tolerancia	Circunferencia	Tolerancia
Metros	Milímetros	Pies	Pulgadas
Hasta 25	2	Hasta 82	3/32
Por encima de 25 y hasta 50	3	Por encima de 82 y hasta 164	5/32
Por encima de 50 y hasta 100	5	Por encima de 164 y hasta 328	1/4
Por encima de 100 y hasta 200	6	Por encima de 328 y hasta 656	9/32
Por encima 200	8	Por encima 656	3/8

10.2 Ángulos horizontales

Los valores repetidos para la medición de los ángulos horizontales usando los teodolitos no deben diferir por más de 0.01 grados.

10.3 Circunferencia referencial

Las mediciones de circunferencia de referencia tomadas después de las lecturas ópticas, ver 9.2.1, no deben diferir por más de las tolerancias dadas en la tabla 4.

11. OTRAS MEDICIONES PARA LA CALIBRACIÓN DEL TANQUE

11.1 Calibración del fondo del tanque

Calibrar el fondo del tanque por llenado con cantidades medidas de líquido no volátil, preferiblemente agua limpia, como se especifica en el apéndice E, a un nivel mínimo que cubra el fondo completamente, sumergiendo el plato de aforo y eliminando el efecto de las deformaciones del fondo ó alternar, la calibración por un estudio físico usando un plano de referencia para determinar la forma del fondo.

11.2 Determinación de la altura de referencia

Medir toda la altura del punto de referencia en cada dip-hatch; el punto de referencia superior, encima del dip-point, usando el dip-plate y el dip-weight como se especifica en el apéndice F. Registre esta altura a la mas cercana y pequeña marca de graduación del dip-plate y márquelo permanentemente en el tanque adyacente a la tapa de la aforo..

Si es posible compare las medidas de la altura de referencia con las dimensiones correspondientes mostrado en los planos e investigando cualquier discrepancia.

11.3 Otras mediciones y datos

11.3.1 Determinar y procesar los siguientes datos como se describen en el capítulo 2.2.A.

- a.** Espesor de plato y pintura.
- b.** Altura de los anillos.

- c. Densidad y temperatura de trabajo del líquido a ser almacenado.
- d. Altura máxima de llenado.
- e. Obra muerta.
- f. Numero, ancho y espesor de soldaduras verticales o superpuestas (solapas).
- g. Inclinação del tanque.
- h. Forma-altura y masa en aire aparente de un techo flotante o cubierta.

11.3.2 Es necesario en cada tanque hacer referencia la profundidad de inmersión del punto, y este puede ser una posición diferente del dato del punto usado para el propósito de la calibración del tanque, ejemplo: un punto en el ángulo del fondo.

Determinar cualquier diferencia en nivel entre el dato del punto y el punto de inmersión, ya sea por métodos normales de estudio o por otros medios; regístrelo.

11.3.3 Si es posible, compare las mediciones con dimensiones correspondientes mostradas en los planos y verifique cualquier medida que muestre una discrepancia significativa.

12. CALCULO Y DESARROLLO DE LA TABLA DE CAPACIDADES DE TANQUES

12.1 Por procedimientos internos (cláusula 8)

Calcule el radio interno del tanque por el procedimiento descrito en los Apéndices A y B para cada nivel; ejemplo, dos niveles por anillo.

12.2 Procedimiento de circunferencia referencial (cláusula 9.2)

Calcular el radio interno del tanque por el procedimiento descrito en el Apéndice C para cada nivel. Ejemplo: dos niveles por anillo.

12.3 Distancias de referencias entre pares de teodolitos (cláusula 9.3)

Calcular el radio interno del tanque por el procedimiento descrito en el Apéndice D para cada nivel: ejemplo: dos niveles por anillo.

12.4 Desarrollo de la tabla de capacidad del tanque

Las siguientes correcciones (descritas en el capítulo 2.2A) deben ser aplicadas en el cálculo de la tabla de capacidad del tanque:

- a. Espesores de palto y pintura.
- b. Costuras verticales, cuando se sueldan por vueltas.
- c. Efecto de cabeza hidrostática durante la calibración.
- d. Efecto de cabeza hidrostática durante el uso.
- e. Expansión y contracción de la pared del tanque debido a efectos de temperatura.
- f. Inclinación del tanque.
- g. Masa aparente en aire de cualquier tanque flotante o cubierta.
- h. Obra muerta.

12.4.1 Tabla de capacidad del tanque

Calcular la capacidad del tanque y preparar la tabla de capacidad del tanque como se describe en el Capítulo 2.2A.

APÉNDICE A - CÁLCULO DEL RADIO INTERNO POR USO DE MEDICIONES INTERNAS

A.1 Las coordenadas (x,y) de un punto A en la lámina de la pared del tanque relativo a un sistema de ejes rectangulares con centro en T como se muestra en la figura 4 debe ser determinada de las siguientes dos ecuaciones:

$$y = x \tan \alpha \quad (2)$$

$$y = (x - D) \tan \beta \quad (3)$$

Donde:

D = es la distancia, en metros, entre las estaciones de teodolitos (ver 7.4).

α = es el ángulo horizontal entre el punto (Ej.: A) en la lámina de pared y el eje x en la estación del teodolito (ver 8.12).

β = es el ángulo horizontal entre el punto (Ej.: A) en la lámina de pared y el eje x en la estación del laser del teodolito.

De la ecuación 2 y 3:

$$y = \frac{D \tan \beta}{\tan \beta - \tan \alpha} \quad (4)$$

A.2 Usando la ecuación 4 y 2, calcular las coordenadas (x,y) para todos los puntos bajo consideración. Reportar los datos siguientes para cada nivel en la que se establece la horizontal de puntos que fueron seleccionados (ver 8.10):

Paso 1:

$A_{1,1}(x,y), A_{1,2}(x,y), \dots, A_{1,n}(x,y)$

$A_{2,1}(x,y), A_{2,2}(x,y), \dots, A_{2,n}(x,y)$

Paso 2:

$A_{1,1}(x,y), A_{1,2}(x,y), \dots, A_{1,n}(x,y)$

$A_{2,1}(x,y), A_{2,2}(x,y), \dots, A_{2,n}(x,y)$

Paso 3:

$A_{1,1}(x,y), A_{1,2}(x,y), \dots, A_{1,n}(x,y)$

$A_{2,1}(x,y), A_{2,2}(x,y), \dots, A_{2,n}(x,y)$

A.3 Calcular el radio para cada nivel usando el método descrito en el Apéndice B.

APÉNDICE B - DETERMINACIÓN DEL RADIO DEL CÍRCULO POR EL METODO DE MINIMOS CUADRADOS

B.1 Problema

Para determinar el radio del círculo que mejor ajusta los n puntos (x_i, y_i) donde $i = 1, 2, \dots, n$, obtenido desde el cálculo dado en el Apéndice A.

B.2 Principio

El criterio seleccionado para la cual es la mejor opción es que la suma de los cuadrados de las distancias desde el punto (x_i, y_i) a la circunferencia del círculo debe ser el mínimo.

B.3 Solución teórica

La distancia del punto (x_i, y_i) desde la circunferencia del círculo es:

$$\left[\sqrt{(x_i - a)^2 + (y_i - b)^2} \right] - r \quad (5)$$

Donde (a, b) son las coordenadas del punto central del círculo mostrado en la Fig. 7. La suma de los cuadrados de las distancias desde los n puntos hasta el círculo es por

lo tanto:

$$\sum \left\{ \left[\sqrt{(x_i - a)^2 + (y_i - b)^2} \right] - r \right\}^2 \quad (6)$$

La condición de que esto es un mínimo lleva a las siguientes tres ecuaciones con tres valores desconocidos o incógnitas a, b y r:

$$na = \left[\sum x_i \right] - \left[r \sum (x_i - a) / r_i \right] \quad (7)$$

$$nb = \left[\sum y_i \right] - \left[r \sum (y_i - b) / r_i \right] \quad (8)$$

$$nr = \left[\sum r_i \right] \quad (9)$$

Donde:

$$r_i = \sqrt{(x_i - a)^2 + (y_i - b)^2} \quad (10)$$

B.4 Cálculos

Las ecuaciones 7, 8 y 9 deben ser resueltas por cualquier método. Un método sugerido para resolver estas tres ecuaciones es el siguiente:

Paso 1: colocar a, b y r en cero.

Paso 2: calcular los n valores r_i desde la ecuación 10.

Paso 3: Si alguno de estos son cero, reemplazar por el valor de 1 milímetro (esto es para obviar la división para cero en el siguiente paso)

Paso 4: Calcular los nuevos valores de a, b y r de la ecuación 11, 12 y 13 indicadas abajo:

Nuevo valor de a =

$$\left[\sum x_i - r \sum (x_i - a) / r_i \right] * 1 / n \quad (11)$$

Nuevo valor de b =

$$\left[\sum y_i - r \sum (y_i - b) / r_i \right] * 1 / n \quad (12)$$

Nuevo valor de r =

$$r = \left[\sum r_i \right] * 1 / n \quad (13)$$

Paso 5: Sí el nuevo valor de r difiere del valor antiguo por mas de 0.01 mm, reemplazar los valores antiguos de a , b y r por los valores nuevos y regrese al paso 2, caso contrario ir al paso 6.

Paso 6: Redondear el nuevo valor de r a lo más cercano al milímetro como el del radio interno para el set de puntos.

Si algún otro método interactivo es usado, la intención especificada en el paso 5, que dos estimados de r sucesivos que difieran por no más de 0.01 mm, se aplicara.

B.5 EJEMPLO

B.5.1 Datos

Supongamos que la distancia $D=15120$ mm y que, en un nivel, los ángulo α y β para doce puntos en la pared del tanque para el método interno (Ver clausula 8) son como se muestran en la tabla 5.

Tabla 5 – Ejemplo de Datos

Punto	α Grado	β Grado
1	24,232 5	60,925 3
2	44,469 4	94,518 8
3	62,808 5	116,561 6
4	82,977 9	136,219 3
5	112,243 4	158,929 9
6	153,578 9	181,888 2
7	247,466 9	217,230 4
8	283,056 2	234,097 1
9	313,856 0	254,419 7
10	345,536 1	285,315 7
11	367,290 3	317,364 3
12	387,338 9	362,361 6

B.5.2 Solución

Calcular las coordenadas (x, y) para cada punto como se describe en el Apéndice A.

Las coordenadas son mostradas en la tabla 6.

Tabla 6 - Coordenadas Calculadas

Punto	x mm	y mm
1	21 057	8 426
2	16 302	13 690
3	10 780	16 304
4	4 535	16 553
5	- 2 596	13 332
6	- 7 357	6 573
7	- 6 495	- 5 997
8	- 2 918	- 10 705
9	3 065	- 13 857
10	11 903	- 13 701
11	17 954	- 10 133
12	21 607	- 4 355

Determinar el radio del mejor círculo, usando el método del mínimo cuadrado descrito en el B.3. Para el ejemplo especificado, el radio del mejor círculo, alcanzado en 12 iteraciones como se muestra en la tabla 7 es 15558 mm.

Tabla 7 – Solución por Interacción

a mm	b mm	r mm
7 319,613 00	1 344,201 40	16 588,195 00
7 260,352 00	1,239,155 30	15 556,129 00
7 231,926 00	1 200,982 90	15 557,207 00
7 216,363 00	1 184,816 90	15 557,754 00
7 207,766 00	1 178,017 60	15 558,039 00
7 202,992 00	1 175,185 50	15 558,242 00
7 200,328 00	1 174,022 00	15 558,270 00
7 198,836 00	1 173,554 20	15 558,285 00
7 198,000 00	1 173,372 10	15 558,285 00
7 197,523 00	1 173,204 90	15 558,297 00
7 197,258 00	1 173,282 50	15 558,305 00
7 197,109 00	1 173,276 40	15 558,301 00

APÉNDICE C - CÁLCULO DEL RADIO INTERNO DESDE LA CIRCUNFERENCIA DE REFERENCIA Y MEDICIONES EXTERNAS.

C.1 La distancia horizontal T_0 en la Fig. 8 es constante para todos los niveles en que las mediciones fueron tomadas en el tanque. Calcular el valor de la circunferencia de referencia usando la ecuación:

$$T_0 = \frac{C}{2\pi} * \frac{1}{\text{sen}\phi_1}$$

Donde:

C = La circunferencia referencia como se determino en 9.2.1

2Φ = El ángulo horizontal subtenido en el teodolito por el nivel de referencia como se determino en 9.2.2.3

C.2 Sí r es el radio externo en cualquier otro nivel y el correspondiente ángulo horizontal en la estación del teodolito T es $2\Phi_2$ (ver 9.2.2.2), entonces desde la distancia T_0 es constante:

$$\frac{C}{2\pi} * \frac{1}{\text{sen}\phi_1} = \frac{R}{\text{sen}\phi_2}$$

$$r = \frac{C}{2\pi} * \frac{\text{sen}\phi_2}{\text{sen}\phi_1}$$

Calcular el radio externo para cada una de las otras posiciones del teodolito en la misma forma.

C.3 Tome el radio externo en cada nivel para ser el promedio del radio individual calculado para ese nivel. Reste el espesor de la pintura y del plato (ver 11.3.1) para dar el radio interno correspondiente.

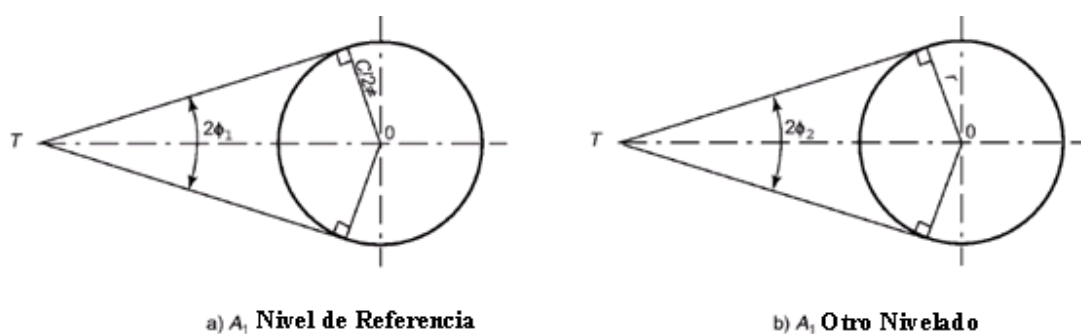


Figura 8 - Radios de la circunferencia de Referencia

APÉNDICE D – CALCULO DEL RADIO INTERNO DE DISTANCIAS DE REFERENCIA ENTRE PARES DE ESTACIONES DE TEODOLITOS

D.1 Las siguientes mediciones, ilustradas en la Fig. 9, son registradas para cada conjunto de lecturas de las estaciones de teodolitos adyacentes.

T_1T_2 = La distancia, en metros, entre las estaciones de teodolitos T_1 y T_2 (9.3.5)

$2\theta_1$ = El ángulo horizontal, en grados, subtenido por las tangentes T_1A y T_1D en la estación de teodolito T_1 (9.3.3).

$2\theta_2$ = El ángulo horizontal, en grados, entre las tangentes T_2B y T_2C ,

α = El ángulo horizontal, en grados, entre las tangentes T_1A y la línea T_1T_2 .

β = El ángulo horizontal, en grados, entre las tangentes T_2C y la T_1T_2 .

D.2 Para calcular el radio externo en los puntos A, B, C y D, se asume que $OA = OD =$

r_1 y $OB = OC = r_2$. Calcular los valores de r_1 y r_2 en metros, desde la ecuaciones 14 y

15, las cuales son derivadas como sigue:

Angulo $OT_1T_2 = \alpha + \theta_1$

Angulo $OT_1T_2 = \beta + \theta_1$

Angulo $T_2OT_1 = \pi - \text{ángulo } OT_1T_2 - \text{ángulo } OT_2T_1$
 $= \pi - [\alpha + \beta + \theta_1 + \theta_2] = \phi$

Desde el triangulo OT_1T_2 usando la regla del seno

$$\frac{T_1T_2}{\text{sen}(T_2OT_1)} = \frac{OT_2}{\text{sen}(OT_1T_2)} = \frac{OT_1}{\text{sen}(OT_2T_1)}$$

$$OT_2 = \frac{\text{sen}(\alpha + \theta_1)}{\text{sen}\phi} * T_1T_2$$

$$OT_1 = \frac{\text{sen}(\beta + \theta_2)}{\text{sen}\phi} * T_1T_2$$

Radio externo $r_2 = OB = OC$

$$\begin{aligned}
 &= OT_2 \sin \theta_2 \\
 &= T_1 T_2 \sin \theta_2 \left[\frac{\sin(\alpha + \theta_1)}{\sin \phi} \right] \quad (14)
 \end{aligned}$$

Radio externo $r_1 = OA = OD$

$$\begin{aligned}
 &= OT_1 \sin \theta_1 \\
 &= T_1 T_2 \sin \theta_1 \left[\frac{\sin(\beta + \theta_2)}{\sin \phi} \right] \quad (15)
 \end{aligned}$$

D.3 Calcular r_1 y r_2 para cada uno de los otros pares de estaciones de teodolitos alrededor del tanque en cada nivel. Restar el espesor del plato y la pintura (ver 11.3.1) para dar el correspondiente radio interno.

Tomar el radio interno para cada nivel del tanque a ser promediado del radio individual calculado para ese nivel.

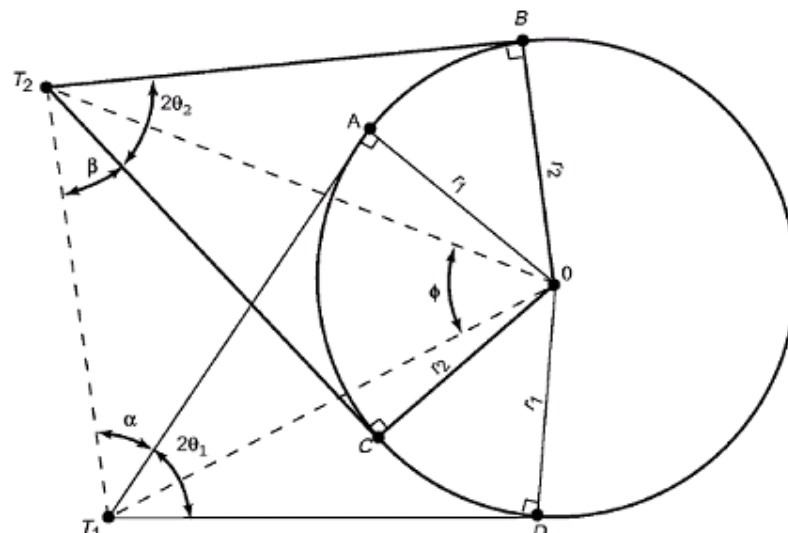


FIGURA 9 - RADIOS EXTERNOS DE LAS DISTANCIAS DE REFERENCIA ENTRE LOS PARES DE TEODOLITOS PARA LAS ESTACIONES .

APÉNDICE E – METODO PARA LA CALIBRACIÓN DE FONDOS DE TANQUES

E.1 Principio

Los fondos de los tanques son calibrados por la introducción en el tanque de cantidades de agua u otro liquido no volátil, que ha sido medido con exactitud, hasta que la inmersión del plato de aforo y que el punto más alto del fondo del tanque sea cubierto.

E.2 Equipo

E.2.1 Un medidor, que tenga un factor de medida conocido o con un medio apropiado que este disponible en el sitio.

E.2.2 Una tubería para líquido de una longitud adecuada para llevar el liquido desde su fuente hasta el medidor y de allí al tanque.

E.2.3 Cinta de aforo y plomada, como se especifica en F.1 y F.2

E.3 Procedimiento

E.3.1 Prepare el medidor (E.2.1) en el sitio y conectarlo con la fuente de la calibración liquida usando la tubería del líquido (E.2.2). Si el medidor va a ser probado en el sitio, pruébalo usando un método apropiado, con el liquido que va a ser usado en la calibración del tanque, antes del comienzo de la calibración del tanque.

E.3.2 Introducir el liquido en el fondo del tanque hasta que el liquido cubra el punto de profundidad (dip-point), asegurando que la tubería entre el medidor y el fondo del

tanque sea llenado antes de la primera entrega. Tenga en cuenta la lectura del medidor, el volumen del líquido transferido al tanque, para obtener el volumen del tanque debajo del punto de dato (datum-point).

E.3.3 Transfiere cantidades medidas de líquido en el tanque hasta que el punto más alto del fondo sea cubierto o el nivel del líquido sea mayor que el punto más bajo en el tanque que va a ser calibrado por cinto. Cuando se complete la transferencia de cada cantidad de líquido medida, mida el nivel de líquido usando la cinta de aforo y la plomada. (E.2.3)

Nota: La pasta de agua o aceite debe ser de ayuda para determinar niveles de líquido exactos.

Registrar los volúmenes del líquido introducido y el nivel de medición de líquido.

Al finalizar la calibración, asegúrese de que la tubería entre el medidor y el fondo del tanque este lleno de líquido.

E.3.4 Después de la calibración del fondo del tanque, vuelva a probar el medidor. Si el factor del medidor ha cambiado ya que el volumen del fondo del tanque puede diferir por más de 0.3%, eliminar la causa de la variación y repita la calibración del fondo del tanque.

Si el factor del medidor ha cambiado pero no suficientemente para que el volumen del fondo del tanque difiera más de 0.3%, tomar el promedio de los dos factores del medidor y use el promedio figurado para determinar los volúmenes del líquido introducido en el tanque.

E.4 Expresión de resultados

Después de completar la calibración del fondo del tanque, introduzca los resultados en el cálculo final de la tabla de capacidad del tanque como se describe en la ISO 7507-1 (Ver 12.4.2).

APÉNDICE F – ESPECIFICACIÓN PARA CINTA DE PROFUNDIDAD (AFORO) Y PLOMADA

F.1 Cinta de profundidad (AFORO)

F.1.1 La cinta de profundidad debe ser hecha de acero al carbón ligero teniendo un contenido de carbono entre 0.7% (m/m) y 1.0% (m/m).

12.4.2 La cinta debe tener un fortaleza de tensión de entre 600 Nm^{-2} y 1850 Nm^{-2} y un coeficiente térmico de expansión de $(11 \pm 1) * 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

F.1.2 La cinta debe ser calibrada a 20°C y bajo una tensión aplicada de 15N. Las condiciones de calibración deben ser marcadas en la cinta o cerca del final del cero de la cinta.

F.1.3 Las graduaciones tendrán una precisión de 1.5 mm en cada 30 m de longitud, cuando la cinta es totalmente apoyada en una superficie a 20°C y sujeta a una tensión de 15N.

F.1.4 La cinta debe estar en una longitud continua y graduada en una sola cara. La cinta debe ser graduada en intervalos de un metro y también en intervalos de un decímetro, centímetro o milímetro.

La longitud de las graduaciones deben ser como sigue:

- a.** En cada metro, en todo el ancho de la cinta.
- b.** En cada decímetro, en todo lo ancho de la cinta.
- c.** A cada centímetro, a lo largo de dos tercios de toda el ancho de la cinta.
- d.** En cada cinco milímetro, a lo largo de la mitad de todo el ancho de la cinta.

- e. A cada milímetro, otro más que cada 5 milímetros, a lo largo de un tercio del ancho total de la cinta.

La distancia desde la marca cero debe ser marcada en cada metro, en una tablilla brillante, a cada centímetro y a cada decímetro. El tamaño de los números usados para denotar las graduaciones en decímetros deberán ser más largos que los usados para denotar las graduaciones en centímetros.

F.1.5 Un gancho giratorio deberá asegurarse de manera permanente (por ejemplo, por medios de remaches) al extremo delantero de la cinta para permitir adjuntar la plomada. El gancho deberá ser tal que no distorsione en el uso y deberá ser equipado con un dispositivo para prevenir la desconexión accidental de la plomada.

Nota: Los ganchos hechos de latón son preferidos.

F.1.6 La cinta no debe ser barnizada o tratada de otro modo para que no sea aislada eléctricamente.

Nota: La cinta debe estar preferiblemente revestida preferiblemente para proteger de corrosión durante el almacenamiento.

F.2 La cinta debe enrollarse en el marco de aleación de latón, con un asa de madera

F.3 Plomada

Nota: La plomada esta destinada a usarse en conjunto y forma parte integral de la cinta de aforo (F.1).

F.3.1 La plomada debe ser hecha de latón u otro de material de similar densidad que no produzca chispas.

F.3.2 La plomada debe estar agujereada en su parte terminal superior. El agujero debe tener un diámetro variable dimensionado para acomodar el gancho giratorio (Ver F.1.5). Cuando se conecta a la cinta de profundidad (aforo), el peso y la cinta deben proveer un al equipo una medición de longitud continua.

Nota: Las secciones superior e inferior del peso deben preferiblemente ser cambiadas. El fondo debe ser preferiblemente de 13 mm de diámetro aproximadamente.

F.3.3 Si el peso se fabrica con una cara plana en un lado y si esta cara es graduada en intervalos de un centímetro y un milímetro, las marcas de graduación en cada centímetro serán mayores que los que están en cada milímetro y deberán ser numeradas.

CAPITULO III

III. SELECCIÓN DE LOS METODOS A COMPARAR.

Los métodos elegidos para comparación en este anteproyecto de tesis serán:

- a.** Calibración líquida por llenado
- b.** Calibración geométrica por ORLM (Método óptico de la línea de referencia).

Se sustenta estos métodos para estudio debido a que por un caso la calibración líquida es el método de mayor precisión para la determinación de volúmenes en tanques de almacenamiento; y se lo procede a comparar con la calibración geométrica del ORLM.

III.1. CALIBRACION LIQUIDA (POR LLENADO)

Para este procedimiento se utilizarán:

- a.** Patrones volumétricos de 5 y 50 galones.
- b.** Cinta de aforo.
- c.** Pasta identificadora de corte de agua.

Como ya se lo mencionó en el Capítulo II, este método consiste en enrasar los patrones volumétricos con su volumen nominal y adicionarlo al tanque a calibrarse, y se va determinando los incrementos de altura por volumen adicionado, con la ayuda de la cinta de aforo y la pasta identificadora de agua.

III.2 CALIBRACION POR EL METODO DE LA LINEA OPTICA DE REFERENCIA.-

Para este método de calibración, el cual es una combinación de las normativas API MPMS 2.2A y API MPMS 2.2B, se contará con los siguientes equipos :

- a. Nivel óptico.
- b. Plomada óptica.
- c. Mira óptica (regla de 150 cm.).
- d. Trolley tank.
- e. Trípode.
- f. Cinta de strapping de 150 mts.
- g. Cinta de aforo de 30 mts.
- h. Cinta de strapping master de 30 mts.
- i. Tensiómetro.
- j. Hand tape.

Como ya se menciona también en el capítulo II, este método consiste en tomar las dimensiones geométricas del tanque para lo cual se hará uso de instrumentos ópticos que nos ayudarán a determinar los niveles del piso y los diámetros/radios de cada anillo, y mediante el uso de las cintas se determinará la circunferencia de referencia, las alturas de cada anillo y las dimensiones de las obras muertas presentes con su respectiva influencia; y los datos de campo obtenidos serán ingresados en un software

de calibración . donde se determinará la capacidad total del tanque con sus respectivos incrementos volumétricos por altura.

CAPITULO IV

DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS EN CAMPO

Para realizar los trabajos de campo se utilizó un tanque de almacenamiento de SLOP perteneciente a la empresa EP-PETROECUADOR en sus instalaciones de la Refinería La Libertad, de capacidad nominal 1600 barriles, realizando en este tanque ambos métodos de calibración que están en estudio de comparación.

IV.1 Procedimiento Aplicado a la Calibración Geométrica.-

Antes del procedimiento de realización de esta calibración líquida fue necesario que el tanque haya pasado las pruebas hidrostáticas y de ensayos no destructivos (medición de espesores, pruebas de tintas penetrantes, etc.); como a la vez sacar todos los permisos necesarios para el ingreso a la Refinería “La Libertad”, y permisos de trabajo en la locación (Terminal), esto con la finalidad de asegurar las condiciones seguras de trabajo.



Adicionalmente se verificó que el tanque de almacenamiento se encuentre seco, abierto y ventilado, es decir que estén abiertos los manholes para poder ingresar a tomar las medidas correspondientes.

Una vez que se realizaron todos los pasos anteriores se procedió bajo el siguiente procedimiento:

- a. Se identifica el tanque a trabajar y se recoge toda la información existente en su placa de identificación.



- b. Se procede a revisar la parte interna del tanque verificando que se encuentre totalmente vacío tanto el tanque propiamente dicho como sus líneas de carga y descarga (esto con la finalidad de que quede listo para el posterior procedimiento de calibración a aplicarse para objeto de estudio).



- c. Procedemos a preparar todo el equipo para tomar los datos de campo, y comenzamos con la toma de medida de la circunferencia del tanque, procediendo a usar la cinta de strapping.
- d. Verificamos la cinta de trabajo con la cinta master en intervalos de medida de 1 metro en varias partes de la cinta considerando el diámetro nominal con la finalidad de garantizar la precisión de las mediciones.
- e. Tomamos la altura del primer anillo y marcamos como referencia el 80 % de la altura del mismo, procediendo a marcar alrededor del tanque con la finalidad de ubicar sobre estas marcas la cinta. Con la cinta de strapping rodeamos el tanque a la altura marcada del 80%, verificando que en su recorrido a través del tanque no afecte algún accesorio, una vez colocada la cinta a la altura deseada, procedemos a tensionar la cinta a una presión de 20 libras y procedemos a leer la circunferencia del tanque, repitiendo este proceso tres veces consecutivas para comprobar la lectura.



- f. Una vez obtenida la circunferencia de referencia procedimos a determinar el número de estaciones horizontales de acuerdo a la Tabla N° 1 en el capítulo II.2B.6 y procedemos a marcarlas en el cuerpo del tanque.
- g. Ya obtenidas las estaciones horizontales procedimos a armar el equipo compuesto por: un trolley tank y una plomada óptica, colocando la plomada óptica en cada estación horizontal y haciendo deslizar en la misma estación que se encuentra la plomada al trolley tank por 2 estaciones verticales por cada anillo (al 20% y al 80% de la altura del anillo) procediendo a tomar las lecturas por cada anillo y a registrar los valores obtenidos en los formatos de campo.



- h.** Una vez terminado la toma de lecturas de la pared del tanque, procedimos a medir las alturas de cada anillo para determinar la altura cilíndrica del tanque, así también la altura desde el punto de medición (punto de aforo) hasta la escotilla de medición del tanque (hatch cover) y procedimos a determinar la altura de referencia del mismo.



- i.** Tomamos los datos de numero de soldaduras por anillo, así también su respectivo ancho y profundidad promedio de las mismas.



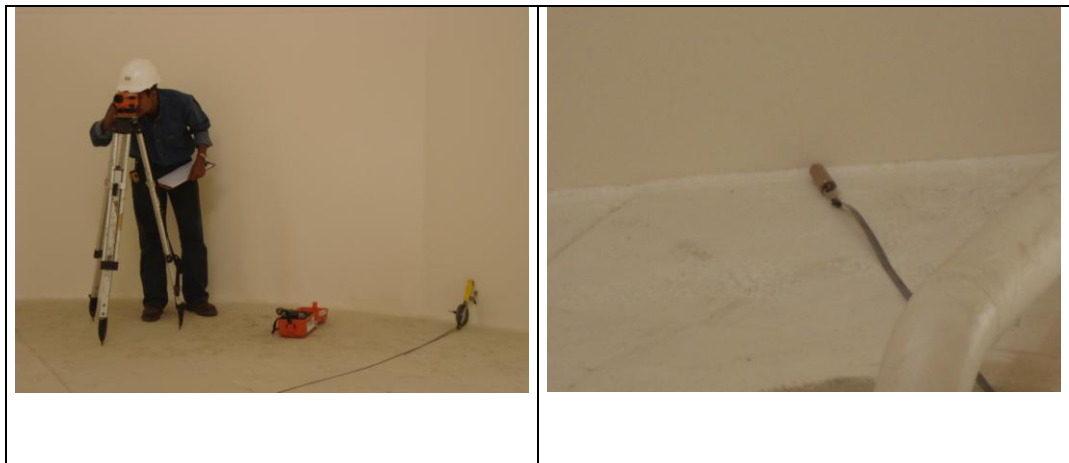
- j. Continuando con la toma de datos procedimos a determinar los daewood u obra muerta presente en el tanque, la cual tienen injerencias positivas y a registrarlos en el formato de campo, calculamos su volumen y determinamos su punto de injerencia (intervalo de altura del daewood) en el tanque.



- k. Concluido la toma de datos en la parte externa del tanque se procede a ingresar al interior del mismo (el cual estaba completamente vacío y con suficiente oxígeno), para realizar la toma de daewood internos y determinar el volumen del fondo del tanque, el cual lo realizamos con un nivel óptico y una mira óptica de 150 cm.



- l.** Para el cálculo del volumen muerto y volumen del fondo del tanque debemos determinar el centro del tanque y el punto donde caerá la plomada de la cinta de aforo (punto de aforo).
- m.** Una vez que se determinó el centro del tanque y el punto de aforo, se procedió a dividir la parte interna del tanque en secciones equidistantes de 45° , y se colocó el equipo de medición (nivel óptico) en un punto fijo y se lo procede a ajustar (mediante la nivelación de su ojo de pollo) para realizar la toma de las lecturas desde el centro hasta la pared del tanque en tramos divididos longitudinalmente en cada sección considerando las sugerencias dadas en el capítulo II.2.A , procediendo a registrar todas estas lecturas en el formato de campo.



- n. Concluido esta toma de datos se procede a tomar los datos de los daewood u obra muerta negativa es decir la obra muerta que disminuye volumen al tanque y determinamos su punto de injerencia (intervalo de altura del daewood) en el tanque. Hay que considerar que en el interior del tanque también se encuentran daewood positivos tales como los sumideros, y a los cuales se les tomó las dimensiones para calcular su volumen y su injerencia en el tanque.
- o. Terminado la toma de datos se revisó las hojas de campo y se verificó que los datos estén completos, donde se procedió a ingresarlos en un software diseñado para el cálculo de las tablas de calibración de tanques cilíndricos verticales por el método combinado de las normas API 2.2.A y 2.2B; cabe recalcar que este software pertenece a la empresa nombrada anteriormente.

IV.2 Procedimiento Aplicado a Calibración Líquida.-

Para este procedimiento de calibración líquida se procedió a utilizar el mismo tanque al cual se realizó la calibración geométrica por el método de ORLM, y fue necesario solicitar a las autoridades de EP-PETROECUADOR de Refinería “La Libertad”, que procedan a cerrar las entradas de hombre del tanque (manhole) quedando solo abierta la escotilla de medición ubicada en la parte superior del tanque después que la adición volumétrica llegó hasta el fondo del tanque.

A continuación se detalla el procedimiento de campo realizado durante esta calibración:

- a.** Se identifica el tanque a trabajar y se recoge toda la información existente en su placa de identificación (este paso ya lo habíamos realizado en la calibración geométrica).
- b.** Se procede a revisar la parte interna del tanque verificando que se encuentre totalmente vacío tanto el tanque propiamente dicho como sus líneas de carga y descarga (paso también realizado en la calibración geométrica).
- c.** Una vez que se verificó que el tanque y sus líneas de carga y descarga están vacías se verifica que todas las válvulas de carga y descarga del tanque se encuentren cerradas.
- d.** Procedemos a verificar la parte superior del tanque con la finalidad de establecer la resistencia del sitio donde se ubicará el patrón volumétrico.



- e. Una vez que se establece el sitio, procedemos a subir el patrón volumétrico, realizar las conexiones respectivas de suministro de agua, carga y descarga del patrón volumétrico, una vez instaladas las líneas de suministro de agua se procede a nivelar el patrón volumétrico con la finalidad de establecer la correcta posición y obtener precisión en las lecturas de enrase.
- f. Identificamos la escotilla de medición para establecer el punto de aforo y leer la respectiva altura de referencia.



- g. Se procede a llenar el patrón volumétrico de 50 galones y vaciarlo en el interior del tanque hasta que el volumen del líquido este lo más cercano al punto de aforo.
- h. Una vez que el nivel del líquido estuvo lo más cercano al punto de aforo, se procedió a utilizar el patrón volumétrico de 5 galones hasta que el volumen del líquido ingresado alcanzó dicho punto, y este volumen fue registrado en nuestro formato de campo, el cual la norma API lo denomina como volumen muerto.
- i. Una vez registrado el volumen muerto, procedemos al llenado con el patrón volumétrico de 50 galones y cada 100 galones adicionados se determinó con la ayuda de la cinta de medición de altura (cinta de aforo) y la pasta identificadora de agua la altura del líquido por encima del punto de aforo.
- j. Una vez que el líquido alcanza el llenado del fondo cónico del tanque se procedió a registrar en nuestro formato de campo, tanto el volumen, como la altura del líquido por arriba del punto de aforo; a esta altura la norma API la denomina **zona crítica**.
- k. Luego de alcanzar la zona crítica se reanudó el llenado con el patrón volumétrico de 50 galones y se registraron en el formato de campo las alturas marcadas en la cinta de aforo por cada 200 galones de incremento, hasta llegar lo más cercano a la altura operativa del tanque.
- l. Se continúa el llenado con el patrón volumétrico de 5 galones y se registran medidas hasta llegar al completo llenado operativo del tanque.

- m.** Finalmente con los datos obtenidos se los ingreso a un software diseñado para cálculo de las tablas de calibración de tanques cilíndricos verticales por el método de calibración líquida.

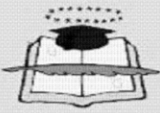
CAPITULO V

Cálculos y comparaciones de los métodos.-

A continuación detallamos el proceso de cálculo empleado, tales como los formatos de recolección de datos de campo, la memoria técnica y la tabla de calibración de ambos métodos y las desviaciones existentes entre los dos métodos.

V.1 CALCULOS Y DETERMINACION VOLUMETRICA DE LA CALIBRACION LIQUIDA.

V.1.1 DATOS DE CAMPO

	Titulo: CALIBRACION LIQUIDA DE TANQUE
---	---

ALTURA DEL LIQUIDO, mm		VOLUMEN					TEMPERATURA	Observaciones
Cilindrica	Aforo	GALONES	ACUMULADO			°F		
			GALONES	BARRILES	M3		LITROS	
5787		0	0	0.00	0.000	0		
5787		0	0	0.00	0.000	0		
5787		0	0	0.00	0.000	0		
5787		0	0	0.00	0.000	0		
5787		0	0	0.00	0.000	0		
5787		0	0	0.00	0.000	0		
5787		0	0	0.00	0.000	0		
5787		0	0	0.00	0.000	0		
5787		0	0	0.00	0.000	0		
5787		0	0	0.00	0.000	0		
5787		0	0	0.00	0.000	0		
5787	0	85	85	2.02	0.321	321	74.4	Punto 0 de la Placa de Aforo
5787		85	85	2.02	0.321	321	74.4	
5787		85	85	2.02	0.321	321	74.4	
5787		85	85	2.02	0.321	321	74.4	
5787	20	20	105	2.50	0.397	397	74.4	
5787	25	40	145	3.45	0.549	549	74.4	
5787	28	20	165	3.93	0.625	625	76.4	
5787	30	20	185	4.40	0.700	700	78.1	
5787	32	20	205	4.88	0.776	776	81.2	
5787	34	20	225	5.36	0.852	852	82.4	
5787	36	20	245	5.83	0.927	927	82.9	
5787	38	20	265	6.31	1.003	1003	82.9	
5787	40	20	285	6.79	1.080	1080	82.9	
5787	41	20	305	7.26	1.154	1154	82.9	
5787	43	20	325	7.74	1.231	1231	82.8	
5787	45	25	350	8.33	1.324	1324	82.9	
5787	47	20	370	8.81	1.401	1401	82.9	
5787	48	20	390	9.29	1.477	1477	82.9	
5787	50	20	410	9.76	1.552	1552	82.9	
5787	51	20	430	10.24	1.628	1628	82.9	
5787	52	20	450	10.71	1.703	1703	83.0	

TANQUE No. TQ-85

ALTURA Cilindrica a placa de aforo:

-10 (Medida por Levantamiento Topográfico)

ALTURA Cilindrica del cono del fondo del tanque:

20 (Medida por Levantamiento Topográfico)

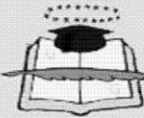
Distancia de pared del tanque a punto de aforo:

235

Forma del Fondo del Tanque:

Cónico hacia arriba

Punto más alto de Lectura

	Título: CALIBRACION LIQUIDA DE TANQUE
---	--

ALTURA DEL LIQUIDO, mm		V O L U M E N					TEMPERATURA	Observaciones
Cilindrica	Aforo	GALONES	ACUMULADO					
			GALONES	BARRILES	M3	LITROS	°F	
5787	54	20	470	11.19	1.779	1779	83.0	
5787	56	20	490	11.67	1.855	1855	83.1	
5787	57	20	510	12.14	1.930	1930	83.0	
5787	58	20	530	12.62	2.006	2006	83.0	
5787	60	20	550	13.10	2.083	2083	83.1	
5787	62	20	570	13.57	2.157	2157	83.1	
5787	63	20	590	14.05	2.234	2234	82.8	
5787	65	20	610	14.52	2.308	2308	82.7	
5787	66	20	630	15.00	2.385	2385	81.8	
5787	68	20	650	15.48	2.461	2461	81.5	
5787	69	20	670	15.95	2.536	2536	81.5	
5787	71	20	690	16.43	2.612	2612	81.4	
5787	72	20	710	16.90	2.687	2687	81.1	
5787	74	20	730	17.38	2.763	2763	81.1	
5787	75	20	750	17.86	2.840	2840	81.1	
5787	77	20	770	18.33	2.914	2914	81.1	
5787	78	20	790	18.81	2.991	2991	80.8	
5787	80	20	810	19.29	3.067	3067	80.9	
5787	81	20	830	19.76	3.142	3142	80.6	
5787	83	20	850	20.24	3.218	3218	80.5	
5787	85	20	870	20.71	3.293	3293	80.5	
5787	86	20	890	21.19	3.369	3369	79.4	
5787	87	20	910	21.67	3.445	3445	79.8	
5787	90	40	950	22.62	3.596	3596	79.7	
5787	92	50	1000	23.81	3.785	3785	79.8	
5787	95	50	1050	25.00	3.975	3975	79.7	
5787	101	50	1100	26.19	4.164	4164	79.4	
5787	105	50	1150	27.38	4.353	4353	79.2	
5787	109	50	1200	28.57	4.542	4542	79.3	
5787	113	50	1250	29.76	4.731	4731	79.3	
5787	118	50	1300	30.95	4.921	4921	79.4	
5787	122	50	1350	32.14	5.110	5110	79.3	
5787	125	50	1400	33.33	5.299	5299	79.4	
5787	128	50	1450	34.52	5.488	5488	79.3	
5787	132	50	1500	35.71	5.677	5677	79.4	
5787	136	50	1550	36.90	5.867	5867	79.2	Altura del Cono
5787	140	50	1600	38.10	6.057	6057	79.1	

TANQUE No. TQ-85

ALTURA Cilindrica a placa de aforo:

ALTURA Cilindrica del cono del fondo del tanque:

Distancia de pared del tanque a punto de aforo:

Forma del Fondo del Tanque:

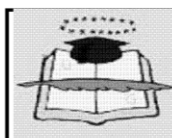
Punto más alto de Lectura

-10 (Medida por Levantamiento Topográfico)

20 (Medida por Levantamiento Topográfico)

235

Cónico hacia arriba



Titulo:

CALIBRACION LIQUIDA DE TANQUE

[illegible]

TANQUE No. TQ-85

ALTURA Cilíndrica a placa de aforo:

ALTURA Cilíndrica del cono del fondo del tanque:

Distancia de pared del tanque a punto de aforo:

Forma del Fondo del Tanque:

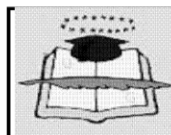
Punto más alto de Lectura

-10 (Medida por Levantamiento Topográfico)

20 (Medida por Levantamiento Topográfico)

235

Cónico hacia arriba



Título:

CALIBRACION LIQUIDA DE TANQUE

ALTURA DEL LIQUIDO, mm		VOLUMEN					TEMPERATURA	Observaciones
Cilindrica	Aforo	GALONES	ACUMULADO					
			GALONES	BARRILES	M3	LITROS	°F	
5787	284	50	3500	83.33	13.248	13248	75.6	
5787	288	50	3550	84.52	13.438	13438	75.6	
5787	292	50	3600	85.71	13.627	13627	75.9	
5787	296	50	3650	86.90	13.816	13816	75.8	
5787	298	50	3700	88.10	14.007	14007	75.8	
5787	303	50	3750	89.29	14.196	14196	75.9	
5787	307	50	3800	90.48	14.385	14385	75.9	
5787	310	50	3850	91.67	14.574	14574	75.9	
5787	314	50	3900	92.86	14.764	14764	75.9	
5787	318	50	3950	94.05	14.953	14953	75.9	
5787	321	50	4000	95.24	15.142	15142	75.9	
5787	324	50	4050	96.43	15.331	15331	75.9	
5787	328	50	4100	97.62	15.520	15520	75.9	
5787	332	50	4150	98.81	15.710	15710	75.9	
5787	337	50	4200	100.00	15.899	15899	75.9	
5787	339	50	4250	101.19	16.088	16088	75.9	
5787	343	50	4300	102.38	16.277	16277	75.9	
5787	347	50	4350	103.57	16.466	16466	75.9	
5787	353	50	4400	104.76	16.656	16656	75.9	
5787	356	50	4450	105.95	16.845	16845	75.9	
5787	359	50	4500	107.14	17.034	17034	75.9	
5787	364	50	4550	108.33	17.223	17223	75.9	
5787	367	50	4600	109.52	17.412	17412	75.9	
5787	371	50	4650	110.71	17.601	17601	75.9	
5787	374	50	4700	111.90	17.791	17791	76.0	
5787	377	50	4750	113.10	17.981	17981	76.1	
5787	382	50	4800	114.29	18.171	18171	76.1	
5787	386	50	4850	115.48	18.360	18360	76.1	
5787	389	50	4900	116.67	18.549	18549	76.1	
5787	392	50	4950	117.86	18.738	18738	76.1	
5787	396	50	5000	119.05	18.927	18927	76.1	
5787	401	50	5050	120.24	19.117	19117	76.1	
5787	405	50	5100	121.43	19.306	19306	76.1	
5787	409	50	5150	122.62	19.495	19495	72.5	
5787	414	50	5200	123.81	19.684	19684	72.4	
5787	418	50	5250	125.00	19.873	19873	72.5	
5787	422	50	5300	126.19	20.063	20063	72.5	

TANQUE No. TQ-85

ALTURA Cilíndrica a placa de aforo:

-10 (Medida por Levantamiento Topográfico)

ALTURA Cilíndrica del cono del fondo del tanque:

20 (Medida por Levantamiento Topográfico)

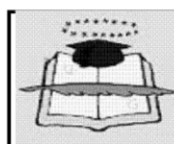
Distancia de pared del tanque a punto de aforo:

235

Forma del Fondo del Tanque:

Cónico hacia arriba

Punto más alto de Lectura



Título:

CALIBRACION LIQUIDA DE TANQUE

ALTURA DEL LIQUIDO, mm		V O L U M E N					TEMPERATURA	Observaciones
Cilindrica	Aforo	GALONES	ACUMULADO					
			GALONES	BARRILES	M3	LITROS		
5787	425	50	5350	127.38	20.252	20252	72.5	
5787	428	50	5400	128.57	20.441	20441	72.5	
5787	431	50	5450	129.76	20.630	20630	72.5	
5787	434	50	5500	130.95	20.819	20819	72.6	
5787	438	50	5550	132.14	21.009	21009	72.6	
5787	443	50	5600	133.33	21.198	21198	72.6	
5787	447	50	5650	134.52	21.387	21387	72.7	
5787	451	50	5700	135.71	21.576	21576	72.8	
5787	455	50	5750	136.90	21.765	21765	72.8	
5787	458	50	5800	138.10	21.956	21956	72.9	
5787	462	50	5850	139.29	22.145	22145	72.9	
5787	465	50	5900	140.48	22.335	22335	72.9	
5787	468	50	5950	141.67	22.524	22524	72.9	
5787	471	50	6000	142.86	22.713	22713	72.9	
5787	475	50	6050	144.05	22.902	22902	73.0	
5787	479	50	6100	145.24	23.091	23091	73.0	
5787	483	50	6150	146.43	23.281	23281	73.1	
5787	488	50	6200	147.62	23.470	23470	73.2	
5787	495	100	6300	150.00	23.848	23848	73.3	
5787	503	100	6400	152.38	24.226	24226	73.3	
5787	513	100	6500	154.76	24.605	24605	73.5	
5787	520	100	6600	157.14	24.983	24983	73.5	
5787	527	100	6700	159.52	25.362	25362	73.5	
5787	534	100	6800	161.90	25.740	25740	73.6	
5787	540	100	6900	164.29	26.120	26120	73.7	
5787	548	100	7000	166.67	26.498	26498	73.9	
5787	557	100	7100	169.05	26.877	26877	73.9	
5787	564	100	7200	171.43	27.255	27255	74.0	
5787	572	100	7300	173.81	27.634	27634	74.0	
5787	579	100	7400	176.19	28.012	28012	74.2	
5787	586	100	7500	178.57	28.390	28390	74.3	
5787	595	100	7600	180.95	28.769	28769	74.3	
5787	604	100	7700	183.33	29.147	29147	74.5	
5787	610	100	7800	185.71	29.526	29526	74.6	
5787	617	100	7900	188.10	29.906	29906	74.6	
5787	624	100	8000	190.48	30.284	30284	74.6	
5787	630	100	8100	192.86	30.662	30662	74.6	

TANQUE No. TQ-85

ALTURA Cilíndrica a placa de aforo:

-10 (Medida por Levantamiento Topográfico)

ALTURA Cilíndrica del cono del fondo del tanque:

20 (Medida por Levantamiento Topográfico)

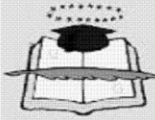
Distancia de pared del tanque a punto de aforo:

235

Forma del Fondo del Tanque:

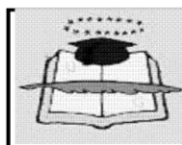
Cónico hacia arriba

Punto más alto de Lectura

	Titulo: CALIBRACION LIQUIDA DE TANQUE
---	--

ALTURA DEL LIQUIDO, mm		V O L U M E N					TEMPERATURA	Observaciones
Cilindrica	Aforo	GALONES	ACUMULADO			°F		
			GALONES	BARRILES	M3		LITROS	
5787	638	100	8200	195.24	31.041	31041	74.9	
5787	647	100	8300	197.62	31.419	31419	74.9	
5787	660	200	8500	202.38	32.176	32176	75.0	
5787	688	300	8800	209.52	33.311	33311	75.1	
5787	703	200	9000	214.29	34.069	34069	75.3	
5787	715	200	9200	219.05	34.826	34826	75.5	
5787	730	200	9400	223.81	35.583	35583	75.7	
5787	742	200	9600	228.57	36.340	36340	75.8	
5787	756	200	9800	233.33	37.097	37097	76.0	
5787	772	200	10000	238.10	37.855	37855	76.2	
5787	788	200	10200	242.86	38.612	38612	76.5	
5787	804	200	10400	247.62	39.368	39368	76.5	
5787	812	100	10500	250.00	39.747	39747	76.7	
5787	852	500	11000	261.90	41.639	41639	77.1	
5787	893	500	11500	273.81	43.532	43532	77.5	
5787	932	500	12000	285.71	45.424	45424	77.6	
5787	970	500	12500	297.62	47.318	47318	77.9	
5787	1008	500	13000	309.52	49.210	49210	77.9	
5787	1043	500	13500	321.43	51.103	51103	78.0	
5787	1082	500	14000	333.33	52.995	52995	74.9	
5787	1121	500	14500	345.24	54.889	54889	75.0	
5787	1160	500	15000	357.14	56.781	56781	75.0	
5787	1198	500	15500	369.05	58.674	58674	75.1	
5787	1236	500	16000	380.95	60.566	60566	75.2	
5787	1275	500	16500	392.86	62.460	62460	75.2	
5787	1312	500	17000	404.76	64.352	64352	75.4	
5787	1351	500	17500	416.67	66.245	66245	75.5	
5787	1390	500	18000	428.57	68.137	68137	75.6	
5787	1466	1000	19000	452.38	71.923	71923	75.9	
5787	1543	1000	20000	476.19	75.708	75708	75.9	
5787	1619	1000	21000	500.00	79.494	79494	76.1	
5787	1693	1000	22000	523.81	83.279	83279	76.1	
5787	1771	1000	23000	547.62	87.065	87065	72.9	
5787	1845	1000	24000	571.43	90.850	90850	72.9	
5787	1925	1000	25000	595.24	94.636	94636	73.0	
5787	1998	1000	26000	619.05	98.421	98421	73.2	
5787	2077	1000	27000	642.86	102.207	102207	73.2	

TANQUE No. <u>TQ-85</u>	
ALTURA Cilíndrica a placa de aforo:	-10 (Medida por Levantamiento Topográfico)
ALTURA Cilíndrica del cono del fondo del tanque:	20 (Medida por Levantamiento Topográfico)
Distancia de pared del tanque a punto de aforo:	235
Forma del Fondo del Tanque:	Cónico hacia arriba
Punto más alto de Lectura	



Título:

CALIBRACION LIQUIDA DE TANQUE

ALTURA DEL LIQUIDO, mm		V O L U M E N					TEMPERATURA	Observaciones
		GALONES	ACUMULADO					
Cilindrica	Aforo		GALONES	BARRILES	M3	LITROS	°F	
5787	2150	1000	28000	666.67	105.992	105992	73.2	
5787	2229	1000	29000	690.48	109.778	109778	73.4	
5787	2304	1000	30000	714.29	113.563	113563	72.6	
5787	2382	1000	31000	738.10	117.349	117349	72.6	
5787	2457	1000	32000	761.90	121.132	121132	72.6	
5787	2531	1000	33000	785.71	124.918	124918	72.5	
5787	2608	1000	34000	809.52	128.703	128703	72.5	
5787	2683	1000	35000	833.33	132.489	132489	72.5	
5787	2759	1000	36000	857.14	136.274	136274	72.6	
5787	2835	1000	37000	880.95	140.060	140060	72.8	
5787	2910	1000	38000	904.76	143.845	143845	72.9	
5787	2987	1000	39000	928.57	147.631	147631	72.9	
5787	3062	1000	40000	952.38	151.416	151416	72.9	
5787	3141	1000	41000	976.19	155.202	155202	73.1	
5787	3214	1000	42000	1000.00	158.987	158987	72.2	
5787	3294	1000	43000	1023.81	162.773	162773	72.2	
5787	3372	1000	44000	1047.62	166.558	166558	72.5	
5787	3434	1000	45000	1071.43	170.344	170344	72.5	
5787	3514	1000	46000	1095.24	174.129	174129	72.5	
5787	3593	1000	47000	1119.05	177.915	177915	72.5	
5787	3668	1000	48000	1142.86	181.700	181700	72.9	
5787	3749	1000	49000	1166.67	185.486	185486	73.9	
5787	3829	1000	50000	1190.48	189.271	189271	74.2	
5787	3908	1000	51000	1214.29	193.057	193057	74.2	
5787	3980	1000	52000	1238.10	196.842	196842	72.5	
5787	4061	1000	53000	1261.90	200.626	200626	72.5	
5787	4134	1000	54000	1285.71	204.412	204412	72.5	
5787	4212	1000	55000	1309.52	208.197	208197	72.5	
5787	4282	1000	56000	1333.33	211.983	211983	72.6	
5787	4358	1000	57000	1357.14	215.768	215768	72.7	
5787	4438	1000	58000	1380.95	219.554	219554	72.7	
5787	4513	1000	59000	1404.76	223.339	223339	72.7	
5787	4586	1000	60000	1428.57	227.125	227125	72.7	
5787	4662	1000	61000	1452.38	230.910	230910	72.7	
5787	4743	1000	62000	1476.19	234.695	234695	72.7	
5787	4820	1000	63000	1500.00	238.481	238481	72.7	
5787	4893	1000	64000	1523.81	242.266	242266	72.7	

TANQUE No. **TQ-85**

ALTURA Cilíndrica a placa de aforo:

-10 (Medida por Levantamiento Topográfico)

ALTURA Cilíndrica del cono del fondo del tanque:

20 (Medida por Levantamiento Topográfico)

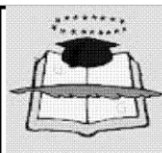
Distancia de pared del tanque a punto de aforo:

235

Forma del Fondo del Tanque:

Cónico hacia arriba

Punto más alto de Lectura



Titulo:

CALIBRACION LIQUIDA DE TANQUE

[illegible]

TANQUE No. TQ-85

ALTURA Cilíndrica a placa de aforo:

ALTURA Cilíndrica del cono del fondo del tanque:

Distancia de pared del tanque a punto de aforo:

Forma del Fondo del Tanque:

Punto más alto de Lectura

-10 (Medida por Levantamiento Topográfico)

20 (Medida por Levantamiento Topográfico)

235

Cónico hacia arriba

MEMORIA TECNICA

EMPRESA EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL)
PLANTA REFINERIA "LA LIBERTAD"
TANQUE TQ - 85 / ALMACENAMIENTO DE SLOP
PRODUCTO SLOP

Temperatura calibración equipo Patron, °F: 80.0
Temperatura media de calibración Líquida, °F: 80
Temperatura media de Operación, °F: 82.9
Incremento Promedio L/mm 51.1456

Altura de Tabla 5445

Vol. Obs. Por SERAPHIN

Vol. Uds. Por Serafin																				
Altura Refer.	Altura Aforo	Serafin Glns	por medicion			acumulado			temp. °F	Factores Correc. Temp.		Volumen Ingresado			Vol. ACUMULADOS			INCREMENTOS		
			m3	BBIs	Glns	m3	BBIs	Glns		Cal. Liquida	Operación	m3	BBIs	Glns	m3	BBIs	Glns	L / mm	Bbls/mm	Gal/mm
5787	273	50	0.189	1.19	50	12.681	79.76	3350	75.5	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	12.679	79.88	3350	47.25000	0.297	12.500
5787	277	50	0.189	1.19	50	12.870	80.95	3400	75.6	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	12.868	81.07	3400	47.25000	0.297	12.500
5787	280	50	0.189	1.19	50	13.060	82.14	3450	75.6	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	13.057	82.26	3450	63.00000	0.397	16.667
5787	284	50	0.189	1.19	50	13.249	83.33	3500	75.6	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	13.246	83.45	3500	47.25000	0.297	12.500
5787	288	50	0.189	1.19	50	13.438	84.52	3550	75.6	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	13.435	84.64	3550	47.25000	0.297	12.500
5787	292	50	0.189	1.19	50	13.627	85.71	3600	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	13.624	85.83	3600	47.25000	0.297	12.500
5787	296	50	0.189	1.19	50	13.817	86.90	3650	75.8	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	13.813	87.02	3650	47.25000	0.297	12.500
5787	298	50	0.189	1.19	50	14.006	88.10	3700	75.8	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	14.002	88.21	3700	94.50000	0.595	25.000
5787	303	50	0.189	1.19	50	14.195	89.29	3750	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	14.191	89.40	3750	37.80000	0.238	10.000
5787	307	50	0.189	1.19	50	14.385	90.48	3800	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	14.380	90.59	3800	47.25000	0.297	12.500
5787	310	50	0.189	1.19	50	14.574	91.67	3850	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	14.569	91.78	3850	63.00000	0.397	16.667
5787	314	50	0.189	1.19	50	14.763	92.86	3900	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	14.758	92.97	3900	47.25000	0.297	12.500
5787	318	50	0.189	1.19	50	14.952	94.05	3950	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	14.947	94.16	3950	47.25000	0.297	12.500
5787	321	50	0.189	1.19	50	15.142	95.24	4000	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	15.136	95.35	4000	63.00000	0.397	16.667
5787	324	50	0.189	1.19	50	15.331	96.43	4050	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	15.325	96.54	4050	63.00000	0.397	16.667
5787	328	50	0.189	1.19	50	15.520	97.62	4100	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	15.514	97.73	4100	47.25000	0.297	12.500
5787	332	50	0.189	1.19	50	15.709	98.81	4150	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	15.703	98.92	4150	47.25000	0.297	12.500
5787	337	50	0.189	1.19	50	15.899	100.00	4200	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	15.892	100.11	4200	37.80000	0.238	10.000
5787	339	50	0.189	1.19	50	16.088	101.19	4250	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	16.081	101.30	4250	94.50000	0.595	25.000
5787	343	50	0.189	1.19	50	16.277	102.38	4300	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	16.270	102.49	4300	47.25000	0.297	12.500
5787	347	50	0.189	1.19	50	16.467	103.57	4350	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	16.459	103.68	4350	47.25000	0.297	12.500
5787	353	50	0.189	1.19	50	16.656	104.76	4400	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	16.648	104.87	4400	31.50000	0.198	8.333
5787	356	50	0.189	1.19	50	16.845	105.95	4450	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	16.837	106.06	4450	63.00000	0.397	16.667
5787	359	50	0.189	1.19	50	17.034	107.14	4500	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	17.026	107.25	4500	63.00000	0.397	16.667
5787	364	50	0.189	1.19	50	17.224	108.33	4550	75.9	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	17.215	108.44	4550	37.80000	0.238	10.000
5787	367	50	0.189	1.19	50	17.413	109.52	4600	76.0	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	17.404	109.63	4600	63.00000	0.397	16.667
5787	371	50	0.189	1.19	50	17.602	110.71	4650	76.1	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	17.593	110.82	4650	47.25000	0.297	12.500
5787	374	50	0.189	1.19	50	17.791	111.90	4700	76.1	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	17.782	112.01	4700	63.00000	0.397	16.667
5787	377	50	0.189	1.19	50	17.981	113.10	4750	76.1	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	17.971	113.20	4750	63.00000	0.397	16.667
5787	382	50	0.189	1.19	50	18.170	114.29	4800	76.1	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	18.160	114.39	4800	37.80000	0.238	10.000
5787	386	50	0.189	1.19	50	18.359	115.48	4850	76.1	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	18.349	115.58	4850	47.25000	0.297	12.500
5787	389	50	0.189	1.19	50	18.549	116.67	4900	76.1	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	18.538	116.77	4900	63.00000	0.397	16.667
5787	392	50	0.189	1.19	50	18.738	117.86	4950	76.1	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	18.727	117.96	4950	63.00000	0.397	16.667
5787	396	50	0.189	1.19	50	18.927	119.05	5000	76.1	1.0000	1.0000	0.189	1.19	50	18.916	119.15	5000	47.25000	0.297	12.500
5787	401	50	0.189	1.19	50	19.116	120.24	5050	72.5	1.0000	0.9999	0.189	1.19	50	19.105	120.34	5050	37.80000	0.238	10.000
5787	405	50	0.189	1.19	50	19.306	121.43	5100	72.4	1.0000	0.9999	0.189	1.19	50	19.294	121.53	5100	47.25000	0.297	12.500
5787	409	50	0.189	1.19	50	19.495	122.62	5150	72.5	1.0000	0.9999	0.189	1.19	50	19.483	122.72	5150	47.25000	0.297	12.500
5787	414	50	0.189	1.19	50	19.684	123.81	5200	72.5	1.0000	0.9999	0.189	1.19	50	19.672	123.91	5200	37.80000	0.238	10.000
5787	418	50	0.189	1.19	50	19.873	125.00	5250	72.5	1.0000	0.9999	0.189	1.19	50	19.861	125.10	5250	47.25000	0.297	12.500
5787	422	50	0.189	1.19	50	20.063	126.19	5300	72.5	1.0000	0.9999	0.189	1.19	50	20.050	126.29	5300	47.25000	0.297	12.500
5787	425	50	0.189	1.19	50	20.252	127.38	5350	72.5	1.0000	0.9999	0.189	1.19	50	20.239	127.48	5350	63.00000	0.397	16.667
5787	428	50	0.189	1.19	50	20.441	128.57	5400	72.6	1.0000	0.9999	0.189	1.19	50	20.428	128.67	5400	63.00000	0.397	16.667
5787	431	50	0.189	1.19	50	20.630	129.76	5450	72.6	1.0000	0.9999	0.189	1.19	50	20.617	129.86	5450	63.00000	0.397	16.667
5787	434	50	0.189	1.19	50	20.820	130.95	5500	72.6	1.0000	0.9999	0.189	1.19	50	20.806	131.05	5500	63.00000	0.397	16.667
5787	438	50	0.189	1.19	50	21.009	132.14	5550	72.7	1.0000	0.9999	0.189	1.19	50	20.995	132.24	5550	47.25000	0.297	12.500
5787	443	50	0.189	1.19	50	21.198	133.33	5600	72.8	1.0000	0.9999	0.189	1.19	50	21.184	133.43	5600	37.80000	0.238	10.000
5787	447	50	0.189	1.19	50	21.388	134.52	5650	72.8	1.0000	0.9999	0.189	1.19	50	21.373	134.62	5650	47.25000	0.297	12.500
5787	451	50	0.189	1.19	50	21.577	135.71	5700	72.9	1.0000	0.9999	0.189	1.19	50	21.562	135.81	5700	47.25000	0.297	12.500
5787	455	50	0.189	1.19	50	21.766	136.90	5750	72.9	1.0000	0.9999	0.189	1.1.							

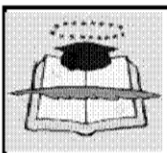
MEMORIA TECNICA

EMPRESA EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL)
PLANTA REFINERÍA "LA LIBERTAD"
TANQUE TQ - 85 / ALMACENAMIENTO DE SLOP
PRODUCTO SLOP

Temperatura calibración equipo Patron, °F: 80.0
Temperatura media de calibración Líquida, °F: 80
Temperatura media de Operación, °F: 82.9
Incremento Promedio L/mm 51.1456

Altura de Tabla 5445

Vol. Obs. Por SERAPHIN																				
Altura Refer.	Altura Aforo	Serafin Glns	por medicion			acumulado			temp. °F	Factores Correc. Temp.		Volumen Ingresado			Vol. ACUMULADOS			INCREMENTOS		
			m3	BBls	Glns	m3	BBls	Glns		Cal. Liquida	Operación	m3	BBls	Glns	m3	BBls	Glns	L / mm	Bbls/mm	Gal/mm
5787	788	200	0.757	4.76	200	38.611	242.86	10200	76.7	1.0000	1.0000	0.757	4.76	200	38.603	242.91	10200	47.31250	0.297	12.500
5787	804	200	0.757	4.76	200	39.368	247.62	10400	77.1	1.0000	1.0000	0.757	4.76	200	39.360	247.67	10400	47.31250	0.297	12.500
5787	812	100	0.379	2.38	100	39.747	250.00	10500	77.5	1.0000	1.0000	0.379	2.38	100	39.739	250.05	10500	47.37500	0.297	12.500
5787	852	500	1.893	11.90	500	41.640	261.90	11000	77.6	1.0000	1.0000	1.893	11.90	500	41.632	261.95	11000	47.32500	0.297	12.500
5787	893	500	1.893	11.90	500	43.532	273.81	11500	77.9	1.0000	1.0000	1.893	11.90	500	43.525	273.85	11500	46.17073	0.290	12.195
5787	932	500	1.893	11.90	500	45.425	285.71	12000	77.9	1.0000	1.0000	1.893	11.90	500	45.418	285.75	12000	48.53846	0.305	12.821
5787	970	500	1.893	11.90	500	47.318	297.62	12500	78.0	1.0000	1.0000	1.893	11.90	500	47.311	297.65	12500	49.81579	0.313	13.158
5787	1008	500	1.893	11.90	500	49.210	309.52	13000	74.9	1.0000	0.9999	1.893	11.90	500	49.204	309.55	13000	49.81579	0.313	13.158
5787	1043	500	1.893	11.90	500	51.103	321.43	13500	75.0	1.0000	0.9999	1.893	11.90	500	51.097	321.45	13500	54.08571	0.340	14.286
5787	1082	500	1.893	11.90	500	52.996	333.33	14000	75.0	1.0000	0.9999	1.893	11.90	500	52.990	333.35	14000	48.53846	0.305	12.821
5787	1121	500	1.893	11.90	500	54.888	345.24	14500	75.1	1.0000	0.9999	1.893	11.90	500	54.883	345.25	14500	48.53846	0.305	12.821
5787	1160	500	1.893	11.90	500	56.781	357.14	15000	75.2	1.0000	1.0000	1.893	11.90	500	56.776	357.15	15000	48.53846	0.305	12.821
5787	1198	500	1.893	11.90	500	58.674	369.05	15500	75.2	1.0000	1.0000	1.893	11.90	500	58.669	369.05	15500	49.81579	0.313	13.158
5787	1236	500	1.893	11.90	500	60.567	380.95	16000	75.4	1.0000	1.0000	1.893	11.90	500	60.562	380.95	16000	49.81579	0.313	13.158
5787	1275	500	1.893	11.90	500	62.459	392.86	16500	75.5	1.0000	1.0000	1.893	11.90	500	62.455	392.85	16500	48.53846	0.305	12.821
5787	1312	500	1.893	11.90	500	64.352	404.76	17000	75.6	1.0000	1.0000	1.893	11.90	500	64.348	404.75	17000	51.16216	0.322	13.514
5787	1351	500	1.893	11.90	500	66.245	416.67	17500	75.9	1.0000	1.0000	1.893	11.90	500	66.241	416.65	17500	48.53846	0.305	12.821
5787	1390	500	1.893	11.90	500	68.137	428.57	18000	75.9	1.0000	1.0000	1.893	11.90	500	68.134	428.55	18000	48.53846	0.305	12.821
5787	1466	1000	3.785	23.81	1000	71.923	452.38	19000	76.1	1.0000	1.0000	3.785	23.81	1000	71.919	452.36	19000	49.80263	0.313	13.158
5787	1543	1000	3.785	23.81	1000	75.708	476.19	20000	76.1	1.0000	1.0000	3.785	23.81	1000	75.704	476.17	20000	49.15584	0.309	12.987
5787	1619	1000	3.785	23.81	1000	79.494	500.00	21000	72.9	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	79.489	499.98	21000	49.80263	0.313	13.158
5787	1693	1000	3.785	23.81	1000	83.279	523.81	22000	72.9	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	83.274	523.79	22000	51.14865	0.322	13.514
5787	1771	1000	3.785	23.81	1000	87.064	547.62	23000	73.0	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	87.059	547.60	23000	48.52564	0.305	12.821
5787	1845	1000	3.785	23.81	1000	90.850	571.43	24000	73.2	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	90.844	571.41	24000	51.14865	0.322	13.514
5787	1925	1000	3.785	23.81	1000	94.635	595.24	25000	73.2	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	94.629	595.22	25000	47.31250	0.298	12.500
5787	1998	1000	3.785	23.81	1000	98.421	619.05	26000	73.2	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	98.414	619.03	26000	51.84932	0.326	13.699
5787	2077	1000	3.785	23.81	1000	102.206	642.86	27000	73.4	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	102.199	642.84	27000	47.91139	0.301	12.658
5787	2150	1000	3.785	23.81	1000	105.992	666.67	28000	72.6	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	105.984	666.65	28000	51.84932	0.326	13.699
5787	2229	1000	3.785	23.81	1000	109.777	690.48	29000	72.6	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	109.769	690.46	29000	47.91139	0.301	12.658
5787	2304	1000	3.785	23.81	1000	113.562	714.29	30000	72.6	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	113.554	714.27	30000	50.46667	0.317	13.333
5787	2382	1000	3.785	23.81	1000	117.348	738.10	31000	72.5	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	117.339	738.08	31000	48.52564	0.305	12.821
5787	2457	1000	3.785	23.81	1000	121.133	761.90	32000	72.5	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	121.124	761.89	32000	50.46667	0.317	13.333
5787	2531	1000	3.785	23.81	1000	124.919	785.71	33000	72.5	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	124.909	785.70	33000	51.14865	0.322	13.514
5787	2608	1000	3.785	23.81	1000	128.704	809.52	34000	72.6	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	128.694	809.51	34000	49.15584	0.309	12.987
5787	2683	1000	3.785	23.81	1000	132.489	833.33	35000	72.8	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	132.479	833.32	35000	50.46667	0.317	13.333
5787	2759	1000	3.785	23.81	1000	136.275	857.14	36000	72.9	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	136.264	857.13	36000	49.80263	0.313	13.158
5787	2835	1000	3.785	23.81	1000	140.060	880.95	37000	72.9	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	140.049	880.94	37000	49.80263	0.313	13.158
5787	2910	1000	3.785	23.81	1000	143.846	904.76	38000	72.9	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	143.834	904.75	38000	50.46667	0.317	13.333
5787	2987	1000	3.785	23.81	1000	147.631	928.57	39000	73.1	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	147.619	928.56	39000	49.15584	0.309	12.987
5787	3062	1000	3.785	23.81	1000	151.416	952.38	40000	72.2	1.0001	0.9999	3.785	23.81	1000	151.404	952.37	40000	50.46667	0.317	13.333
5787	3141	1000	3.785	23.81	1000	155.202	976.19	41000	72.2	1.0001	0.9999	3.785	23.81	1000	155.189	976.18	41000	47.91139	0.301	12.658
5787	3214	1000	3.785	23.81	1000	158.987	1000.00	42000	72.5	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	158.974	999.99	42000	51.84932	0.326	13.699
5787	3294	1000	3.785	23.81	1000	162.773	1023.81	43000	72.5	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	162.759	1023.80	43000	47.31250	0.298	12.500
5787	3372	1000	3.785	23.81	1000	166.558	1047.62	44000	72.5	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	166.544	1047.61	44000	48.52564	0.305	12.821
5787	3434	1000	3.785	23.81	1000	170.344	1071.43	45000	72.5	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	170.329	1071.42	45000	61.04839	0.384	16.129
5787	3514	1000	3.785	23.81	1000	174.129	1095.24	46000	72.5	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	174.114	1095.23	46000	47.31250	0.298	12.500
5787	3593	1000	3.785	23.81	1000	177.914	1119.05	47000	72.9	1.0000	0.9999	3.785	23.81	1000	177.899	1119.04	47			



Titulo:

Tabla de Calibracion - Cubierta

EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL) REFINERÍA "LA LIBERTAD" LA LIBERTAD-SANTA ELENA-ECUADOR

TANQUE NÚMERO : 85 NOMBRE DEL TANQUE : TANQUE DE SLOP PRODUCTO DEL TANQUE : SLOP

ESTA TABLA SUSTITUYE EN FORMA DEFINITIVA A TODAS LAS TABLAS ANTERIORES
A ESTA FECHA DE CALIBRACION

LOS VALORES DE VOLUMEN DE ESTA TABLA DE CALIBRACIÓN SON VALIDOS ÚNICAMENTE PARA ESTE
TANQUE

PLACA DE AFORO SE ENCUENTRA A -10 mm DE ALTURA CILINDRICA Y A 235 mm DE LA PARED DEL TANQUE

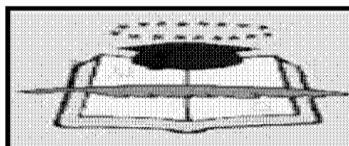
PUNTO DE MEDICION EN LADO CONTRARIO A LA BISAGRA DE LA TAPA DE AFORO

PARA MAYOR SEGURIDAD LOS VALORES FRACCIONALES ENTRE LOS NIVELES DE
0 mm Y 7 mm DEL FONDO CONICO DEBEN SER INTERPOLADOS ENTRE LOS
INCREMENTOS DE VOLUMENES

Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API 2555

Esfuerzo por cabeza de líquido aplicado a $GS = 0.967 \text{ g/cm}^3$ a 82°F

- Altura Total De Referencia: 5787 mm
- Altura Cilíndrica del Tanque: 5445 mm
- Tabla de Capacidad a Nivel Maximo de: 5455 mm corresponde a 1706.12 BBLS / 271.251 m³ / 71672 Galones
- Nivel Trabajo 98 % : 5346 mm corresponde a 1673.74
- Nivel Trabajo 95 % : 5182 mm corresponde a 1624.17
- Diametro Medio del Tanque: 7970 mm
- Tipo de Tanque : Cilindrico Vertical
- Fondo del tanque Calibrado opticamente API MPMS 2.2B
- Temperatura Media de Operación 82°C
- Calibrado por R. Vasquez / O. Delgado en Agosto 27-30, 2009



Título:

Tabla Altura Volumen

EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL)

TANQUE NÚMERO : 85

REFINERÍA "LA LIBERTAD"

SLOP

LA LIBERTAD-SANTA ELENA-ECUADOR

cm	m ³	Galones	Barriles	cm	m ³	Galones	Barriles
0	0.322	85.00	2.03	40	19.067	5037.00	119.93
1	0.360	95.00	2.26	41	19.521	5157.00	122.78
2	0.398	105.00	2.50	42	19.955	5272.00	125.51
3	0.701	185.00	4.41	43	20.554	5430.00	129.28
4	1.081	286.00	6.80	44	21.070	5566.00	132.53
5	1.556	411.00	9.79	45	21.515	5684.00	135.33
6	2.088	552.00	13.13	46	22.034	5821.00	138.59
7	2.582	682.00	16.24	47	22.633	5979.00	142.36
8	3.076	813.00	19.35	48	23.121	6108.00	145.43
9	3.607	953.00	22.69	49	23.560	6224.00	148.19
10	4.142	1094.00	26.05	50	24.068	6358.00	151.38
11	4.599	1215.00	28.93	51	24.475	6466.00	153.94
12	5.024	1327.00	31.60	52	24.968	6596.00	157.04
13	5.591	1477.00	35.17	53	25.509	6739.00	160.45
14	6.064	1602.00	38.14	54	26.105	6896.00	164.20
15	6.584	1739.00	41.41	55	26.568	7019.00	167.11
16	7.056	1864.00	44.38	56	27.025	7139.00	169.98
17	7.576	2001.00	47.65	57	27.526	7272.00	173.13
18	8.048	2126.00	50.62	58	28.054	7411.00	176.45
19	8.568	2263.00	53.89	59	28.547	7541.00	179.56
20	9.088	2401.00	57.16	60	28.968	7653.00	182.20
21	9.560	2525.00	60.13	61	29.516	7797.00	185.65
22	10.127	2675.00	63.70	62	30.057	7940.00	189.05
23	10.600	2800.00	66.67	63	30.653	8098.00	192.80
24	11.072	2925.00	69.64	64	31.116	8220.00	195.71
25	11.583	3060.00	72.85	65	31.585	8344.00	198.66
26	12.049	3183.00	75.79	66	32.168	8498.00	202.33
27	12.537	3312.00	78.86	67	32.573	8605.00	204.88
28	13.057	3449.00	82.13	68	32.979	8712.00	207.43
29	13.529	3574.00	85.09	69	33.405	8825.00	210.11
30	14.077	3719.00	88.54	70	33.909	8958.00	213.28
31	14.569	3849.00	91.64	71	34.502	9114.00	217.01
32	15.073	3982.00	94.81	72	35.070	9265.00	220.58
33	15.608	4123.00	98.17	73	35.575	9398.00	223.76
34	16.128	4261.00	101.44	74	36.206	9565.00	227.73
35	16.553	4373.00	104.12	75	36.764	9712.00	231.24
36	17.064	4508.00	107.33	76	37.278	9848.00	234.47
37	17.546	4635.00	110.36	77	37.751	9973.00	237.45
38	18.084	4777.00	113.74	78	38.224	10098.00	240.42
39	18.601	4914.00	117.00	79	38.697	10223.00	243.40

Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API 2555

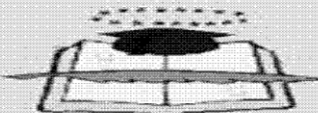
Esfuerzo por cabeza de líquido aplicado a 29.1 a 60 °F

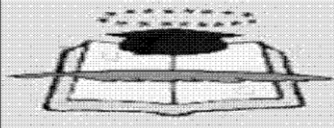
- Altura Total De Referencia: 5787 mm

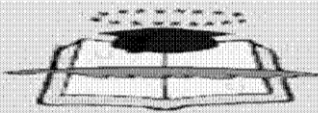
mm	m3	GLNS	BBLS
1	0.051	13.000	0.320
2	0.102	27.000	0.640
3	0.154	41.000	0.970
4	0.205	54.000	1.290
5	0.256	68.000	1.610
6	0.307	81.000	1.930
7	0.359	95.000	2.260
8	0.410	108.000	2.580
9	0.461	122.000	2.900

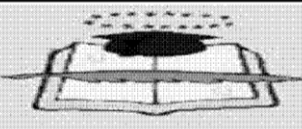
0 - 79 cm

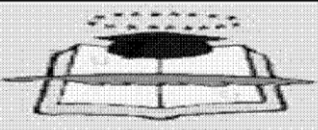
Pagina 1 de 7

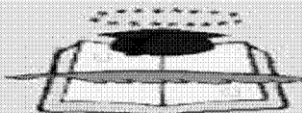
				Titulo: Tabla Altura Volumen			
EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL) REFINERÍA "LA LIBERTAD" LA LIBERTAD-SANTA ELENA-ECUADOR				TANQUE NÚMERO : 85 SLOP			
cm	m ³	Galones	Barriles	cm	m ³	Galones	Barriles
80	39.171	10348.00	246.38	120	58.768	15525.00	369.64
81	39.644	10473.00	249.35	121	59.267	15657.00	372.78
82	40.117	10598.00	252.33	122	59.765	15788.00	375.91
83	40.591	10723.00	255.31	123	60.263	15920.00	379.04
84	41.064	10848.00	258.28	124	60.756	16050.00	382.14
85	41.537	10973.00	261.26	125	61.241	16178.00	385.19
86	42.001	11095.00	264.18	126	61.727	16307.00	388.25
87	42.463	11218.00	267.08	127	62.212	16435.00	391.30
88	42.925	11340.00	269.99	128	62.711	16567.00	394.44
89	43.386	11461.00	272.89	129	63.222	16701.00	397.65
90	43.865	11588.00	275.90	130	63.734	16837.00	400.87
91	44.350	11716.00	278.95	131	64.245	16972.00	404.09
92	44.835	11844.00	282.00	132	64.736	17101.00	407.18
93	45.321	11973.00	285.06	133	65.221	17230.00	410.23
94	45.816	12103.00	288.17	134	65.707	17358.00	413.28
95	46.314	12235.00	291.31	135	66.192	17486.00	416.34
96	46.813	12367.00	294.44	136	66.678	17614.00	419.39
97	47.311	12498.00	297.58	137	67.163	17743.00	422.44
98	47.809	12630.00	300.71	138	67.648	17871.00	425.49
99	48.307	12761.00	303.84	139	68.134	17999.00	428.55
100	48.805	12893.00	306.97	140	68.632	18131.00	431.68
101	49.312	13027.00	310.16	141	69.130	18262.00	434.81
102	49.853	13170.00	313.57	142	69.628	18394.00	437.95
103	50.394	13313.00	316.97	143	70.126	18525.00	441.08
104	50.935	13456.00	320.37	144	70.624	18657.00	444.21
105	51.437	13588.00	323.53	145	71.122	18788.00	447.34
106	51.922	13716.00	326.58	146	71.620	18920.00	450.48
107	52.407	13844.00	329.63	147	72.115	19051.00	453.59
108	52.893	13973.00	332.69	148	72.607	19181.00	456.68
109	53.378	14101.00	335.74	149	73.098	19310.00	459.77
110	53.863	14229.00	338.79	150	73.590	19440.00	462.87
111	54.349	14357.00	341.84	151	74.082	19570.00	465.96
112	54.834	14486.00	344.90	152	74.573	19700.00	469.05
113	55.320	14614.00	347.95	153	75.065	19830.00	472.14
114	55.805	14742.00	351.00	154	75.556	19960.00	475.23
115	56.290	14870.00	354.05	155	76.052	20091.00	478.35
116	56.776	14999.00	357.11	156	76.550	20222.00	481.48
117	57.274	15130.00	360.24	157	77.048	20354.00	484.62
118	57.772	15262.00	363.37	158	77.546	20485.00	487.75
119	58.270	15393.00	366.51	159	78.044	20617.00	490.88
Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API 2555 Esfuerzo por cabeza de líquido aplicado a 29.1 a 60 °F							
mm	m3	GLNS	BBLS				
1	0.051	13.000	0.320				
2	0.102	27.000	0.640				
3	0.154	41.000	0.970				
4	0.205	54.000	1.290				
5	0.256	68.000	1.610				
6	0.307	81.000	1.930				
7	0.359	95.000	2.260				
8	0.410	108.000	2.580				
9	0.461	122.000	2.900				

				Titulo: Tabla Altura Volumen			
EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL) REFINERÍA "LA LIBERTAD" LA LIBERTAD-SANTA ELENA-ECUADOR				TANQUE NÚMERO : 85 SLOP			
cm	m ³	Galones	Barriles	cm	m ³	Galones	Barriles
160	78.543	20749.00	494.02	200	98.510	26024.00	619.61
161	79.041	20880.00	497.15	201	98.989	26150.00	622.62
162	79.540	21012.00	500.29	202	99.468	26277.00	625.63
163	80.051	21147.00	503.51	203	99.947	26403.00	628.65
164	80.563	21283.00	506.73	204	100.426	26530.00	631.66
165	81.074	21417.00	509.94	205	100.905	26656.00	634.67
166	81.586	21553.00	513.16	206	101.384	26783.00	637.69
167	82.097	21688.00	516.37	207	101.863	26909.00	640.70
168	82.609	21823.00	519.59	208	102.354	27039.00	643.79
169	83.120	21958.00	522.81	209	102.873	27176.00	647.05
170	83.613	22088.00	525.91	210	103.391	27313.00	650.31
171	84.099	22217.00	528.97	211	103.910	27450.00	653.57
172	84.584	22345.00	532.02	212	104.428	27587.00	656.83
173	85.069	22473.00	535.07	213	104.947	27724.00	660.10
174	85.554	22601.00	538.12	214	105.465	27861.00	663.35
175	86.040	22729.00	541.18	215	105.984	27998.00	666.62
176	86.525	22857.00	544.23	216	106.463	28125.00	669.63
177	87.010	22986.00	547.28	217	106.942	28251.00	672.64
178	87.519	23120.00	550.48	218	107.421	28378.00	675.66
179	88.031	23255.00	553.70	219	107.900	28504.00	678.67
180	88.542	23390.00	556.91	220	108.379	28631.00	681.68
181	89.054	23526.00	560.13	221	108.858	28757.00	684.70
182	89.565	23661.00	563.35	222	109.338	28884.00	687.72
183	90.077	23796.00	566.57	223	109.819	29011.00	690.74
184	90.588	23931.00	569.78	224	110.324	29145.00	693.92
185	91.080	24061.00	572.88	225	110.829	29278.00	697.09
186	91.553	24186.00	575.85	226	111.333	29411.00	700.26
187	92.027	24311.00	578.83	227	111.838	29544.00	703.44
188	92.500	24436.00	581.81	228	112.343	29678.00	706.62
189	92.973	24561.00	584.78	229	112.847	29811.00	709.79
190	93.446	24686.00	587.76	230	113.352	29944.00	712.96
191	93.919	24811.00	590.73	231	113.845	30075.00	716.06
192	94.392	24936.00	593.71	232	114.330	30203.00	719.11
193	94.888	25067.00	596.83	233	114.815	30331.00	722.16
194	95.406	25204.00	600.09	234	115.301	30459.00	725.22
195	95.925	25341.00	603.35	235	115.786	30587.00	728.27
196	96.443	25478.00	606.61	236	116.271	30716.00	731.32
197	96.962	25615.00	609.87	237	116.756	30844.00	734.37
198	97.480	25752.00	613.13	238	117.242	30972.00	737.43
199	97.999	25889.00	616.40	239	117.742	31104.00	740.57
Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API 2555 Esfuerzo por cabeza de líquido aplicado a 29.1 a 60 °F							
mm	m3	GLNS	BBLS				
1	0.051	13.000	0.320				
2	0.102	27.000	0.640				
3	0.154	41.000	0.970				
4	0.205	54.000	1.290				
5	0.256	68.000	1.610				
6	0.307	81.000	1.930				
7	0.359	95.000	2.260				
8	0.410	108.000	2.580				
9	0.461	122.000	2.900				

				Titulo: Tabla Altura Volumen			
EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL) REFINERÍA "LA LIBERTAD" LA LIBERTAD-SANTA ELENA-ECUADOR				TANQUE NÚMERO : 85 SLOP			
cm	m ³	Galones	Barriles	cm	m ³	Galones	Barriles
240	118.247	31238.00	743.75	280	138.306	36537.00	869.92
241	118.752	31371.00	746.93	281	138.804	36668.00	873.05
242	119.256	31504.00	750.10	282	139.302	36800.00	876.18
243	119.761	31638.00	753.27	283	139.800	36931.00	879.32
244	120.266	31771.00	756.45	284	140.301	37064.00	882.47
245	120.770	31904.00	759.62	285	140.806	37197.00	885.64
246	121.277	32038.00	762.81	286	141.310	37330.00	888.81
247	121.789	32173.00	766.03	287	141.815	37464.00	891.99
248	122.300	32308.00	769.24	288	142.320	37597.00	895.17
249	122.812	32444.00	772.46	289	142.824	37730.00	898.34
250	123.323	32579.00	775.68	290	143.329	37864.00	901.51
251	123.835	32714.00	778.90	291	143.834	37997.00	904.69
252	124.346	32849.00	782.11	292	144.325	38127.00	907.78
253	124.858	32984.00	785.33	293	144.817	38257.00	910.87
254	125.351	33114.00	788.43	294	145.308	38386.00	913.96
255	125.843	33244.00	791.53	295	145.800	38516.00	917.05
256	126.334	33374.00	794.62	296	146.292	38646.00	920.15
257	126.826	33504.00	797.71	297	146.783	38776.00	923.24
258	127.317	33634.00	800.80	298	147.275	38906.00	926.33
259	127.809	33764.00	803.89	299	147.770	39037.00	929.45
260	128.301	33894.00	806.99	300	148.275	39170.00	932.62
261	128.795	34024.00	810.10	301	148.779	39303.00	935.79
262	129.299	34157.00	813.27	302	149.284	39437.00	938.97
263	129.804	34291.00	816.44	303	149.789	39570.00	942.14
264	130.309	34424.00	819.62	304	150.293	39703.00	945.31
265	130.813	34557.00	822.79	305	150.798	39837.00	948.49
266	131.318	34691.00	825.97	306	151.303	39970.00	951.67
267	131.823	34824.00	829.14	307	151.787	40098.00	954.71
268	132.327	34957.00	832.31	308	152.266	40224.00	957.72
269	132.827	35089.00	835.46	309	152.745	40351.00	960.74
270	133.325	35221.00	838.59	310	153.224	40478.00	963.75
271	133.823	35352.00	841.72	311	153.704	40604.00	966.77
272	134.321	35484.00	844.85	312	154.183	40731.00	969.78
273	134.819	35615.00	847.99	313	154.662	40857.00	972.79
274	135.318	35747.00	851.12	314	155.141	40984.00	975.81
275	135.816	35879.00	854.26	315	155.655	41120.00	979.04
276	136.314	36010.00	857.39	316	156.174	41257.00	982.30
277	136.812	36142.00	860.52	317	156.692	41394.00	985.56
278	137.310	36273.00	863.65	318	157.211	41531.00	988.83
279	137.808	36405.00	866.79	319	157.729	41668.00	992.09
Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API 2555 Esfuerzo por cabeza de líquido aplicado a 29.1 a 60 °F							
mm	m3	GLNS	BBLS				
1	0.051	13.000	0.320				
2	0.102	27.000	0.640				
3	0.154	41.000	0.970				
4	0.205	54.000	1.290				
5	0.256	68.000	1.610				
6	0.307	81.000	1.930				
7	0.359	95.000	2.260				
8	0.410	108.000	2.580				
9	0.461	122.000	2.900				

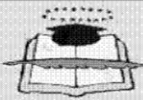
				Titulo: Tabla Altura Volumen			
EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL) REFINERÍA "LA LIBERTAD" LA LIBERTAD-SANTA ELENA-ECUADOR				TANK NUMBER: TQ - 85 SLOP			
cm	m ³	Galones	Barriles	cm	m ³	Galones	Barriles
320	158.248	41805.00	995.35	360	178.257	47091.00	1121.20
321	158.766	41942.00	998.61	361	178.768	47226.00	1124.42
322	159.258	42072.00	1001.70	362	179.280	47361.00	1127.64
323	159.731	42196.00	1004.68	363	179.791	47496.00	1130.85
324	160.204	42321.00	1007.65	364	180.303	47631.00	1134.07
325	160.677	42446.00	1010.63	365	180.814	47766.00	1137.29
326	161.150	42571.00	1013.60	366	181.326	47901.00	1140.51
327	161.623	42696.00	1016.58	367	181.827	48034.00	1143.66
328	162.096	42821.00	1019.55	368	182.307	48160.00	1146.68
329	162.570	42946.00	1022.53	369	182.786	48287.00	1149.69
330	163.050	43073.00	1025.55	370	183.265	48414.00	1152.70
331	163.535	43201.00	1028.60	371	183.744	48540.00	1155.71
332	164.020	43330.00	1031.65	372	184.223	48667.00	1158.73
333	164.506	43458.00	1034.71	373	184.702	48793.00	1161.74
334	164.991	43586.00	1037.76	374	185.181	48920.00	1164.75
335	165.476	43714.00	1040.81	375	185.663	49047.00	1167.78
336	165.961	43842.00	1043.86	376	186.148	49175.00	1170.84
337	166.447	43971.00	1046.92	377	186.633	49303.00	1173.89
338	167.032	44125.00	1050.60	378	187.119	49432.00	1176.94
339	167.643	44287.00	1054.44	379	187.604	49560.00	1179.99
340	168.253	44448.00	1058.28	380	188.089	49688.00	1183.04
341	168.864	44609.00	1062.12	381	188.574	49816.00	1186.09
342	169.474	44770.00	1065.96	382	189.060	49944.00	1189.15
343	170.085	44932.00	1069.80	383	189.545	50073.00	1192.20
344	170.613	45071.00	1073.12	384	190.030	50201.00	1195.25
345	171.086	45196.00	1076.10	385	190.515	50329.00	1198.30
346	171.559	45321.00	1079.07	386	191.001	50457.00	1201.36
347	172.032	45446.00	1082.05	387	191.486	50585.00	1204.41
348	172.505	45571.00	1085.02	388	191.971	50713.00	1207.46
349	172.978	45696.00	1088.00	389	192.456	50842.00	1210.51
350	173.451	45821.00	1090.97	390	192.942	50970.00	1213.57
351	173.925	45946.00	1093.96	391	193.465	51108.00	1216.86
352	174.401	46072.00	1096.95	392	193.998	51249.00	1220.21
353	174.880	46198.00	1099.96	393	194.531	51390.00	1223.56
354	175.359	46325.00	1102.97	394	195.065	51531.00	1226.92
355	175.839	46452.00	1105.99	395	195.598	51672.00	1230.27
356	176.318	46578.00	1109.01	396	196.131	51812.00	1233.63
357	176.797	46705.00	1112.02	397	196.664	51953.00	1236.98
358	177.276	46831.00	1115.03	398	197.163	52085.00	1240.12
359	177.755	46958.00	1118.05	399	197.649	52213.00	1243.17
Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API 2555 Esfuerzo por cabeza de líquido aplicado a 29.1 a 60 °F							
mm	m3	GLNS	BBLs				
1	0.051	13.000	0.320				
2	0.102	27.000	0.640				
3	0.154	41.000	0.970				
4	0.205	54.000	1.290				
5	0.256	68.000	1.610				
6	0.307	81.000	1.930				
7	0.359	95.000	2.260				
8	0.410	108.000	2.580				
9	0.461	122.000	2.900				

				Titulo: Tabla Altura Volumen			
EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL) REFINERÍA "LA LIBERTAD" LA LIBERTAD-SANTA ELENA-ECUADOR				TANQUE NÚMERO : 85 SLOP			
cm	m ³	Galones	Barriles	cm	m ³	Galones	Barriles
400	198.134	52341.00	1246.23	440	218.515	57726.00	1374.42
401	198.619	52470.00	1249.28	441	219.000	57854.00	1377.47
402	199.104	52598.00	1252.33	442	219.485	57982.00	1380.52
403	199.590	52726.00	1255.38	443	219.994	58116.00	1383.72
404	200.075	52854.00	1258.43	444	220.506	58252.00	1386.94
405	200.560	52982.00	1261.48	445	221.017	58387.00	1390.15
406	201.075	53118.00	1264.72	446	221.529	58522.00	1393.38
407	201.594	53256.00	1267.99	447	222.040	58657.00	1396.59
408	202.112	53392.00	1271.25	448	222.552	58792.00	1399.81
409	202.631	53529.00	1274.51	449	223.063	58927.00	1403.02
410	203.149	53666.00	1277.77	450	223.582	59064.00	1406.29
411	203.668	53803.00	1281.03	451	224.107	59203.00	1409.59
412	204.186	53940.00	1284.29	452	224.633	59342.00	1412.90
413	204.693	54074.00	1287.48	453	225.159	59481.00	1416.21
414	205.191	54206.00	1290.61	454	225.684	59619.00	1419.51
415	205.689	54337.00	1293.74	455	226.210	59758.00	1422.82
416	206.187	54469.00	1296.88	456	226.736	59897.00	1426.13
417	206.685	54600.00	1300.01	457	227.257	60035.00	1429.40
418	207.183	54732.00	1303.14	458	227.769	60170.00	1432.62
419	207.681	54864.00	1306.27	459	228.280	60305.00	1435.84
420	208.179	54995.00	1309.41	460	228.792	60440.00	1439.06
421	208.719	55138.00	1312.80	461	229.303	60575.00	1442.27
422	209.260	55281.00	1316.21	462	229.815	60711.00	1445.49
423	209.801	55424.00	1319.61	463	230.326	60846.00	1448.71
424	210.342	55567.00	1323.01	464	230.838	60981.00	1451.93
425	210.882	55709.00	1326.41	465	231.325	61110.00	1454.99
426	211.423	55852.00	1329.81	466	231.811	61238.00	1458.05
427	211.964	55995.00	1333.21	467	232.296	61366.00	1461.10
428	212.482	56132.00	1336.47	468	232.781	61494.00	1464.15
429	213.001	56269.00	1339.74	469	233.267	61623.00	1467.21
430	213.519	56406.00	1342.99	470	233.752	61751.00	1470.26
431	214.038	56543.00	1346.26	471	234.237	61879.00	1473.31
432	214.556	56680.00	1349.52	472	234.723	62007.00	1476.36
433	215.075	56817.00	1352.78	473	235.214	62137.00	1479.45
434	215.593	56954.00	1356.04	474	235.706	62267.00	1482.55
435	216.088	57084.00	1359.15	475	236.198	62397.00	1485.64
436	216.574	57213.00	1362.21	476	236.689	62527.00	1488.73
437	217.059	57341.00	1365.26	477	237.181	62657.00	1491.82
438	217.544	57469.00	1368.31	478	237.672	62786.00	1494.91
439	218.029	57597.00	1371.36	479	238.164	62916.00	1498.01
Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API 2555 Esfuerzo por cabeza de líquido aplicado a 29.1 a 60 °F							
mm	m3	GLNS	BBLs				
1	0.051	13.000	0.320				
2	0.102	27.000	0.640				
3	0.154	41.000	0.970				
4	0.205	54.000	1.290				
5	0.256	68.000	1.610				
6	0.307	81.000	1.930				
7	0.359	95.000	2.260				
8	0.410	108.000	2.580				
9	0.461	122.000	2.900				

				Titulo: Tabla Altura Volumen			
EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL) REFINERÍA "LA LIBERTAD" LA LIBERTAD-SANTA ELENA-ECUADOR				TANQUE NÚMERO : 85 SLOP			
cm	m ³	Galones	Barriles	cm	m ³	Galones	Barriles
480	238.666	63049.00	1501.16	520	259.172	68466.00	1630.14
481	239.185	63186.00	1504.43	521	259.655	68594.00	1633.18
482	239.703	63323.00	1507.69	522	260.127	68718.00	1636.15
483	240.222	63460.00	1510.95	523	260.600	68843.00	1639.12
484	240.740	63597.00	1514.21	524	261.072	68968.00	1642.09
485	241.259	63734.00	1517.47	525	261.545	69093.00	1645.07
486	241.777	63871.00	1520.73	526	262.017	69218.00	1648.04
487	242.296	64008.00	1524.00	527	262.490	69343.00	1651.01
488	242.822	64147.00	1527.30	528	262.962	69467.00	1653.98
489	243.348	64286.00	1530.61	529	263.435	69592.00	1656.96
490	243.873	64424.00	1533.91	530	263.907	69717.00	1659.92
491	244.399	64563.00	1537.22	531	264.380	69842.00	1662.90
492	244.925	64702.00	1540.53	532	264.852	69967.00	1665.87
493	245.450	64841.00	1543.83	533	265.325	70091.00	1668.84
494	245.976	64980.00	1547.14	534	265.797	70216.00	1671.81
495	246.495	65117.00	1550.41	535	266.270	70341.00	1674.79
496	247.014	65254.00	1553.67	536	266.742	70466.00	1677.76
497	247.532	65391.00	1556.93	537	267.215	70591.00	1680.73
498	248.051	65528.00	1560.19	538	267.687	70715.00	1683.70
499	248.569	65665.00	1563.45	539	268.160	70840.00	1686.68
500	249.088	65802.00	1566.72	540	268.632	70965.00	1689.64
501	249.606	65939.00	1569.97	541	269.105	71090.00	1692.62
502	250.109	66072.00	1573.14	542	269.577	71215.00	1695.59
503	250.600	66202.00	1576.23	543	270.050	71340.00	1698.56
504	251.092	66332.00	1579.32	544	270.522	71464.00	1701.53
505	251.583	66461.00	1582.41	545	270.995	71589.00	1704.51
506	252.075	66591.00	1585.50	545,5	271.251	71657.00	1706.12
507	252.566	66721.00	1588.59				
508	253.058	66851.00	1591.69				
509	253.550	66981.00	1594.78				
510	254.053	67114.00	1597.95				
511	254.558	67247.00	1601.12				
512	255.062	67380.00	1604.29				
513	255.567	67514.00	1607.47				
514	256.072	67647.00	1610.64				
515	256.576	67780.00	1613.81				
516	257.081	67914.00	1616.99				
517	257.594	68049.00	1620.22				
518	258.120	68188.00	1623.53				
519	258.646	68327.00	1626.83				
Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API 2555 Esfuerzo por cabeza de líquido aplicado a 29.1 a 60 °F							
mm	m3	GLNS	BBLs				
1	0.051	13.000	0.320				
2	0.102	27.000	0.640				
3	0.154	41.000	0.970				
4	0.205	54.000	1.290				
5	0.256	68.000	1.610				
6	0.307	81.000	1.930				
7	0.359	95.000	2.260				
8	0.410	108.000	2.580				
9	0.461	122.000	2.900				

V.2 CALCULOS Y DETERMINACION VOLUMETRICA DE LA CALIBRACION GEOMETRICA POR EL METODO ORLM.

V.2.1 DATOS DE CAMPO.

	Título:
	DATOS DE CAMPO

Cliente	: PETROINDUSTRIAL	Inspector:	R. Vázquez / O. Delgado
Localidad	: LA LIBERTAD-SANTA ELENA-ECUADOR	Terminal	REFINERIA LA LIBERTAD
Tanque	: Tanque 85	Propietario del Tanque	PETROINDUSTRIAL
Fecha	: AGOSTO 26, 2009		
Título Requerido para la Tabla	TANQUE DE SLOP		

Número de Copias Requeridas : 3 Comentarios:

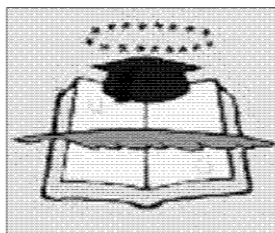
Tablas solicitadas en	:	<u>US Barriles</u>	<u>US Gallones</u>	Litres	<u>Cubic Metros Cúbicos</u>
Incrementos	:	<u>Ft</u>	<u>In</u>	<u>cm</u>	Fractional: <u>1/16</u> <u>mm</u>
Altura de Referencia, mm :	5787	nm; 18 Ft - 11 in - 13/16	Tomado en el lado opuesto a la bisagra de la escotilla de medición (hatch cover)		
Altura de Llenado Segura	N.D		Nivel Máximo de Trabajo :	N.D.	
Techo Flotante	:	SI <u>No</u>	Tablas Suplementarias :	SI <u>No</u>	

Condiciones durante la Calibración

Densidad del Producto durante la Calibración	N.A.	<u>API Gravedad 60°F</u>	Densidad a 15°C	Densidad Relativa @ 60/60°F.
Producto en el Tanque	N.A.		Altura líquida del Tanque, mrr	N.A.
Temperatura del Producto	:	<u>N.A.</u> °C <u>°F</u>	Capacidad Nóminal del Tanque	1,700 Barriles
Temperatura de la Cinta	:	<u>73.4</u> °C <u>°F</u>	Altura nominal del Tanque	
Temperatura de la Lámina	:	<u>73.4</u> °C <u>°F</u>	Diametro Nominal del Tanque	
Temperatura del Ambiente	:	<u>75.2</u> °C <u>°F</u>		
Tipo de Construcion	:	<u>Soldado</u> Remachado Atornillada		
Revestimiento (o pintura) Grosor, mm:	Externa:	mm	Interna:	mm

Condiciones de Operación

Producto:	<u>SLOP</u>			
Densidad del producto a almacenar:	<u>29,1</u>	<u>API Gravedad 60°F</u>	Densidad 15°C	Gravedad Especifica @ 180 °F.
Temperatura del Producto a almacenar:	<u>82,0</u> °C	<u>°F</u>		



DETALLES DE LAMINAS

LOCALIDAD: LA LIBERTAD-SANTA ELENA-ECUADOR FECHA: AGOSTO 26, 2009
 TERMINAL: REFINERIA LA LIBERTAD INSPECTOR: R. Vásquez / O. Delgado
 TANQUE No.: Tanque 85

Anillo NO.	CIRCUNFERENCIA	ALTURA ANILLOS	ESPESORES		SOLDADURAS			JUNTAS SOLAPADAS	
			Lámina	Pintura	Numeros	Ancho	Profundidad	Larga	Profundidad
1	25039	1815	8.16		5	8	2		
2		1815	8.04		5	8	2		
3		1815	7.96		5	8	2		

ALTURA TOTAL DE REFERENCIA:

5787

ALTURA CILINDRICA TOTAL:

5445

ALTURA DE LA TABLA DE CALIBRACION CORREGIDA POR PLACA DE AFORO
 (TABLA DE CALIBRACION DADA A MAXIMO DE ALTURA CILINDRICA)

CORRECCION POR TECHO FLOTANTE (1) :

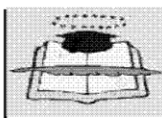
N.A.

ALTURA CILINDRICA TOTAL CORREGIDA POR DESPLAZAMIENTO DEL TECHO

N.A.

NOTA:

Todas las medidas estan tomadas en mm



Título:

OBRA MUERTA

LOCALIDAD: LA LIBERTAD-SANTA ELENA-ECUADOR

TERMINAL: REFINERIA LA LIBERTAD

TANOUE No.:

FECHA

Tanque 85

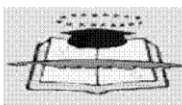
AGOSTO 26, 2009

Desplazamiento Positivos, incrementos: (Incrementan la capacidad del tanque: manholes, tubos,etc)

[illegible]

NOTA: Datos de Campo (*) Los rangos de altura de los deadwood son los datos observados en campo.

Datos del Plato (**) PlatoSon los rangos de altura de los Deadwood deducido la altura del Punto de Aforo.



Titulo:

OBRA MUERTA

LOCALIDAD: LA LIBERTAD-SANTA ELENA-ECUADOR

TERMINAL: REFINERIA LA LIBERTAD

TANQUE No.:

FECHA

Tanque 85

AGOSTO 26, 2009

Desplazamiento Negativos, descuentos: (Disminuyen capacidad del tanque: soportes, techo flotante, etc.)

[illegible]

NOTA: Datos de Campo (*) Los rangos de altura de los deadwood son los datos observados en campo.

Datos del Plato (**) Son los rangos de altura de los Deadwood deducido la altura del Punto de Aforo.

	Título: CONFIGURACION DEL FONDO DEL TANQUE
---	--

LOCALIDAD: LA LIBERTAD-SANTA ELENA-ECUADOR

TANQUE No.: Tanque 85

TERMINAL: REFINERIA LA LIBERTAD

Fondo del Tanque

LECTURA OPTICA EN EL PUNTO DE REFERENCIA O AFORO, mm :

1314

DISTANCIA DE PARED DEL TANQUE A PUNTO DE AFORO, mm:

235

	Plancha														CENTER	
(++)→	0	500	1000	1500	2000	2500	3500								3977	
0°	1325	1308	1284	1248	1244	1254	1290								1294	
45°	1292	1294	1294	1272	1256	1250	1281								1294	
90°	1290	1304	1318	1310	1298	1282	1290								1294	
135°	1314	1318	1312	1294	1283	1290	1294								1294	
180°	1311	1296	1288	1298	1292	1276	1286								1294	
225°	1294	1316	1316	1294	1276	1264	1284								1294	
270°	1288	1286	1312	1310	1290	1280	1288								1294	
315°	1316	1332	1328	1290	1270	1274	1242								1294	
MEDIA	1304	1307	1307	1290	1276	1271	1282								1294	

ALTURAS CILINDRICAS CON RELACION A PARED DEL TANQUE

0	-3	-3	14	28	33	22										10
---	----	----	----	----	----	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

ALTURA CILINDRICA DEL PUNTO DE AFORO, mm: **-10**

PUNTO MAS ALTO DE LECTURA: **1242**

PUNTO MAS BAJO DE LECTURA: **1332**

ALTURAS CON RELACION A PUNTO DE AFORO

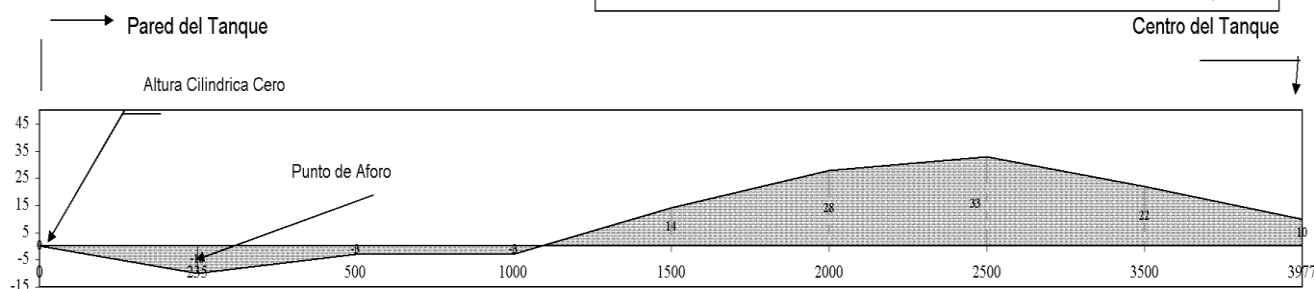
10	7	7	24	38	43	32										20
----	---	---	----	----	----	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

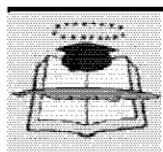
ALTURA DEL PUNTO MÁS ALTO DE LECTURA EN EL PISO CON RELACION A PUNTO DE AFORO **72**

Circunf. Ext. (mm)	Espesores, mm			Diametros, mm		Radio, mm	
	Lámina	Pintura	Total	Ext.	Int.	Ext.	Int.
25039	8.16	0	8.16	7970	7954	3985	3977

Observaciones: (++) Distancias desde la pared del tanque a cada estación de lectura.

CONFIGURACION DEL FONDO DEL TANQUE





Título:

Metodo de Linea Referencia Optica

LOCALIDAD: LA LIBERTAD-SANTA ELENA-ECUADOR

TERMINAL: REFINERIA LA LIBERTAD

TANQUE No.: Tanque 85

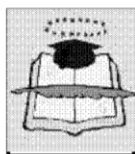
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total	Avge
10																										
9																										
8																										
7																										
6																										
5																										
4																										
3	253	161	169	304	259	121	156	204																	1627	1630.0
	247	170	171	290	254	135	167	199																	1633	
2	238	176	174	257	245	152	181	201																	1624	1629.5
	222	186	187	229	234	171	195	211																	1635	
1	216	199	201	219	225	183	197	215																	1655	1655.0

Referencia de la Plancha 25039 mm TILT = 0.0620

363 mm

Observaciones:

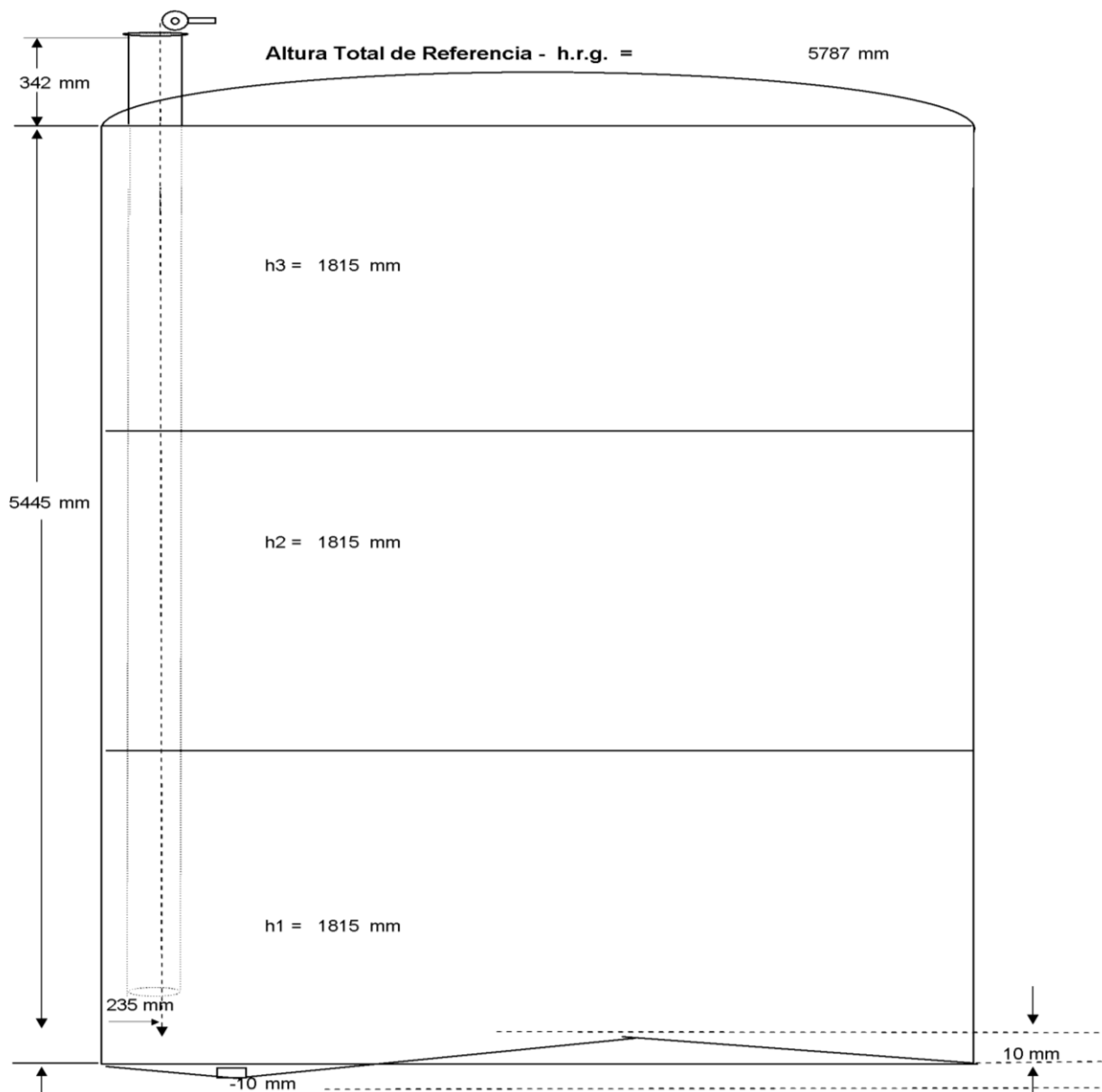
Pag. 6 de 7



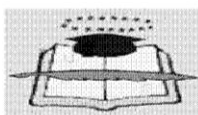
Título:

ESQUEMA DEL TANQUE

LOCALIDAD: LA LIBERTAD-SANTA ELENA-ECUADOR
TERMINAL: REFINERIA LA LIBERTAD
TANQUE No.: TQ-85



V.2.2 MEMORIA TECNICA



MEMORIA TECNICA

TERMINAL: **REFINERIA LA LIBERTAD**

TANQUE No.: **TQ-85**

ÓPTICA DE CALIBRACIÓN ÓPTICA: CALCULO PARA LA CIRCUNFERENCIA

INICIALES : O. Delgado / R. Vasquez

FECHA : 01/09/2009

CLIENTE : EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL)

TANQUE No : TQ-85

DIAMETRO TEORICO (metres): 7.970

CAPACIDAD TEORICA (litres/mm) : 49.889

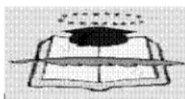
Toma de Medida Externa Óptica

Numero de estaciones alrededor del tanque: 8

Referencia de la circunferencia en el anillo (mm).....: 25039

Suma de las mediciones ópticas en referencia: 1655

Anillo	Mediciones Opticas (mm)	Espesor de Las Placas (mm)	Circunferencia Externa (mm)
1	1655.0	N.A.	25039
2	1629.5	N.A.	25059
3	1630.0	N.A.	25059



MEMORIA TECNICA

TERMINAL: **REFINERIA LA LIBERTAD**

TANQUE No.: **TQ-85**

Toma de Datos del Fondo

INICIALES : O. Delgado / R. Vasquez
FECHA : 01/09/2009

CLIENTE : EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL)
TANQUE No : TQ-85

Altura de la inmersión de la Placa..... mm: 1314
Volumen del Sumidero..... litro: 82

Circunferencia del Primer Anillo mm: 25039
Placa + espesor de la pintura ... mm: 8.16

Radio del Primer Anillo mm: 3977

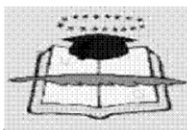
Altura del Punto mas alto mm: 1242
(inmersión en la placa.....) mm: 72

Estación	-----Distancia-----		Lectura de la Altura (mm)	Diff. Sumersión Altura (mm)
	Posicion Lámina (mm)	Posicion Centro (mm)		
1	0	3977	1304	10
2	500	3477	1307	7
3	1000	2977	1307	7
4	1500	2477	1290	24
5	2000	1977	1276	38
6	2500	1477	1271	43
7	3500	477	1282	32

8 3977 0 1294 20
Volumen muerto = 0 (Sin Sumidero): 0 Litros
(Con Sumidero): 82 Litros

Niveles Críticos (mm)	-----Obras Muertas Acumuladas -----		Volumenes Positivos (litros)	Volumenes Totales (litros)
	(l/mm)	(litros)		
0	0.000	0	0	82
7	-49.687	-348	348	82
10	-29.584	-437	497	142
20	-23.570	-672	994	403
24	-23.248	-765	1192	509
32	-15.463	-889	1590	783
38	-11.985	-961	1888	1009
43	-5.820	-990	2137	1229

72 (Punto mas alto) 2670
Correspondiente a la altura del cilindro: 62 mm



MEMORIA TECNICA

TERMINAL: REFINERIA LA LIBERTAD

TANQ TQ-85

COMPUTACION PARA TANQUES VERTICALES: METODO API

INICIALES: O. Delgado / R. Vasquez
FECHA: 01/09/2009

CLIENTE: PETROINDUSTRIAL
TANQUE No: TQ-85

Lámina:	Factor Termico de Expansión Lineal	0.0000110 (1/° C)
	Factor de Módulo de Young's:	2040 (t/cm2)
Cinta	Factor Termico de Expansión Lineal	0.0000110 (1/° C)
	Temperatura de Calibración:	20.0 (° C)

Condiciones en la calibración.

1) Temperatura de la Lámina (°C):	23.0
2) Tape temperatura de la Cinta (°C):	23.0
3) Densidad de Líquido(Kg /lt):	N.A.
4) Altura del Líquido (mm):	0

Distancia entre las soldaduras del primer anillo y la parte superior de primer anillo: mm 363

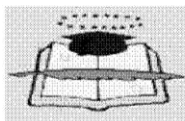
Altura del líquido por encima de la primera Lámina N.A.

Altura del líquido durante calibración por encima de la mitad del anillo 2 mm N.A.

Altura del líquido durante calibración por encima de la mitad del anillo de 3 mm N.A.

Producto que se Almacena.

Temperatura del Líquido (° C):	27.8
Densidad del Líquido (Kg/litros):	0.873



MEMORIA TECNICA

TERMINAL: **REFINERIA LA LIBERTAD**

TANQUE No. **TQ-85**

Anillo	Circunferencia (mm)	Altura (mm)	Espesor de la Placa+Pintura (mm)	-----Soldaduras-----		
				Numero. (-)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)
1	25039	1815	8.16	5	8.0	2.0
2	25059	1815	8.04	5	8.0	2.0
3	25059	1815	7.96	5	8.0	2.0

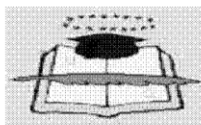
25038 Circunferencia Teorica:

Espesor de la Pintura: 0.000 (mm)

Inclinación del Tanque....(mm): 0.0620

Anillo	Fuera		-----Corrección-----			Dentro de la Circunferencia at 28 ° C (mm)
	Circunferencia Medida (mm)	20 C (mm)	Placa Pintura (mm)	Tanque Vacio (mm)	Soldaduras Verticales (mm)	
1	25039.0	25039.0	-51.27	0.00	-0.44	24987.3
2	25059.0	25059.0	-50.52	0.00	-0.44	25008.0
3	25059.0	25059.0	-50.01	0.00	-0.44	25008.5

Aillo	Capacidad Bruto (l/mm)	Fac.Corr. Inclinación (-)	Temperatura Corr. Fac. (-)	Tanque Vacio Capacidad a 28°C (l/mm)
(-)				
1	49.69	1.0019	1.0002	49.79
2	49.77	1.0019	1.0002	49.87
3	49.77	1.0019	1.0002	49.87



MEMORIA TECNICA

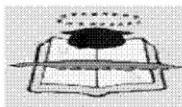
TERMINAL: **REFINERIA LA LIBERTAD**

TANQUE No.: **TQ-85**

Parte inferior a la capacidad de inmersión Volumen 72 mm 2670 litros
 Altura correspondiente del cilindro 62 mm

-----Corrección de la Cabeza Líquida.-----					
Anillo (-)	Capacidad (l/mm)	Anillo (l/mm)	Acumulado (l/mm)	Capacidad Útil (l/mm)	Volumen (litros)
Fondo					2670
1	49.79			49.79	89951
2	49.87	0.00	0.00	49.88	90525
3	49.87	0.00	0.01	49.88	90535

Anillo	Sumerción (mm)	Volumen (litros)
Fondo	0	2670
1	1825	89951
2	3640	180476
3	5455	271011



MEMORIA TECNICA

TERMINAL: **REFINERIA LA LIBERTAD**

TANQUE No.: **TQ-85**

Niveles Críticos - TABLA ABREVIADA

INICIALES : O. Delgado / R. Vasquez
Fecha : 01/09/2009

CLIENTE : EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL)
TANQUE No : TQ-85

Los niveles son equivalentes a las inmersiones

Para mas Información

Volumen acumulado bruto 271011 litros

A NIVEL DE : 5455 mm

Correcciones totales de obras muertas.....:

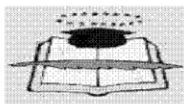
144 litros

Volumen neto acumulado desde arriba:

271155 litros

Niveles de Anillos (mm)	Volumen (litros)	(litros/mm)
0	82	0.00
7	82	0.00
10	142	20.00
20	403	26.10
24	509	26.50
32	783	34.25
38	1009	37.67
43	1229	44.00
72	2670	49.69
1825	89951	49.79
3640	180476	49.88
5455	271011	49.88

Volumen de Obras Muertas (litros)	De (mm)	A (mm)	(litros/mm)
61	400	990	0.10
61	10	648	0.10
4	82	184	0.04
8	120	272	0.05
14	120	323	0.07
-4	80	182	-0.04



MEMORIA TECNICA

TERMINAL: **REFINERIA LA LIBERTAD**

TANQUE No.: **TQ-85**

NUMERO DE TANQUE VERTICAL :

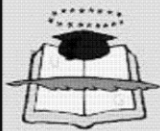
TQ-85

No.	Niveles Críticos	Volumenes Netos		
	(mm)	(litros)	(litros/mm)	
1	0	82	0.00	<< Fondo
2	7	82	0.00	
3	10	142	20.00	
4	20	403	26.20	
5	24	510	26.60	
6	32	785	34.35	
7	38	1011	37.76	
8	43	1232	44.10	
9	72	2675	49.79	
10	80	3075	49.89	
11	82	3174	49.85	
12	120	5070	49.89	
13	182	8170	50.01	
14	184	8270	50.05	
15	272	12671	50.01	
16	323	15219	49.95	<< Anillo Superior 1 << Anillo Superior 2 << Anillo Superior 3
17	400	19060	49.89	
18	648	31457	49.99	
19	990	48520	49.89	
20	1825	90095	49.79	
21	3640	180620	49.88	
22	5455	271155	49.88	

CAPACIDAD TEORICA (litros/mm):

49.889

V.2.3 TABLA DE CALIBRACION

	Titulo: Tabla de Calibracion - Cubierta
---	--

**EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL)
REFINERÍA LA LIBERTAD
LIBERTAD - ECUADOR**

TANQUE N:: 85

**NOMBRE DEL TANQUE : TANQUE DE SLOP
PRODUCTO DEL TANQUE : SLOP**

ESTA TABLA SUSTITUYE EN FORMA DEFINITIVA A TODAS LAS TABLAS ANTERIORES
A ESTA FECHA DE CALIBRACION

LOS VALORES DE VOLUMEN DE ESTA TABLA DE CALIBRACIÓN SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA ESTE TANQUE

PLACA DE AFORO SE ENCUENTRA A -10 mm DE ALTURA CILINDRICA Y A 235 mm DE LA PARED DEL TANQUE
FONDO CÓNICO PARA ARRIBA TIENE UNA ALTURA CILINDRICA DE 62 mm
PUNTO DE MEDICION EN LADO OPUESTO A LA BISAGRA DE LA ESCOTILLA DE MEDICIÓN (Hatch Cover)

TABLA DE CAPACIDAD A NIVEL MÁXIMO DE: 5455 mm CORRESPONDIENTE A:
271,156 metros cúbicos / 1705,52 Barriles / 71632 Galones

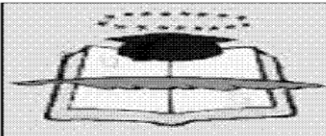
- NIVEL DE REBOSE : 5165 mm corresponde a: 256,69 metros cúbicos / 1614,53 Barriles / 67810 Galones

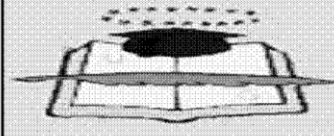
PARA MAYOR SEGURIDAD LOS VALORES FRACCIONALES ENTRE LOS NIVELES DE 0 mm Y EL VALOR INMEDIATO
SUPERIOR A 82 mm DEL FONDO CONICO EN LA TABLA DEBEN SER INTERPOLADOS ENTRE LOS
INCREMENTOS DE VOLÚMENES

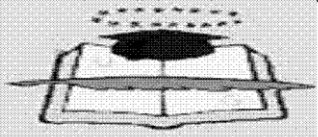
Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API MPMS 2.2A & 2.2B

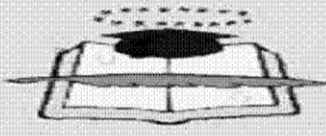
Esfuerzo por cabeza de líquido aplicado a 29.1 ° API a 60° F
Altura Total De Referencia: 5787 mm

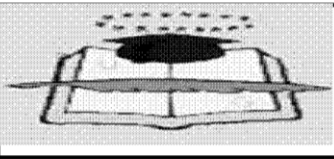
- Altura Cilíndrica del Tanque: 5445 mm
- Nivel Trabajo 98 % : 5346 mm corresponde a: 265,719 metros cúbicos / 1671,33 Barriles / 70195 Galones
- Nivel Trabajo 95 % : 5182 mm corresponde a: 257,538 metros cúbicos / 1619,87 Barriles / 68034 Galones
- Diametro Medio del Tanque: 7970 mm
- Tipo de Tanque : Cilíndrico Vertical
- Fondo del tanque Calibrado opticamente de acuerdo con: API MPMS 2.2B
- Temperatura Media de Operación 82 °F
- Calibrado por O. Delgado / R. Vasquez en Agosto 27, 2009
- Computado por O. Delgado / R. Vasquez en Septiembre 01, 2009

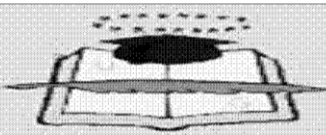
				Titulo: Tabla Altura Volumen			
EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL) REFINERÍA LA LIBERTAD LIBERTAD - ECUADOR				TANQUE N:: 85 SLOP			
cm	M3	Bbls	Galones	cm	M3	Bbls	Galones
0	0.082	0.52	22	40	19.060	119.88	5035
1	0.142	0.89	37	41	19.560	123.03	5167
2	0.404	2.54	107	42	20.060	126.17	5299
3	0.716	4.50	189	43	20.560	129.32	5431
4	1.099	6.91	290	44	21.060	132.46	5563
5	1.580	9.94	417	45	21.560	135.61	5696
6	2.078	13.07	549	46	22.059	138.75	5828
7	2.576	16.20	680	47	22.559	141.89	5959
8	3.075	19.34	812	48	23.059	145.04	6092
9	3.574	22.48	944	49	23.559	148.18	6224
10	4.073	25.62	1076	50	24.059	151.33	6356
11	4.571	28.75	1208	51	24.559	154.47	6488
12	5.070	31.89	1339	52	25.059	157.62	6620
13	5.570	35.03	1471	53	25.559	160.76	6752
14	6.071	38.19	1604	54	26.058	163.90	6884
15	6.571	41.33	1736	55	26.558	167.04	7016
16	7.071	44.48	1868	56	27.058	170.19	7148
17	7.571	47.62	2000	57	27.558	173.33	7280
18	8.071	50.77	2132	58	28.058	176.48	7412
19	8.571	53.91	2264	59	28.558	179.62	7544
20	9.071	57.05	2396	60	29.058	182.77	7676
21	9.571	60.20	2528	61	29.558	185.91	7808
22	10.071	63.34	2660	62	30.058	189.06	7941
23	10.571	66.49	2793	63	30.557	192.20	8072
24	11.072	69.64	2925	64	31.057	195.34	8204
25	11.572	72.79	3057	65	31.557	198.49	8337
26	12.072	75.93	3189	66	32.056	201.63	8468
27	12.572	79.08	3321	67	32.555	204.76	8600
28	13.071	82.21	3453	68	33.054	207.90	8732
29	13.571	85.36	3585	69	33.553	211.04	8864
30	14.070	88.50	3717	70	34.051	214.17	8995
31	14.570	91.64	3849	71	34.550	217.31	9127
32	15.069	94.78	3981	72	35.049	220.45	9259
33	15.568	97.92	4113	73	35.548	223.59	9391
34	16.067	101.06	4245	74	36.047	226.73	9523
35	16.566	104.20	4376	75	36.546	229.87	9655
36	17.065	107.34	4508	76	37.045	233.01	9786
37	17.564	110.47	4640	77	37.544	236.14	9918
38	18.062	113.61	4772	78	38.043	239.28	10050
39	18.561	116.75	4904	79	38.542	242.42	10182
Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API MPMS 2.2A & 2,2B Esfuerzo por cabeza de líquido aplicado a 29.1 ° API a 60° F Altura Total De Referencia: 5787 mm							
mm	M3	Bbls	Galones	Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API MPMS 2.2A & 2,2B			
1	0.050	0.31	13				
2	0.100	0.63	26				
3	0.150	0.94	39				
4	0.200	1.26	53				
5	0.250	1.57	66				
6	0.300	1.89	79				
7	0.350	2.20	92				
8	0.400	2.52	106				
9	0.450	2.83	119				

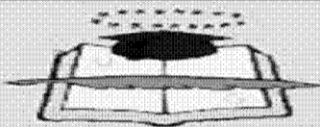
				Titulo:			
				Tabla Altura Volumen			
EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL) REFINERÍA LA LIBERTAD LIBERTAD - ECUADOR				TANQUE N:: 85 SLOP			
cm	M3	Bbls	Galones	cm	M3	Bbls	Galones
80	39.040	245.55	10313	120	58.976	370.95	15580
81	39.539	248.69	10445	121	59.474	374.08	15711
82	40.038	251.83	10577	122	59.971	377.21	15843
83	40.537	254.97	10709	123	60.469	380.34	15974
84	41.036	258.11	10841	124	60.967	383.47	16106
85	41.535	261.25	10973	125	61.465	386.60	16237
86	42.034	264.39	11104	126	61.963	389.74	16369
87	42.533	267.52	11236	127	62.461	392.87	16501
88	43.032	270.66	11368	128	62.959	396.00	16632
89	43.531	273.80	11500	129	63.457	399.13	16763
90	44.029	276.93	11631	130	63.955	402.26	16895
91	44.528	280.07	11763	131	64.453	405.40	17027
92	45.027	283.21	11895	132	64.951	408.53	17158
93	45.526	286.35	12027	133	65.449	411.66	17290
94	46.025	289.49	12159	134	65.946	414.79	17421
95	46.524	292.63	12290	135	66.444	417.92	17553
96	47.023	295.77	12422	136	66.942	421.05	17684
97	47.522	298.90	12554	137	67.440	424.18	17816
98	48.021	302.04	12686	138	67.938	427.32	17947
99	48.520	305.18	12818	139	68.436	430.45	18079
100	49.017	308.31	12949	140	68.934	433.58	18210
101	49.515	311.44	13080	141	69.432	436.71	18342
102	50.013	314.57	13212	142	69.930	439.85	18474
103	50.511	317.70	13343	143	70.428	442.98	18605
104	51.009	320.84	13475	144	70.926	446.11	18737
105	51.507	323.97	13607	145	71.423	449.24	18868
106	52.005	327.10	13738	146	71.921	452.37	19000
107	52.503	330.23	13870	147	72.419	455.50	19131
108	53.001	333.37	14002	148	72.917	458.63	19262
109	53.499	336.50	14133	149	73.415	461.77	19394
110	53.997	339.63	14264	150	73.913	464.90	19526
111	54.494	342.76	14396	151	74.411	468.03	19657
112	54.992	345.89	14527	152	74.909	471.16	19789
113	55.490	349.02	14659	153	75.407	474.30	19921
114	55.988	352.15	14790	154	75.905	477.43	20052
115	56.486	355.29	14922	155	76.403	480.56	20184
116	56.984	358.42	15054	156	76.900	483.69	20315
117	57.482	361.55	15185	157	77.398	486.82	20446
118	57.980	364.68	15317	158	77.896	489.95	20578
119	58.478	367.82	15448	159	78.394	493.08	20709
Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API MPMS 2.2A & 2,2B Esfuerzo por cabeza de líquido aplicado a 29.1 ° API a 60° F Altura Total De Referencia: 5787 mm							
mm	M3	Bbls	Galones	Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API MPMS 2.2A & 2,2B			
1	0.050	0.31	13				
2	0.100	0.63	26				
3	0.150	0.94	39				
4	0.200	1.26	53				
5	0.250	1.57	66				
6	0.300	1.89	79				
7	0.350	2.20	92				
8	0.400	2.52	106				
9	0.450	2.83	119				

				Titulo: Tabla Altura Volumen			
EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL) REFINERÍA LA LIBERTAD LIBERTAD - ECUADOR				TANQUE N:: 85 SLOP			
cm	M3	Bbls	Galones	cm	M3	Bbls	Galones
160	78.892	496.22	20841	200	98.823	621.58	26106
161	79.390	499.35	20973	201	99.322	624.72	26238
162	79.888	502.48	21104	202	99.821	627.86	26370
163	80.386	505.61	21236	203	100.320	630.99	26502
164	80.884	508.74	21367	204	100.818	634.13	26633
165	81.382	511.88	21499	205	101.317	637.26	26765
166	81.880	515.01	21630	206	101.816	640.40	26897
167	82.377	518.14	21762	207	102.315	643.54	27029
168	82.875	521.27	21893	208	102.813	646.67	27160
169	83.373	524.40	22025	209	103.312	649.81	27292
170	83.871	527.53	22156	210	103.811	652.95	27424
171	84.369	530.66	22288	211	104.310	656.09	27556
172	84.867	533.80	22420	212	104.808	659.22	27687
173	85.365	536.93	22551	213	105.307	662.36	27819
174	85.863	540.06	22683	214	105.806	665.50	27951
175	86.361	543.19	22814	215	106.305	668.64	28083
176	86.859	546.33	22946	216	106.804	671.78	28215
177	87.357	549.46	23077	217	107.302	674.91	28346
178	87.854	552.58	23208	218	107.801	678.05	28478
179	88.352	555.72	23340	219	108.300	681.19	28610
180	88.850	558.85	23472	220	108.799	684.33	28742
181	89.348	561.98	23603	221	109.297	687.46	28873
182	89.846	565.11	23735	222	109.796	690.60	29005
183	90.344	568.25	23867	223	110.295	693.73	29137
184	90.843	571.39	23998	224	110.794	696.87	29269
185	91.342	574.52	24130	225	111.292	700.01	29400
186	91.841	577.66	24262	226	111.791	703.14	29532
187	92.339	580.79	24393	227	112.290	706.28	29664
188	92.838	583.93	24525	228	112.789	709.42	29796
189	93.337	587.07	24657	229	113.287	712.55	29927
190	93.836	590.21	24789	230	113.786	715.69	30059
191	94.335	593.35	24921	231	114.285	718.83	30191
192	94.833	596.48	25052	232	114.784	721.97	30323
193	95.332	599.62	25184	233	115.282	725.10	30454
194	95.831	602.76	25316	234	115.781	728.24	30586
195	96.330	605.90	25448	235	116.280	731.38	30718
196	96.828	609.03	25579	236	116.779	734.52	30850
197	97.327	612.17	25711	237	117.277	737.65	30981
198	97.826	615.31	25843	238	117.776	740.79	31113
199	98.325	618.45	25975	239	118.275	743.93	31245
Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API MPMS 2.2A & 2.2B Esfuerzo por cabeza de líquido aplicado a 29.1 ° API a 60° F Altura Total De Referencia: 5787 mm							
mm	M3	Bbls	Galones	Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API MPMS 2.2A & 2.2B			
1	0.050	0.31	13				
2	0.100	0.63	26				
3	0.150	0.94	39				
4	0.200	1.26	53				
5	0.250	1.57	66				
6	0.300	1.89	79				
7	0.350	2.20	92				
8	0.400	2.52	106				
9	0.450	2.83	119				

				Titulo: Tabla Altura Volumen			
				EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL) REFINERÍA LA LIBERTAD LIBERTAD - ECUADOR			
				TANQUE N.: 85 SLOP			
cm	M3	Bbls	Galones	cm	M3	Bbls	Galones
240	118.774	747.07	31377	280	138.724	872.55	36647
241	119.273	750.20	31508	281	139.223	875.69	36779
242	119.771	753.34	31640	282	139.722	878.82	36910
243	120.270	756.48	31772	283	140.220	881.96	37042
244	120.769	759.61	31904	284	140.719	885.10	37174
245	121.268	762.75	32036	285	141.218	888.23	37306
246	121.766	765.89	32167	286	141.717	891.37	37438
247	122.265	769.02	32299	287	142.215	894.51	37569
248	122.764	772.16	32431	288	142.714	897.64	37701
249	123.263	775.30	32563	289	143.213	900.78	37833
250	123.761	778.43	32694	290	143.712	903.92	37965
251	124.260	781.57	32826	291	144.211	907.06	38097
252	124.759	784.71	32958	292	144.709	910.19	38228
253	125.258	787.85	33090	293	145.208	913.33	38360
254	125.756	790.98	33221	294	145.707	916.47	38492
255	126.255	794.12	33353	295	146.206	919.61	38624
256	126.754	797.26	33485	296	146.704	922.74	38755
257	127.253	800.40	33617	297	147.203	925.88	38887
258	127.751	803.53	33748	298	147.702	929.02	39019
259	128.250	806.67	33880	299	148.201	932.16	39151
260	128.749	809.81	34012	300	148.699	935.29	39282
261	129.248	812.95	34144	301	149.198	938.43	39414
262	129.746	816.08	34275	302	149.697	941.57	39546
263	130.245	819.22	34407	303	150.196	944.70	39677
264	130.744	822.35	34539	304	150.694	947.84	39809
265	131.243	825.49	34671	305	151.193	950.98	39941
266	131.742	828.63	34802	306	151.692	954.11	40073
267	132.240	831.76	34934	307	152.191	957.25	40205
268	132.739	834.90	35066	308	152.689	960.38	40336
269	133.238	838.04	35198	309	153.188	963.52	40468
270	133.737	841.18	35330	310	153.687	966.66	40600
271	134.235	844.31	35461	311	154.186	969.80	40732
272	134.734	847.45	35593	312	154.684	972.93	40863
273	135.233	850.59	35725	313	155.183	976.07	40995
274	135.732	853.73	35857	314	155.682	979.21	41127
275	136.230	856.86	35988	315	156.181	982.35	41259
276	136.729	860.00	36120	316	156.680	985.49	41391
277	137.228	863.14	36252	317	157.178	988.62	41522
278	137.727	866.28	36384	318	157.677	991.76	41654
279	138.225	869.41	36515	319	158.176	994.90	41786
Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API MPMS 2.2A & 2.2B Esfuerzo por cabeza de líquido aplicado a 29.1 ° API a 60° F Altura Total De Referencia: 5787 mm							
mm	M3	Bbls	Galones	Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API MPMS 2.2A & 2.2B			
1	0.050	0.31	13				
2	0.100	0.63	26				
3	0.150	0.94	39				
4	0.200	1.26	53				
5	0.250	1.57	66				
6	0.300	1.89	79				
7	0.350	2.20	92				
8	0.400	2.52	106				
9	0.450	2.83	119				

				Titulo: Tabla Altura Volumen			
EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL) REFINERÍA LA LIBERTAD LIBERTAD - ECUADOR				TANQUE N:: 85 SLOP			
cm	M3	Bbbs	Galones	cm	M3	Bbbs	Galones
320	158.675	998.04	41918	360	178.625	1123.52	47188
321	159.173	1001.17	42049	361	179.124	1126.66	47320
322	159.672	1004.31	42181	362	179.622	1129.79	47451
323	160.171	1007.45	42313	363	180.121	1132.93	47583
324	160.670	1010.58	42444	364	180.620	1136.07	47715
325	161.168	1013.72	42576	365	181.119	1139.20	47846
326	161.667	1016.85	42708	366	181.618	1142.34	47978
327	162.166	1019.99	42840	367	182.116	1145.48	48110
328	162.665	1023.13	42971	368	182.615	1148.61	48242
329	163.163	1026.26	43103	369	183.114	1151.75	48374
330	163.662	1029.40	43235	370	183.613	1154.89	48505
331	164.161	1032.54	43367	371	184.112	1158.03	48637
332	164.660	1035.68	43499	372	184.611	1161.17	48769
333	165.158	1038.81	43630	373	185.109	1164.30	48901
334	165.657	1041.95	43762	374	185.608	1167.44	49032
335	166.156	1045.09	43894	375	186.107	1170.58	49164
336	166.655	1048.23	44026	376	186.606	1173.72	49296
337	167.153	1051.36	44157	377	187.105	1176.85	49428
338	167.652	1054.50	44289	378	187.603	1179.99	49560
339	168.151	1057.64	44421	379	188.102	1183.13	49691
340	168.650	1060.78	44553	380	188.601	1186.26	49823
341	169.149	1063.92	44685	381	189.100	1189.40	49955
342	169.647	1067.05	44816	382	189.599	1192.54	50087
343	170.146	1070.19	44948	383	190.098	1195.68	50219
344	170.645	1073.32	45079	384	190.596	1198.81	50350
345	171.144	1076.46	45211	385	191.095	1201.95	50482
346	171.642	1079.60	45343	386	191.594	1205.09	50614
347	172.141	1082.73	45475	387	192.093	1208.23	50746
348	172.640	1085.87	45607	388	192.592	1211.37	50878
349	173.139	1089.01	45738	389	193.090	1214.50	51009
350	173.637	1092.14	45870	390	193.589	1217.64	51141
351	174.136	1095.28	46002	391	194.088	1220.78	51273
352	174.635	1098.42	46134	392	194.587	1223.92	51405
353	175.134	1101.56	46266	393	195.086	1227.05	51536
354	175.632	1104.69	46397	394	195.585	1230.19	51668
355	176.131	1107.83	46529	395	196.083	1233.32	51799
356	176.630	1110.97	46661	396	196.582	1236.46	51931
357	177.129	1114.11	46793	397	197.081	1239.60	52063
358	177.627	1117.24	46924	398	197.580	1242.74	52195
359	178.126	1120.38	47056	399	198.079	1245.88	52327
Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API MPMS 2.2A & 2.2B Esfuerzo por cabeza de liquido aplicado a 29.1 ° API a 60° F Altura Total De Referencia: 5787 mm							
mm	M3	Bbbs	Galones	Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API MPMS 2.2A & 2.2B			
1	0.050	0.31	13				
2	0.100	0.63	26				
3	0.150	0.94	39				
4	0.200	1.26	53				
5	0.250	1.57	66				
6	0.300	1.89	79				
7	0.350	2.20	92				
8	0.400	2.52	106				
9	0.450	2.83	119				

				Titulo: Tabla Altura Volumen			
EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL) REFINERÍA LA LIBERTAD LIBERTAD - ECUADOR				TANQUE N:: 85 SLOP			
cm	M3	Bbls	Galones	cm	M3	Bbls	Galones
400	198.577	1249.01	52458	440	218.530	1374.51	57729
401	199.076	1252.15	52590	441	219.029	1377.65	57861
402	199.575	1255.29	52722	442	219.528	1380.79	57993
403	200.074	1258.43	52854	443	220.027	1383.93	58125
404	200.573	1261.57	52986	444	220.525	1387.06	58257
405	201.072	1264.70	53117	445	221.024	1390.20	58388
406	201.570	1267.84	53249	446	221.523	1393.34	58520
407	202.069	1270.98	53381	447	222.022	1396.48	58652
408	202.568	1274.11	53513	448	222.521	1399.61	58784
409	203.067	1277.25	53645	449	223.020	1402.75	58916
410	203.566	1280.39	53776	450	223.518	1405.89	59047
411	204.064	1283.52	53908	451	224.017	1409.02	59179
412	204.563	1286.66	54040	452	224.516	1412.16	59311
413	205.062	1289.80	54172	453	225.015	1415.30	59443
414	205.561	1292.94	54303	454	225.514	1418.44	59574
415	206.060	1296.08	54435	455	226.012	1421.57	59706
416	206.559	1299.22	54567	456	226.511	1424.71	59838
417	207.057	1302.35	54699	457	227.010	1427.85	59970
418	207.556	1305.49	54831	458	227.509	1430.99	60102
419	208.055	1308.63	54962	459	228.008	1434.13	60233
420	208.554	1311.77	55094	460	228.507	1437.27	60365
421	209.053	1314.90	55226	461	229.005	1440.40	60497
422	209.551	1318.04	55358	462	229.504	1443.54	60629
423	210.050	1321.17	55489	463	230.003	1446.68	60761
424	210.549	1324.31	55621	464	230.502	1449.81	60892
425	211.048	1327.45	55753	465	231.001	1452.95	61024
426	211.547	1330.59	55885	466	231.499	1456.08	61155
427	212.046	1333.73	56017	467	231.998	1459.22	61287
428	212.544	1336.86	56148	468	232.497	1462.36	61419
429	213.043	1340.00	56280	469	232.996	1465.50	61551
430	213.542	1343.14	56412	470	233.495	1468.64	61683
431	214.041	1346.28	56544	471	233.994	1471.78	61815
432	214.540	1349.42	56676	472	234.492	1474.91	61946
433	215.038	1352.55	56807	473	234.991	1478.05	62078
434	215.537	1355.69	56939	474	235.490	1481.19	62210
435	216.036	1358.83	57071	475	235.989	1484.33	62342
436	216.535	1361.96	57202	476	236.488	1487.46	62473
437	217.034	1365.10	57334	477	236.986	1490.60	62605
438	217.533	1368.24	57466	478	237.485	1493.74	62737
439	218.031	1371.37	57598	479	237.984	1496.87	62869
Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API MPMS 2.2A & 2.2B Esfuerzo por cabeza de líquido aplicado a 29.1 ° API a 60° F Altura Total De Referencia: 5787 mm							
mm	M3	Bbls	Galones	Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API MPMS 2.2A & 2.2B			
1	0.050	0.31	13				
2	0.100	0.63	26				
3	0.150	0.94	39				
4	0.200	1.26	53				
5	0.250	1.57	66				
6	0.300	1.89	79				
7	0.350	2.20	92				
8	0.400	2.52	106				
9	0.450	2.83	119				

				Titulo:			
				Tabla Altura Volumen			
EP PETROECUADOR (PETROINDUSTRIAL)				TANQUE N:: 85			
REFINERÍA LA LIBERTAD				SLOP			
LIBERTAD - ECUADOR							
cm	M3	Bbls	Galones	cm	M3	Bbls	Galones
480	238.483	1500.01	63000	520	258.436	1625.51	68271
481	238.982	1503.15	63132	521	258.934	1628.65	68403
482	239.481	1506.29	63264	522	259.433	1631.78	68535
483	239.979	1509.42	63396	523	259.932	1634.92	68667
484	240.478	1512.56	63528	524	260.431	1638.06	68799
485	240.977	1515.70	63659	525	260.930	1641.20	68930
486	241.476	1518.84	63791	526	261.429	1644.34	69062
487	241.975	1521.98	63923	527	261.927	1647.47	69194
488	242.473	1525.11	64055	528	262.426	1650.61	69326
489	242.972	1528.25	64187	529	262.925	1653.75	69458
490	243.471	1531.39	64318	530	263.424	1656.89	69589
491	243.970	1534.52	64450	531	263.923	1660.03	69721
492	244.469	1537.66	64582	532	264.421	1663.16	69853
493	244.968	1540.80	64714	533	264.920	1666.30	69985
494	245.466	1543.93	64845	534	265.419	1669.44	70116
495	245.965	1547.07	64977	535	265.918	1672.57	70248
496	246.464	1550.21	65109	536	266.417	1675.71	70380
497	246.963	1553.35	65241	537	266.916	1678.85	70512
498	247.462	1556.49	65373	538	267.414	1681.98	70643
499	247.960	1559.62	65504	539	267.913	1685.12	70775
500	248.459	1562.76	65636	540	268.412	1688.26	70907
501	248.958	1565.90	65768	541	268.911	1691.40	71039
502	249.457	1569.04	65900	542	269.410	1694.54	71171
503	249.956	1572.18	66032	543	269.908	1697.67	71302
504	250.455	1575.31	66163	544	270.407	1700.81	71434
505	250.953	1578.45	66295	545	270.906	1703.95	71566
506	251.452	1581.59	66427	545.5	271.156	1705.52	71632
507	251.951	1584.72	66558				
508	252.450	1587.86	66690				
509	252.949	1591.00	66822				
510	253.447	1594.13	66953				
511	253.946	1597.27	67085				
512	254.445	1600.41	67217				
513	254.944	1603.55	67349				
514	255.443	1606.69	67481				
515	255.942	1609.83	67613				
516	256.440	1612.96	67744				
517	256.939	1616.10	67876				
518	257.438	1619.24	68008				
519	257.937	1622.37	68140				
Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API MPMS 2.2A & 2,2B							
Esfuerzo por cabeza de líquido aplicado a 29.1 ° API a 60° F							
Altura Total De Referencia: 5787 mm							
mm	M3	Bbls	Galones	Mediciones y Calculos en Acuerdo con: API MPMS 2.2A & 2,2B			
1	0.050	0.31	13				
2	0.100	0.63	26				
3	0.150	0.94	39				
4	0.200	1.26	53				
5	0.250	1.57	66				
6	0.300	1.89	79				
7	0.350	2.20	92				
8	0.400	2.52	106				
9	0.450	2.83	119				

V.3 Calculo de incertidumbre

CALCULO DE INCERTIDUMBRE

ANILLO N° 1			
Altura (cm)	METODO		Incertidumbre
	API STD 2555	API CHAPTER 2.2B	
	Capacidad (Galones)		
10	1094	1076	1.65
20	2401	2396	0.21
30	3719	3717	0.05
40	5037	5035	0.04
50	6358	6356	0.03
60	7653	7676	-0.30
70	8958	8995	-0.41
80	10348	10313	0.34
90	11588	11631	-0.37
100	12893	12949	-0.43
110	14229	14264	-0.25
120	15525	15580	-0.35
130	16837	16895	-0.34
140	18131	18210	-0.44
150	19440	19526	-0.44
160	20749	20841	-0.44
170	22088	22156	-0.31
180	23390	23472	-0.35
181.5	23594	23669	-0.32
Σ de incertidumbres en cada nivel			-2.44

Diferencia entre volúmenes del 1er Anillo



ANILLO N° 2			
Altura (cm)	METODO		Incertidumbre
	API STD 2555	API CHAPTER 2.2B	
	Capacidad (Galones)		%
190	24686	24789	-0.42
200	26024	26106	-0.32
210	27313	27424	-0.41
220	28631	28742	-0.39
230	29944	30059	-0.38
240	31238	31377	-0.44
250	32579	32694	-0.35
260	33894	34012	-0.35
270	35221	35330	-0.31
280	36537	36647	-0.30
290	37864	37965	-0.27
300	39170	39282	-0.29
310	40478	40600	-0.30
320	41805	41918	-0.27
330	43073	43235	-0.38
340	44448	44553	-0.24
350	45821	45870	-0.11
360	47091	47188	-0.21
363	47496	47583	-0.18
Σ de incertidumbres en cada nivel			-5.90

Diferencia entre volúmenes del 2do Anillo



ANILLO N° 3			
Altura (cm)	METODO		Incertidumbre
	API STD 2555	API CHAPTER 2.2B	
	Capacidad (Galones)		
			%
370	48414	48505	-0.19
380	49688	49823	-0.27
390	50970	51141	-0.34
400	52341	52458	-0.22
410	53666	53776	-0.20
420	54995	55094	-0.18
430	56406	56412	-0.01
440	57726	57729	-0.01
450	59064	59047	0.03
460	60440	60365	0.12
470	61751	61683	0.11
480	63049	63000	0.08
490	64424	64318	0.16
500	65802	65636	0.25
510	67114	66953	0.24
520	68466	68271	0.28
530	69717	69589	0.18
540	70965	70907	0.08
545.5	71657	71632	0.03
Σ de incertidumbres en cada nivel			0.16

Diferencia entre volúmenes del 3er Anillo



CAPITULO VI

Conclusiones.-

Se debe seguir los pasos que están descritos en el procedimiento de “Toma de datos de campo”, ya que en caso contrario por la omisión de algún dato, los resultados finales obtenidos no tendrán la precisión deseada y por ende la incertidumbre de la “tabla de volumen del tanque” será mayor.

La calibración geométrica se realizó con los equipos certificados y calibrados, lo que nos daba una mayor certeza de la toma realizada, lo que se veía justificado con sus certificados vigentes.

Para el método de calibración líquida se constató que a medida que los niveles de agua (líquido utilizado para la calibración) se iban incrementando por arriba de la altura del cono y una vez que superó la altura de la obra muerta positiva los incrementos de volumen por altura se van volviendo semejantes.

Revisando los cálculos de Incertidumbre por cada anillo se observa que los porcentajes de diferencia, se encuentran en ocasiones hacia los márgenes positivos, y en ocasiones muy cercanos al 0 de diferencias y en otras ocasiones con valor de porcentajes negativos, pero su porcentaje de diferencias combinados no supera el

0.5% de diferencia , lo cual nos ayuda a determinar que se puede confiar en el método geométrico empleado.

Al realizar los cálculos comparativos entre las tablas de calibración elaborada por ambos métodos de calibración comprobamos que los porcentajes de desviación tomados a los diferentes niveles muestran que están dentro del error permitido dentro de la norma.

Para tanques con capacidades pequeñas no se debe realizar la calibración geométrica, por que en volúmenes pequeños cualquier deformación presenta grandes diferencias, debido a que el líquido se acopla idóneamente a la deformación, mientras que por geometría se calcula promedios que simulan figuras perfectas y no se centran en una deformación específica.

Recomendaciones.-

Las empresas inspectoras encargadas del servicio de calibración de tanques deben crear una estrecha relación con los encargados de las mediciones en los terminales de derivados líquidos con el objetivo de crear un lenguaje común entre ambas instituciones para poder transmitir mejores y correctas formas de llevar las cuantificaciones de producto.

Para la calibración geométrica se debe seguir los pasos recomendados en cuanto a verificación de las cintas, aplicar las tensiones recomendadas, y realizar las mediciones de temperatura a la que se encontraba sometida la cinta, esto nos ayudará para la realización de las correcciones para ajustarlas a las temperaturas a las que debe operar el tanque y obtener un mejor resultado en el cálculo de las capacidades de la tabla de calibración.

Se debe de impulsar la capacitación para el personal que esta a cargo de los inventarios realizados en las terminales de derivados de hidrocarburos en lo temas relacionados con los cálculos de incertidumbre a la hora de escoger los equipos o sistemas con los que se realizarán las mediciones.

Bibliografía.

Método de calibración Líquida de Tanques.

Según la Norma del Instituto Americano de Petróleo API 2555 . Segunda Edición ,
Abril 1987.

Según la Norma de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales ASTM D
1406-65 . Segunda Edición , Agosto 1987.

Calibración de Tanques Cilíndricos Verticales usando el Método Óptico de la Línea
de Referencia Óptica.

Según la Norma de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales ANSI/ASTM
D4738-88 I. Primera Edición , Marzo 1996.

Según la Norma de del Instituto Nacional Americano de Estandarización
ANSI/ASTM D4738-88 . Primera Edición , Febrero 1995.

Calibración de Tanques Cilíndricos Verticales usando el Método de C conteo Manual
API

Según la Norma STD 650 Tanques de Acero con Costura para Almacenamiento de
Petróleo . Décima Edición , Noviembre 2000.

Según la Norma STD 653 Inspección , Reparación, Modificación y Reconstrucción
de Tanques. Segunda Edición , Diciembre 1999.

Abacus Internacional . Curso Manual de Cubapetróleo (CUPET) 12-16 de Julio ,
1999.

MINBAS. Procedimientos e Instrucciones Técnicas para la ejecución de las
operaciones vinculadas a la Actividad de distribución de la Unidades de CUPET ,
Junio , 2000.