

NOTA IMPORTANTE:

La entidad sólo puede hacer uso de esta norma para si misma, por lo que este documento NO puede ser reproducido, ni almacenado, ni transmitido, en forma electrónica, fotocopia, grabación o cualquier otra tecnología, fuera de su propio marco.

ININ/ Oficina Nacional de Normalización

**PETROLEO Y PRODUCTOS LIQUIDOS DEL
PETROLEO. CALIBRACIÓN DE TANQUES
CILINDRICOS VERTICALES.
PARTE 1: METODO DE ENCINTADO
(ISO 7507-1:1993, IDT)**

Petroleum and liquid petroleum products.
Calibration of vertical cylindrical tanks.
Part 1: Strapping method

ICS: 75.180.30

1. Edición

Marzo 2002

REPRODUCCION PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana.
Teléf.: 830-0835 Fax: (537) 33-8048 E-mail: nc@ncnorma.cu

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba que representa al país ante las Organizaciones Internacionales y Regionales de Normalización.

La preparación de las Normas Cubanas se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. La aprobación de las Normas Cubanas es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en evidencias de consenso.

Esta norma:

- Ha sido elaborada por el NC/CTN – 2 de Metrología, en el que están representadas las siguientes instituciones:
Ministerio de la Industria Alimenticia.
Ministerio del Azúcar
Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias
Ministerio de la Industria Sidero Mecánica
Instituto Superior Politécnico “José A. Echeverría”
Oficina Territorial de Normalización de Villa Clara
Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología
Oficina Nacional de Normalización.
- Es una adopción idéntica por el método de traducción de la Norma Internacional ISO 7507-1— Petroleum and liquid petroleum products- calibration of vertical cylindrical tanks- part 1: strapping method.
- Las referencias normativas que aparecen en el texto con respecto a la norma ISO se sustituyen por las relativas a las Normas Cubanas que correspondan con dichas normas, en los casos en que éstas existan.
- En el texto se utiliza el término calibración por el término más utilizado de aforo, el que está definido en la norma NC OIML D-3:1995 en su aspecto 5.1.3 Aforo, por lo que es válido entender aforo cuando en el presente documento se utilicen los términos calibración o verificación.
- Consta de 5 Anexos normativos y un anexo informativo.

© NC, 2002

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por alguna forma o medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias o microfilmes, sin el permiso previo escrito de:

**Oficina Nacional de Normalización (NC).
Calle E No. 261 Ciudad de La Habana, Habana 3. Cuba.**

Impreso en Cuba

PETROLEO Y PRODUCTOS LIQUIDOS DEL PETROLEO. CALIBRACIÓN DE TANQUES CILINDRICOS VERTICALES. PARTE 1: METODO DE ENCINTADO

1. CONTENIDO

1.1 Esta parte de la NC-ISO 7507 especifica el método para la calibración de tanques sustancialmente cilíndricos verticales utilizando una cinta métrica.

1.2 Este método es conocido como método de encintado y es adecuado como método de trabajo, de referencia y arbitraje.

NOTA 1: Para el método de referencia el número de encintados requeridos está especificado en esta parte de la NC- ISO 7507

1.3 La operación de encintado, las correcciones que se hacen y los cálculos que se llevan a cabo para la elaboración de la tabla de capacidad del tanque , se describen en esta parte.

1.4 Este método no es aplicable para tanques anormalmente deformados, por ejemplo: abollados o tanques no circulares.

1.5 Este método es adecuado para tanques inclinados con una desviación de hasta un 3% con respecto a la vertical, se realiza una corrección en los cálculos por la inclinación medida.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS.

En el momento de esta publicación las ediciones de las normas de referencia son válidas. Todas las normas están sujetas a revisiones periódicas y se realizan investigaciones que pueden provocar modificaciones en ediciones más recientes. Los miembros de la IEC y la ISO mantienen un registro corriente de las normas internacionales válidas.

ISO 91-1:1992, Petroleum Measurement tables – Part 4: 1 Tables based on reference temperatures of 15 degrees °C and 60 F.

ISO - 3675:1998 Crude Petroleum and liquid petroleum products-Laboratory determination of density or relative density - hydrometer method.

3. DEFINICIONES

Las siguientes definiciones son aplicables para todas las partes de la norma.

NOTA: Se definen los términos preferidos solamente. Los términos alternativos están referidos a los términos preferidos correspondientes

3.1 Argumento: variable independiente de una función.

NOTA 3: A la tabla se entra con los valores de las variables independientes, los valores extraídos de la Tabla se conocen como valores dependientes.

3.2 Calibración del fondo

- (1) La determinación de las capacidades parciales de las porciones inferiores del tanque.
- (2) La cantidad de líquido que contiene el tanque por debajo del punto de sondeo.

3.3 Calibración: Proceso para determinar la capacidad del tanque, o las correspondientes capacidades parciales a diferentes alturas.

3.4 Capacidad: Volumen total del tanque.

3.5 Tabla de capacidad (aforo): La tabla, llamada frecuentemente como tabla del tanque o tabla de capacidad del tanque, que muestra las capacidades de o los volúmenes en, un tanque correspondientes a diferentes niveles del líquido medidos desde un punto de referencia (punto de sondeo).

3.6 Rolo: Anillo circular formado por las planchas del tanque.

3.7 Punto de referencia de datos: Punto usado como dato en la elaboración de la tabla de calibración.

NOTA 4: La altura de los rolos y los niveles reales de las obras muertas se miden desde este punto, al cual también se refiere la calibración del fondo del tanque.

3.8 Obra muerta: Cualquier elemento que afecte la capacidad del tanque.

NOTA 5: La obra muerta se considera positiva cuando la capacidad correspondiente a la misma se adiciona a la capacidad efectiva del tanque y negativa cuando su volumen reduce la capacidad efectiva del tanque.

3.9 Profundidad: Altura del líquido en el tanque:

NOTA 6: El termino “innage” es sinónimo.

3.10 Registro de sondeo: Abertura en el techo del tanque a través de la cual se realizan las mediciones con la cinta.

3.11 Punto de sondeo: Punto ubicado en la placa de sondeo donde toca la plomada de la cinta de sondeo cuando se realizan las mediciones, desde el cual son tomadas las mediciones de las alturas del producto y del agua.

NOTA 7: El punto de sondeo generalmente se corresponde con el punto de referencia de datos pero cuando no es así, la diferencia en nivel entre el punto de referencia de datos y el punto de sondeo debe ser considerada en la tabla de calibración(ver placa de sondeo).

3.12 Placa de sondeo: Bandeja (chapa o lámina) situada bajo la escotilla, cuya posición no debe afectarse por movimientos de la pared o el fondo.

3.13 Vara de sondeo: Medida de madera o metálica generalmente graduada en unidades de volumen para medir la cantidad de líquido en el tanque.

3.14 Cinta de sondeo: Cinta de acero graduada, utilizada para medir la altura del combustible o el agua en el tanque ya sea directamente por inmersión o indirectamente por vacío.

3.15 Plomada: Peso que se coloca en el extremo de la cinta de sondeo con la suficiente masa para mantenerla tensada posibilitando su penetración en el líquido hasta alcanzar el punto de referencia.

3.16 Profundidad equivalente: Profundidad del líquido en el tanque correspondiente a la parte vacía dada.

3.17 Extrapolación: Proceso de obtención del valor de la función correspondiente al valor del argumento mayor o menor que los valores extremos dados.

3.18 Pantalla flotante: Pantalla ligera de plástico o metal que flota en la superficie del líquido.

NOTA 8: La pantalla descansa en la superficie del líquido. Se utiliza para retardar la evaporación de productos volátiles en un tanque.

3.19 Tanque con techo flotante: Tanque en el cual el techo flota libremente sobre la superficie del líquido contenido, excepto cuando los niveles son bajos que descansa sobre sus patas o soportes.

3.20 Función: Cuando dos variables se interrelacionan, se dice que una de ellas es función de la otra.

NOTA 9: En el contexto de la calibración de un tanque, el volumen del líquido contenido, se dice que es función de la altura de dicho líquido o de la altura de la parte vacía.

3.21 Registro: Ver (3.10).

3.22 Medir: Proceso en el cual se realizan todas las mediciones necesarias en el tanque para determinar la cantidad de líquido que contiene.

3.23 Sólo es válido para el ejemplar en inglés.

3.24 Interpolación: Proceso de obtención del valor de una función correspondiente al valor del argumento intermedio entre dos valores dados.

3.25 Mordaza: Equipo abrasador que se puede fijar en cualquier punto a lo largo de toda la cinta de medición con una agarradera que permite tirar de la cinta con la tensión establecida.

3.26 Volumen abierto: Capacidad calculada del tanque o parte del tanque antes de cualquier corrección hecha por obra muerta.

3.27 Altura total: Distancia vertical entre el punto de sondeo y el punto de referencia superior.

3.28 Método de arbitraje: Aplicación del método por encintado para dar una calibración que sirva para propósitos de trasiegos seguros o como base para el estimado de la exactitud de otros métodos de calibración.

3.29 Método de referencia: Aplicación del método de encintado para la medición de una circunferencia de referencia en una posición dada con vista a ser usado en otros métodos de calibración de tanques, por ejemplo, en el método de la línea óptica de referencia (ver ISO 7507-2).

3.30 Punto de referencia: Punto respecto al cual se refieren todas las mediciones subsiguientes en la calibración.

3.31 Salta junta: Dispositivo usado en el encintado para la medición de distancias entre dos puntos de un arco de circunferencia que debido a la presencia de obstáculos no se puede medir directamente con la cinta de medición .

3.32 Constante de salta junta: Distancia entre los dos puntos de medición de un salta junta determinado como medida el arco del rolo particular del tanque en cuestión.

3.33 Corrección del saltajuntas: Diferencia entre la distancia aparente entre dos puntos en la pared de un tanque y esa misma distancia medida con una cinta métrica pasando sobre el obstáculo y la distancia real del arco medida con el saltajuntas. (constante del saltajuntas)

3.34 Cinta métrica de encintado: Cinta métrica de acero graduada en unidades de longitud especialmente diseñada y calibrada, la cuál se usa para realizar las mediciones durante la calibración del tanque.

3.35 Método de encintado: Método de calibración de un tanque en el cual las capacidades se calculan mediante las mediciones de las circunferencias exteriores, considerando las correcciones de la pared por el espesor de la chapa del tanque.

3.36 Subtabulación: Proceso de interpolación usado para obtener los valores de una función correspondiente a intervalos entre valores de una función correspondiente a intervalos fraccionarios regulares entre valores dados del argumento.

3.37 Tabla de capacidad de tanque - Ver 3.5

3.38 Tabla del tanque - Ver 3.5

3.39 Posicionador de cinta: Guía para deslizar libremente la cinta de medición para tirar de ella y llevarla a la posición correcta en las mediciones.

3.40 Tirador: Asa atada a la cinta, utilizada para tirar de ella y colocarla en la posición correcta aplicando tensión.

3.41 Vacío:

- 1) La capacidad del tanque no ocupada por el líquido
- 2) La distancia entre la superficie del líquido y un punto de referencia superior.

NOTA: El término “Outgage” es sinónimo.

3.42 Punto de referencia superior: Punto claramente definido en el registro directamente sobre el punto de inmersión y desde el cual son ejecutadas las mediciones de la altura o el vacío del líquido.

3.43 Fondo de agua: Lecho de agua en el fondo del tanque de altura tal que cubre completamente el fondo.

3.44 Método de trabajo: Aplicación de un método de encintado para la calibración de un tanque por un procedimiento simplificado que puede resultar menos exacto y es inadecuado para comprobar otros métodos.

4 PRECAUCIONES

4.1 Introducción

4.1.1 Esta cláusula describe las precauciones que es necesario tomar cuando los tanques son calibrados. Las precauciones necesarias para garantizar la seguridad del operario se dan separadamente de aquellas que se tienen que tomar para asegurar la precisión necesaria requerida en la calibración de los tanques.

4.2 Precauciones generales

4.2.1 Todas las operaciones deberán ejecutarse con sumo cuidado y atención.

4.2.2 Todas las mediciones serán cuidadosamente observadas y registradas y cualquier otra corrección que se requiera se registrará separadamente. Si se nota alguna incidencia inusual durante las operaciones, las mismas se documentarán y si es necesario, se repetirá la calibración.

4.2.3 Si el tanque está ligeramente deformado, se tomarán mediciones adicionales para permitir el cálculo satisfactorio de la tabla de capacidad. Si se requieren tales mediciones, en las notas del calibrador se incluirán las razones para estas mediciones adicionales.

NOTAS:

11 También se recomienda que el calibrador brinde un esquema dimensionado para mostrar cualquier anomalía del tanque o accesorios que afecten la calibración.

12 Los tanques seriamente deformados serán mejor calibrados usando preferiblemente métodos de calibración con líquido similar al descrito en el Anexo C.

4.2.4 Para asegurar la exactitud y repetibilidad de las lecturas, se apartará todo lo que interfiera con las mediciones o se ajustará adecuadamente la posición del equipo de medición. Si los planos del tanque están disponibles todas las mediciones importantes se compararán con las dimensiones correspondientes mostradas en dichos planos. Cualquier medición que muestre una discrepancia significativa como resultado de esta comparación será reportada y si es necesario, repetida.

4.2.5 Si la calibración del tanque se interrumpe deberá tomarse en cuenta lo siguiente:

- a) Si se realizan cambios en el equipamiento o en el personal deberá chequearse que los resultados obtenidos antes del cambio corresponden con las tolerancias permitidas en el método
- b) Todas las anotaciones del trabajo realizado estén completas y ser legibles
- c) El líquido se mantiene al mismo nivel
- d) Las temperaturas promedios del líquido y el ambiente no se diferenciarán en más de 10 grados de los valores obtenidos antes de la interrupción.

4.3 Medidas de seguridad

4.3.1 Las medidas de seguridad que a continuación se relacionan constituyen una buena práctica, aunque el listado no es completo necesariamente. Deberá aplicarse conjuntamente con un código de seguridad del trabajo apropiado. Las medidas de seguridad en ningún caso estarán en contradicción con los requerimientos legales.

4.3.2 Todas las regulaciones referidas al acceso de áreas peligrosas deberán ser rigurosamente observadas.

4.3.3 Cuando el tanque que se calibra contiene combustibles deberán cumplirse las medidas de seguridad correspondientes.

4.3.4 Antes de entrar a un tanque que ha estado en uso, se expedirá un certificado de acceso al mismo en concordancia con las regulaciones nacionales. Las líneas deberán ser desconectadas y bloqueadas. Deberán ser meticulosamente observadas las regulaciones referentes al acceso a tanques con combustibles que contienen plomo.

4.3.5 Las lámparas de mano deberán ser aprobadas para su uso en atmósferas explosivas.

4.3.6 Será de estricto cumplimiento lo siguiente:

- a) Las escaleras deberán ser previamente inspeccionadas y utilizadas solamente de acuerdo a su alcance y siempre tendrán un apoyo seguro.
- b) Cuando se utilicen bombas, cinturones de seguridad , etc. todos los elementos deberán ser comprobados y asegurados antes de iniciar el ascenso.
- c) Donde la calibración no se puede llevar a cabo sin el uso de andamios, se erigirá un andamio de madera o tubos de acero apropiadamente contruidos. Para estos andamios no se usarán ladrillos en desuso, tambores, cajas, etc.
- d) Cuando se justifique serán utilizados cinturones de seguridad.

5 EQUIPAMIENTO.

5.1 Cinta de métrica de encintado

La cinta de métrica cumplirá con lo establecido en el punto D.1. La cinta se engrasará antes de usarla.

5.2 Dinamómetro

El dinamómetro cumplirá con los requerimientos establecidos en D.2

5.3 Saltajuntas

El saltajuntas cumplirá con los requerimientos establecidos en D.3

5.4 Posicionador de cinta y cordeles

Serán fijados en la cinta de medición uno o más posicionadores de cinta como se describe en D4 provistos de cordeles. Los cordeles superiores e inferiores tendrán un largo suficiente para cubrir la altura del tanque.

5.5 Mordaza

Una mordaza Littlejhon que cumpla con los requerimientos establecidos en D.5 será provista para sostener la cinta sin doblarse y facilitar la tensión necesaria.

5.6 Aparato para la medición de espesores

Regla de acero de longitud conveniente graduada en mm en toda la escala y los primeros 10 mm subdivididos en 0.5 mm o dispositivo medidor electrónico o de otro tipo.

5.7 Medidor de espesor de pintura

Se utiliza un instrumento adecuado para medir el espesor de la pintura.

5.8 Cinta de sondeo y plomada

Cumplirán con lo establecido en D.6 y D.7. La longitud de la cinta posibilitará las mediciones desde el techo del tanque y hasta el fondo del mismo.

5.9 Regla graduada

Deberá tener una longitud de 1 m, graduada en cm y mm. Se utilizará para las mediciones en las obras muertas. Si se usa una regla de madera deberá fijarse con un casquillo de bronce a cada extremo y estará libre de curvatura.

5.10 Escaleras y andamios

Ver 4.3.6

5.11 Equipamiento para medir la densidad y la temperatura

Descritos en la ISO 3675

6. REQUISITOS GENERALES

NOTA 13: De ser posible las mediciones deberán ser comparadas con las correspondientes dimensiones dadas por los planos del fabricante y deberá comprobarse la circularidad del tanque.

6.1 Antes de la calibración el tanque deberá haber sido llenado al menos una vez y permanecido así 24 horas como mínimo. Si durante la calibración existe líquido en el tanque, se tomará la altura, temperatura y densidad del mismo. Si la temperatura entre la parte vacía del tanque y la llena difiere en más de 10 grados deberá vaciarse o llenarse completamente. No se realizarán transferencias de líquido durante la calibración.

NOTA 14: La temperatura ambiente deberá registrarse antes y después de la calibración.

En el punto 7.2. se describen las mediciones de las circunferencias de referencia conjuntamente con otras mediciones necesarias para las correcciones por obstáculos en el encintado.

NOTA 15: Otras mediciones requeridas para la elaboración de las tablas de capacidad se describen en las cláusulas de la 8 a la 12.

6.2 Es necesario referir todas las alturas al punto de sondeo, el cual puede no coincidir con el punto de referencia de datos. Por ejemplo un punto sobre el ángulo del fondo, usado durante la calibración del tanque. Chequear que la placa de sondeo esté montada en una posición estable de forma tal que no se afecte por movimientos en el fondo o en la pared. Determine cualquier diferencia de nivel entre el punto de sondeo y el punto de referencia, ya sea por levantamiento físico o por otro medio adecuado y regístrela.

6.3 Mida de la altura total del punto de referencia superior por encima del punto de sondeo usando la cinta de sondeo con la plomada. Registre esta altura total con una aproximación correspondiente al valor de división de la cinta, en las condiciones de lleno o vacío, como y cuando se requiera.

7. MEDICIONES DE CIRCUNFERENCIA

7.1 Niveles de encintado

7.1.1 Si la calibración se realiza con propósito de arbitraje, se tomarán tres valores de encintado en cada rolo, a los siguientes niveles:

- a) Para tanques remachados:
 - 1) De 100 a 150 mm por encima del nivel del tope del ángulo del fondo del tanque y 100 a 150 mm por encima del borde superior de cada solapamiento horizontal entre rolos.
 - 2) En el centro de cada rolo
 - 3) De 100 mm a 150 mm por debajo del borde inferior de cada solapadura horizontal entere dos rolos y 100 a 150 mm por debajo del nivel de la parte inferior del ángulo superior.

b) Para tanques soldados:

Tres niveles como en a) pero el nivel superior y el inferior deben estar situados entre 270 mm y 330 mm de los ángulos superior, del fondo y de la pared del tanque o de las costuras horizontales.

7.1.2 Cuando la calibración se realiza como método de trabajo se tomarán las circunferencias solamente en dos niveles por rolo correspondiente a:

- De 1/5 a 1/4 sobre el cordón de soldadura inferior .
- De 1/5 a 1/4 bajo el cordón de soldadura superior.

7.1.3 Cuando la calibración se realiza como método de referencia se mide la circunferencias a un nivel solamente como se especifique en el método de calibración para el cual se requiera la circunferencia de referencia.

7.1.4 Si por alguna razón no es posible realizar las mediciones al nivel normal, incluso con la utilización de un saltajuntas (ver 7.5), tome una medición lo más cerca posible a este nivel, pero no tan cerca al fondo o al ángulo superior o a alguna costura como se especifica en 7.1.1 a) o b). Registre la altura a la cual se midió la circunferencia y el motivo por el cual no se midió al nivel normal. Si la cinta no está en contacto directo con la superficie del tanque en todo su recorrido, aplique el saltajuntas como se indica en 7.5 de forma tal que se pueda calcular la corrección por este efecto.

7.2 Procedimiento de encintado

7.2.1 El encintado del tanque se realizará por uno de los métodos descritos en 7.2.2 y 7.2.3 . Se aplicará la tensión especificada en la cinta usando un tirador y el dinamómetro.

NOTA 16: Para adherir la cinta a la pared del tanque se la impartirá un ligero movimiento oscilante o tirando de cordones unidos al posicionador de cinta, deslizando estos a lo largo de la cinta. Coloque la cinta paralela a las costuras horizontales del tanque.

7.2.2 Si la cinta utilizada no tiene la longitud suficiente para abarcar completamente el tanque, seleccione un nivel para pasar la cinta y entonces mida la circunferencia por secciones. Dibuje líneas alejadas de las costuras verticales no menos de 1/3 de la longitud de la plancha, que permitan realizar las mediciones convenientemente. Cuando la tensión del dinamómetro en el extremo final de la cinta alcance el valor especificado en 7.2.1 para cada sección por separado , registre las lecturas individuales. La circunferencia externa del tanque será entonces la suma de las mediciones realizadas por separado.

7.2.3 Si la cinta utilizada tiene la longitud suficiente para abarcar completamente el tanque seleccione un nivel para pasar la cinta sujetando fuertemente el trazo cero de la cinta que estará apretada contra la superficie de la chapa del tanque y sostenida de forma tal que la graduación cero se encuentre a no menos de alrededor de un tercio de la costura vertical. Lleve el otro extremo de la cinta a todo lo largo de la pared del tanque. Entonces aplique la tensión sobre el dinamómetro y asegure que esta es transmitida a través de toda la longitud de la cinta. Tome directamente en la cinta, la lectura opuesta a la marca cero cuando la tensión sobre el dinamómetro se encuentra como se describe en 7.2.1. Registre la lectura.

NOTA 17: Cuando se usa una cinta subdividida solamente en el primer metro, tenga en cuenta al registrar la medición de la circunferencia, que debe sustraer de la lectura indicada por la graduación principal la lectura indicada en la parte subdividida.(ver Figura 1)

7.3 Repetición de las mediciones

Después de medir la circunferencia como se describe en 7.2.2 ó 7.2.3, libere la tensión y coloque la cinta en el nivel y a la tensión especificada en 7.2.1 Repita y registre las lecturas.

7.4 Tolerancias

Las mediciones se leerán con una aproximación de un milímetro y se considerarán satisfactorias si la repetición de acuerdo al 7.3 se encuentra entre las tolerancias siguientes:

Circunferencia m	Tolerancia mm
hasta 25	±2
mayor de 25, hasta 50	±3
mayor de 50, hasta 100	±5
mayor de 100, hasta 200	±6
mayor de 200	±8

Si lo anterior no se cumple, tome y registre las mediciones adicionales hasta que concuerden dos lecturas consecutivas. Tome el promedio de estas dos lecturas como la circunferencia. Si no concuerdan mediciones consecutivas, determine los motivos y repita el procedimiento de calibración.

7.5 Saltajuntas

7.5.1 Principios

Si la cinta atraviesa obstáculos tales como; salientes o cordones de soldaduras, causantes de una desviación de la verdadera superficie circular, resultará una medición errónea de la circunferencia. Con el objetivo de evitar este error, se usa un saltajuntas para medir la corrección que se aplicará a tales obstáculos. La constante del saltajuntas variará con el diámetro del tanque y el rolo en cuestión, por lo que se determina sobre diferentes superficies curvas.

7.5.2 Uso del saltajuntas

7.5.2.1 Para cada rolo, estire la cinta como en la medición de la circunferencia del tanque (ver 7.1). Aplique el punto de marcación del saltajuntas a la cinta cerca del centro de la chapa donde la cinta está completamente en contacto con la superficie del tanque. Lea la longitud entre los puntos medidos sobre la cinta con una aproximación de 0,2 mm. Repita la lectura sobre cuatro chapas igualmente espaciadas alrededor del rolo. Tome el promedio de los resultados y regístrelo como la constante del saltajuntas para el rolo en cuestión. Para ayudar en la estimación de fracciones de división de la cinta, siempre tome las lecturas desde la misma posición en la marca de graduación, por ejemplo desde el borde derecho.

7.5.2.2 Sin mover la cinta y bajo la tensión usada en el encintado, aplique el saltajuntas a la cinta, sobre cada lado del obstáculo descansando en la cinta. Tome lecturas de las longitudes de la cinta incluidas entre los puntos de marcación del saltajuntas con una aproximación de 0,2 mm (ver último párrafo 7.5.2.1) Anote todas las lecturas del saltajuntas para el subsiguiente uso en el cálculo.

7.5.2.3 La corrección del saltajuntas para el obstáculo en cuestión será la diferencia entre las lecturas obtenidas, como en 7.5.2.2 y la constante del saltajuntas obtenida como en 7.5.2.1.

7.5.2.4 Incluya todos los obstáculos para los cuales es necesaria una corrección por saltajuntas. En el caso de costuras verticales procure que la trayectoria de la cinta esté completamente libre de otros obstáculos, obtenga una corrección por saltajuntas, calculada como se describe en 16.1.2. El total de las correcciones por saltajuntas para todos los obstáculos y costuras verticales redondeadas al milímetro más cercano, se resta de la circunferencia medida de acuerdo con 7.2 hasta 7.4 .

8. OTRAS MEDICIONES

8.1 Espesor de chapa y pintura

Mida el espesor de la chapa, pintura y cualquier revestimiento interno para cada rolo, siempre que sea posible, excepto en el caso de soldadura a tope, en el cual el espesor de la chapa puede ser tomado de los planos. Registre el espesor de la pintura y la chapa de cada rolo con una aproximación de 0.5 mm .

8.2 Altura de los rolos

Mida la altura externa de los rolos y registre las distancias verticales obtenidas con una aproximación de 5 mm. Haga correcciones por el efecto de cualquier costura solapada horizontal con el objetivo de dar la distancia entre borde sucesivos de los rolos tal como ellos están expuestos en el interior del tanque.

NOTA 18: Las costura de solapa se pueden obtener de los planos del tanque o por diferencias de la medición entre rolos sucesivos.

Medir la altura de los rolos en más de una posición alrededor de la periferia. Promediar el resultado obtenido y registrarlo. La altura total de los rolos por separado estará de acuerdo con la altura total de la pared del tanque que fue medida separadamente en una posición tan cerca como sea posible del punto de sondeo. Si es posible, también mida la altura del primer rolo internamente para asegurar que cualquier reparación o remodelación de la chapa del fondo del tanque no ha reducido la altura del primer rolo.

9 OBRA MUERTA

Mida las dimensiones de la obra muerta, siempre que sea posible y la altura de los puntos más bajos y más altos de la misma, tomando como referencia el punto de referencia de datos del tanque. Anote estas mediciones con una aproximación de 5 mm. Cuando no puedan obtenerse mediciones físicas tome los detalles de la obra muerta de los planos del tanque.

10 FONDO DE LOS TANQUES

NOTA 19: Esta cláusula se debe leer conjuntamente con 17.2.

Calibre el fondo del tanque por uno de los siguientes métodos:

- a) Por llenado con cantidades medidas de un líquido no volátil (preferentemente agua limpia), como se especifica en el Anexo C, a un nivel mínimo que cubra el fondo completamente, sumergiendo la placa de sondeo y eliminando el efecto de deformaciones del fondo; o
- b) Si no es posible la calibración con líquido o si el fondo del tanque tiene forma regular se puede acometer levantamiento físico usando un plano de referencia. Asegúrese que el estudio describe adecuadamente los contornos del fondo del tanque. Para el estudio use tres puntos como mínimo por cada metro de diámetro.

NOTA 20: El levantamiento físico del fondo se usa para determinar el contenido del fondo mediante mediciones a partir de un plano horizontal conocido que atraviesa el fondo del tanque. Este plano se obtiene realizando mediciones de nivel desde el punto más bajo (de descarga) utilizando la planimetría, teodolitos o niveles de agua (mangueras).

11 MEDICION DE LA INCLINACION

Realice mediciones para determinar la inclinación del tanque en grados.

NOTA 21: Esto puede realizarse convenientemente durante el estudio interno del fondo ó utilizando una plomada suspendida desde el ángulo superior y midiendo una cantidad suficiente de puntos para determinar el ángulo máximo de la pendiente del fondo (ver 16.2).

NOTA 22: Las alturas del rolo del fondo deben ser comprobadas también para asegurar que la inclinación, si existe, sea real.

12 TANQUE CON TECHO FLOTANTE

12.1 Para esta calibración se llevan a cabo las mismas mediciones que para los tanques con techo fijo.

NOTA 23: Estas mediciones deberán preferiblemente incluir la calibración con líquido del fondo del tanque, la cual debe continuar hasta una altura suficiente en que el techo comience a flotar completamente, (ver anexo C) .

12.2 Se deben llevar a cabo las siguientes mediciones adicionales:

- a) La altura del punto más bajo del techo hasta el fondo (punto de referencia de datos) cuando el techo descansa completamente sobre sus soportes en el fondo. Si el techo tuviera otro nivel de trabajo realice las correspondientes correcciones.
- b) Estando el techo descansando completamente sobre su soporte dibuje cuatro líneas blancas cortas horizontales de aproximadamente 40 mm de ancho en la pared interior del tan-

que, márquelas también en el techo flotante de forma equidistante y que sean visibles desde un punto definido del techo bombee líquido en el tanque hasta que los bordes inferiores queden justamente encima de cuatro puntos de referencia fijos seleccionados a lo largo de la periferia del techo. Lentamente bombee líquido hacia el interior del tanque, cuando se vea que todos los puntos de referencia del techo se han movido igualmente hacia arriba considere que el techo está flotando completamente. Mida la altura del líquido a este nivel y regístrelo con una aproximación de 1 mm. Mida y registre, además, la densidad y temperatura del líquido.

NOTA 24: Los soportes del techo pueden ser utilizados para chequear el momento en que el techo esté flotando completamente. Esto tiene la ventaja de que la confianza no solamente se tiene en el movimiento de la periferia del techo. Puede existir una considerable flexibilidad de la superficie del techo justamente antes de que esta se convierta en un cuerpo flotante. Tan pronto como el techo comienza a flotar debido al empuje del líquido los soportes o patas quedan colgando sin tener que quitar el peso de sujeción.

A partir de los datos anteriores es posible calcular ó deducir la masa aparente en el aire del techo si es medida la cantidad de agua desplazada. Si no existen facilidades de calibración con líquido mida la forma del techo. Tome suficientes datos para facilitar el cálculo del desplazamiento del techo con una exactitud razonable y verifíquelo contra los planos.

- c) Si la masa aparente en el aire del techo y sus accesorios son dados por el fabricante o aparecen en una inscripción, tome ese valor.

NOTA 25: La masa aparente en el aire del techo flotante incluye la mitad de la masa aparente en el aire de la escalera y de los accesorios acoplados a la parte inferior del techo y soportados parcialmente por el mismo. Ej. tubo articulado de drenaje pluvial.

- d) Si la calibración del tanque es requerida por encima del rango entre el nivel inferior del techo del tanque y el nivel de líquido en el cual el techo comienza a flotar completamente, use uno de los siguientes métodos (preferiblemente el primero) (vea la nota 25):
 - 1) Cuando el líquido es bombeado hacia el tanque como en (12.2 b) hágalo por tiradas, mida cuidadosamente la cantidad de cada una de las tiradas, las cuales deben ser similares pero no necesariamente idénticas en volumen. Esto puede hacerse con exactitud utilizando un metro calibrado para el custodio y transferencia ó a través de las mediciones hechas en un tanque de almacenamiento que esté provisto de una tabla de capacidad exacta. Registre las cantidades con una aproximación de un litro junto con la correspondiente altura del líquido por encima del punto de sondeo. Registre las alturas a la más pequeña graduación de la cinta de sondeo. Seleccione el tamaño de las tiradas de forma tal que se obtengan incrementos de aproximadamente 50mm. Anote la densidad y la temperatura del líquido. A partir de los datos anteriores es posible calcular la masa aparente en el aire del techo
 - 2) Si no existen facilidades para la calibración con líquido mida la forma del techo. Tome suficientes mediciones como para asegurar el calculo del desplazamiento del techo en varios estadios de inmersión para ser calculados con una exactitud razonable y verificado contra los planos.

NOTA 26: La calibración de esta región del tanque por uno u otro procedimiento es posible que no sea preciso (ver 17.3.6 y 17.3.11).

12.3 Las obras muertas fijas se miden como lo describe la cláusula 9. A las tuberías de desagüe y otros accesorios adheridos por dentro del techo se tratan como obra muerta fijada en la posición que ocupan cuando el techo descansa en su soporte.

13 RECALIBRACION

Los tanques serán recalibrados siempre que se dude de la anterior calibración, o sea requerido por regulaciones nacionales, o porque el tanque llegue a deformarse físicamente, por ejemplo cuando el tanque presenta movimiento en su cimiento, igualmente, si se instala un nuevo equipamiento que afecta el volumen de la obra muerta, se recalcula la tabla de capacidad del tanque.

14 CALCULO DE LAS TABLAS DE CAPACIDAD DEL TANQUE. REGLAS GENERALES

14.1 Todos los cálculos se harán de acuerdo con principios matemáticos aceptados.

NOTA 27: Los errores en el cálculo se minimizarán y se facilitará su chequeo por la adopción de una forma de cálculo normalizado y hoja de datos. Se recomienda el llenado de esta hoja según se ilustra en el anexo F.

14.2 Los métodos de cálculo mostrados a continuación, tienen los requisitos mínimos para la precisión, pero es permisible el uso de procedimientos alternativos los cuales den como resultado una tabla de capacidad final del tanque de similar o mayor precisión. Salvo que se especifique lo contrario, los volúmenes se expresarán con cinco cifras significativas.

14.3 La temperatura normalizada para la cual la tabla de capacidad del tanque se calcula, se registrará en el encabezamiento de la tabla. Además, debe registrarse la densidad del líquido almacenado en el tanque en servicio que se usará en el cálculo de la tabla de capacidad.

14.4 Como los tanques de almacenamiento se expanden bajo la presión del líquido que contiene, la corrección por este concepto se aplicará en el desarrollo de la tabla de capacidad del tanque.

NOTA 28: En el Anexo A se muestra un método conveniente para calcular las correcciones por expansión.

NOTA 29: Los tanques de almacenamiento también se afectan por cambios térmicos, al igual que las cintas métricas utilizadas para el encintado y para el sondeo, las cuales son calibradas para dar resultados corregidos a una temperatura de referencia, por ejemplo, 20 °C. Las tablas de capacidad de los tanques se pueden calcular para dar resultados corregidos a cualquier temperatura normalizada, por ejemplo, 15°C, y por lo tanto se requiere de una corrección cuando la temperatura difiere de la temperatura de calibración de la cinta. Esto se discute con más detalles en el Anexo B.

15 FORMATO DE LAS TABLAS DE CAPACIDAD DE LOS TANQUES.

15.1 Siempre que las tablas de capacidad del tanque se calculen de acuerdo con lo expuesto en esta norma, el formato adoptado no afectará la exactitud matemática de las mismas. Sin embargo, los principios expuestos en esta cláusula se recomiendan para obtener una tabla en la forma más conveniente para su uso. Para cada tanque calibrado de acuerdo con esta parte de la NC-ISO 7507 se emitirá un certificado de calibración como el especificado en el Anexo E.

15.2 Los intervalos de altura a los cuales se dan las Tablas se elegirán de forma tal que permita la interpolación lineal para las alturas intermedias sin perder exactitud.

15.3 Los niveles afectados por las irregularidades del fondo, no linealidad de techos flotantes y obras muertas no se incluirán en el cálculo de la capacidad promedio por unidad de altura usada para elaborar la parte proporcional, y a esta tabla no se le aplicaran interpolaciones en estos rangos. Dichos rangos se marcarán claramente en la tabla de capacidad del tanque.

15.4 Las tablas se pueden presentar de forma detallada, esto se justifica en los casos en que se desee mayor rapidez en los cálculos. Sin embargo, una tabla presentada en una sola hoja es frecuentemente mas cómoda para su uso cotidiano que la que ocupa varias páginas.

15.5 Para ciertos productos, como por ejemplo asfaltos (betunes) calientes es más conveniente señalar las tablas en términos de la altura no ocupada por el líquido, pero donde el proceso de aforo es en términos de la altura solamente, la tabla se empleará en correspondencia con su forma.

16 CÁLCULO DEL VOLUMEN ABIERTO

16.1 Correcciones a la medición de las circunferencias

16.1.1 Generalidades

Las correcciones que se deben hacer a las circunferencias medidas se presenta en detalles mas adelante desde 16.1.2 hasta 16.1.4, La incorporación sistemática de estas correcciones se muestran en 16.2.

16.1.2 Saltajuntas

Para cada obstáculo, la lectura de la cinta métrica en el intervalo del obstáculo menos la constante del saltajuntas para el rolo dado debe sustraerse del valor de la circunferencia obtenida por el encintado. El resultado se asume como la circunferencia corregida, libre de error debido al desplazamiento de la cinta por los obstáculos en cuestión. (ver 7.5.2.)

El desplazamiento de la cinta por los obstáculos sobre la pared del tanque y la correspondiente corrección a la medición de la circunferencia medida se hace normalmente mediante el salto juntas. Sin embargo, en el caso de costuras verticales en la chapa, la corrección se puede obtener por medición directa o por cálculos usando las fórmulas (1 ó 2). Si la lámina de la chapa es fina y si la trayectoria de la cinta está libre de cualquier otro obstáculo que no sea la costura la exactitud de la medición se puede afectar y entonces es preferible usar la fórmula. Sin embargo dondequiera que

se use un salto juntas, se podrá incluir cualquier corrección (ver 7.5.2.4) y esto permitirá determinar el promedio de la corrección por saltajuntas para cada rolo de las mediciones tomadas en no menos tres costuras elegidas al azar. La corrección total para el rolo entonces se obtendrá por multiplicación de la corrección promedio por el número de costuras verticales en el rolo.

Si la cinta se aparta de la superficie de la chapa del tanque a ambos lados de un pequeño obstáculo como lo muestra la figura 2b, la corrección en metros, que debe ser sustraída de la circunferencia medida, es:

$$\frac{2 N t w}{d} + \frac{(8 N t)}{3} \sqrt{\frac{t}{d}} \dots\dots\dots(1)$$

donde: N - número de costuras u obstrucciones por rolos

t - espesor de la costura u obstáculo, m

w - ancho de la costura u obstáculo, m

d - diámetro nominal del tanque, m

Para costuras verticales donde la cinta se despegas de la superficie de la pared solamente por un lado de la costura, como se ilustra en la figura 2 a) la corrección en metros, se deduce de la circunferencia medida como sigue:

$$\frac{(4 N t)}{3} \sqrt{\frac{t}{2 d}} \dots (2)$$

NOTA 30: La fórmula (2) se deriva de la (1) como sigue. En el caso mostrado en la figura 2A, no se necesita hacer corrección por obra muerta a la costura sino que se hace una obra muerta positiva en la otra cara de la costura que es equivalente a cancelar la obra muerta negativa en el otro lado como lo muestra la figura por las áreas sombreadas. La fórmula (1) entonces viene dada:

$$\left(\frac{8 N}{3} \times \frac{t}{2} \right) \sqrt{\frac{t}{2 d}} = \frac{(4 N t)}{3} \sqrt{\frac{t}{2 d}}$$

16.1.3 Espesor de chapa y pintura

La medición del espesor de la chapa en milímetros se expresará en décimas de metros con una aproximación de 0.000 5 m. El espesor de la capa de pintura similarmente se convertirá y se adicionará al correspondiente espesor de la chapa en cálculos subsiguientes.

16.1.4 Temperatura

Las cintas que se utilizan en el encintado se calibran a la temperatura de referencia de 20°C normalmente.

Para propósitos prácticos, se asume la medición de encintado corregida a la temperatura de referencia de la cinta. La cinta está en contacto directo con la chapa del tanque y por tanto además se puede considerar a la misma temperatura de la chapa, sin embargo esto indicará la medición a esa temperatura de referencia. Por ende cualquier tabla de capacidad calculada con estas

temperatura de referencia. Por ende cualquier tabla de capacidad calculada con estas mediciones, sin haberle aplicado la corrección por temperatura, será certificada a la temperatura equivalente a la cual se calibró la cinta. Si se requiere la tabla de capacidad a otra temperatura diferente de la de referencia los valores tabulados se ajustarán por un factor derivado como lo describe el anexo B.

Usualmente, el coeficiente de expansión lineal del metal de la chapa del tanque y del metal de la cinta, son similares y no se requiere otra corrección. Sin embargo, si los coeficientes de expansión son diferentes, la medición por encintado se corregirá por el factor derivado del coeficiente de expansión del metal de la chapa del tanque, y no por el coeficiente de expansión de la cinta de medición.

16.2 Cálculo sistemático

El siguiente método de cálculo se coordina para usarse en conjunto y sigue el orden de las columnas, la hoja de los datos y la hoja de cálculo dada en el anexo F.

- a) La circunferencia externa media de cada nivel en cada rolo se calculará primero a partir de la repetición de las mediciones hechas a cada nivel en particular. Cada circunferencia media entonces se corregirá por saltajuntas como se especifica en 16.1.2.
- b) La circunferencia externa media corregida para cada rolo se calculará de estas tres circunferencias medias corregidas de la circunferencia media calculado en a).
- c) La circunferencia externa media para cada rolo se calculará de la correspondiente medición externa de la circunferencia calculada como en b) sustrayendo la corrección debido a la suma del espesor de la chapa y la pintura, ver 16.1.3. Esta corrección comienza con $2 \pi t_n$ redondeada a 0.000 1m, donde t_n es la suma del espesor de la chapa y la pintura en metros.
- d) La corrección de la circunferencia media interna obtenida en c) para cada rolo se elevará al cuadrado y el resultado se redondea en cada caso a 0.001m^2 .
- e) El volumen abierto por unidad de altura para cada rolo se calculará como si fuera un cilindro vertical recto ,a partir del cuadrado de la circunferencia interna media corregida (C^2) por cada rolo obtenido en d) por la multiplicación del factor ($1/ 4\pi = .079 577 5$), C se expresa en metros. El volumen abierto por unidad de profundidad se expresará en litros por milímetros al multiplicar el resultado por 1000.
- f) El volumen por unidad de altura por cada rolo como se determinó en e) se corregirá por temperatura multiplicando por la constante apropiada (ver 16.1.4).
- g) Para tanques que no son sustancialmente verticales, el volumen abierto por unidad de altura obtenido en e) debe multiplicarse por el siguiente factor para determinar el volumen corregido por inclinación:

Factor de inclinación del volumen

$$\sqrt{1+b^2}$$

donde b es el valor de inclinación, en metros por metros de la altura de la pared.

NOTA 31: Esta corrección se puede ignorar para ángulos de inclinación por debajo de 1 en 70 (14 mm/ m) cuando el error resultante en el volumen sea menor que 0.01%.

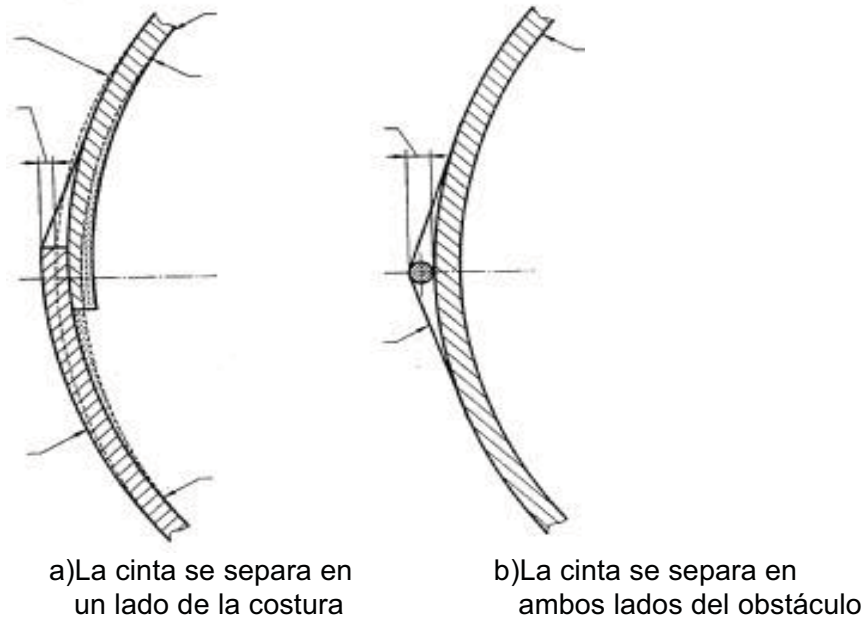


Figura 2— Corrección del encintado externo para las costuras verticales.

17 CONSTRUCCION DE LA TABLA FINAL

NOTA 32: Un tipo de cálculo similar al detallado en el punto 17.1 hasta el 17.3 se muestra en el anexo F.

17.1 Obra muerta

La capacidad abierta de cada rolo será ajustada por cualquier obra muerta y proporcionalmente, el volumen por unidad de altura a los niveles correspondientes.

- a) El volumen total de cada pieza de la obra muerta será calculado con una aproximación de 0.1 l.

NOTA 33: En este contexto, el término “pieza de obra muerta” puede incluir artículos tales como cabezas de remaches tomadas colectivamente como una sola “pieza” de obra muerta en el rolo particular.

- b) El efecto de pequeñas piezas de obras muertas puede ser omitida. Sin embargo el efecto total de cualquiera de tales omisiones no conducirá a un error en la tabla de capacidad del tanque que sobrepase el 0,005 % de la capacidad total del rolo en el cual se encuentra la obra muerta. Tal obra muerta se omitirá solamente si está ubicada uniformemente, de un extremo a otro de la altura completa del rolo.

NOTA 34: En el cálculo de la tabla, no obstante, es permisible incluir el efecto de cualquier obra muerta por muy pequeño que sea. Los cálculos de obra muerta son facilitados y mini-

mizados por el uso de las disposiciones normalizadas recomendadas e ilustradas en el anexo F.

- c) En el cálculo de la obra muerta el descuento del desplazamiento total de cualquier tubería interna en el tanque basado en el diámetro exterior se llevará a cabo cuando el tubo este cerrado al contenido del tanque. Cuando la tubería contiene líquido, Ej. Tubo oscilante o una aspiradora flotante, el desplazamiento será calculado por la diferencia entre los diámetros interiores y exteriores, lo que dará el volumen de metal que conforma el tubo.
- d) La corrección de la obra muerta por tubo oscilante, aspiradoras flotantes, desagües flexibles, etc. será deducido de la capacidad abierta del rolo a los niveles en los cuales estos accesorios ocupan su posición de trabajo más baja.

Ver también 17.3 para los aditamentos adicionales requeridos en el caso de los tanques de techo flotante.

17.2 Fondo de los tanques

El procedimiento usado para calibrar el fondo del tanque, seleccionado de aquellos descritos en la cláusula 10, será reportado en el certificado de calibración (ver Anexo E).

NOTA 35: Si el fondo del tanque está substancialmente horizontal, Ej. cuando el tanque se encuentra sobre un cimiento de cemento nivelado o una estructura de acero, pueden ser obviadas las irregularidades del fondo.

Si el fondo del tanque ha sido calibrado mediante medición de volúmenes conocidos de líquido o por un levantamiento físico de planos (ver cláusula 10), la tabla de capacidad del tanque de estos niveles será elaborada a partir de las mediciones descritas a continuación en a) ó b).

Esa parte de la tabla de capacidad del tanque calculada por encintado o diámetros interiores no tendrá discontinuidad con la porción calculada de los datos de calibración del fondo, comenzando al nivel más alto de aquella porción al que corresponde la capacidad que se muestra en la hoja de datos de calibración del fondo. (ver Anexo E)

a) Fondo plano

La corrección por el efecto de las características del fondo, se hará como sea necesario, de acuerdo con los siguientes principios:

- 1) Los fondos de los tanques los cuales son esencialmente planos y regulares en su contorno y que son estables bajo carga hidrostática variable no influirán en la capacidad del tanque determinada por consideraciones geométricas. El volumen entre el plano principal que pasa a través del fondo del tanque y el plano que pasa a través del punto de sondeo, será calculado como un cilindro vertical recto.
- 2) Si los fondos de los tanques son de pendiente o forma irregular y/o existe inestabilidad y si la capacidad correcta no puede ser determinada convenientemente por levantamiento físico, será usado líquido para la calibración como se describe en el Anexo C.

- 3) El volumen bajo el punto de sondeo tanto si es calculado por planos o por medición de líquido será incluido en el primer incremento de la tabla de capacidad del tanque.
 - 4) Si es usado la calibración con líquido, como está descrito en el Anexo C, se continuará hasta una profundidad suficiente para superar todas las formas irregulares o condiciones inestables.
 - 5) Un tanque con una pendiente o fondo irregular puede ser calibrado por la medición y suma del incremento del volumen de líquido introducido dentro del tanque desde el punto más bajo en el fondo hasta un punto a partir del cual los cálculos se pueden hacer mediante mediciones de altura y encintado. El registro del tanque a los intervalos requeridos de inmersión serán calculados por el método de subdividir las diferencias o por otro proceso matemático.
- b) Fondos de tanques cónicos, hemisféricos, semielipsoidales y segmento esférico. Los fondos de los tanques con forma geométrica regular tienen volúmenes los cuales pueden ser calculados por levantamiento físicos o preferiblemente por calibración con líquido mediante el llenado por dosis. Cuando los volúmenes son calculados por levantamiento físicos, éstas se harán a los puntos mostrados en la ilustración de la figura 3.a) hasta c). Cualquier diferencia detallada en la forma que influya en el volumen, tal como radio de curvatura será medida y registrada con suficiente detalle para permitir el cálculo del volumen real.

17.3 Tanques de techo flotante - Cálculos adicionales que deben realizarse.

17.3.1 Deben definirse dos niveles, cada cierto número de mm encima del punto de sondeo a partir del cual se tomará la lectura de las alturas. El primer nivel, designado como A, debe estar a no menos de 40 mm y a no más de 60 mm por debajo del punto más bajo de las planchas del techo cuando este descansa sobre sus apoyos. El segundo nivel, designado como B, estará a no menos de 40 mm y a no más de 60 mm por encima de la superficie libre de combustible, cuando el techo está flotando completamente en el líquido de menor densidad que se almacenará en el tanque.

17.3.2 La corrección para el techo puede ser incorporada en una tabla suplementaria la cual se usará conjuntamente con la tabla de capacidad del tanque para todos los niveles por encima de B. Alternativamente, el techo puede ser considerado como una obra muerta e incorporado directamente en la tabla de capacidad del tanque. El desplazamiento parcial debido al techo, entre los niveles A y B también puede ser incorporado en la tabla suplementaria o directamente en la tabla de capacidad del tanque. Ver también 17.3.10.

17.3.3 La masa aparente en el aire del techo y accesorios debe ser chequeada contra los planos plano del fabricante (ver nota 25 en 12.2 C).

NOTA 36: El desplazamiento del volumen del techo es calculado dividiendo la masa del techo en el aire entre la densidad promedio (en el aire) del producto a ser almacenado en el tanque, como se muestra en la tabla correspondiente en ISO 91-1.

17.3.4 La tubería de drenaje y otros accesorios incorporados a la parte baja del techo serán incluidos como anexos a la obra muerta en las posiciones que ellos ocupan cuando el techo descansa sobre su soporte.

17.3.5 Por debajo del nivel A, la corrección tolerada para la obra muerta será la suma algebraica de la obra muerta anexada calculada de acuerdo con los principios formulados en 17.1 más el volumen de la obra muerta asociado con el techo flotante y calculado de acuerdo con 17.3.4. La obra muerta total será designada de acuerdo con las alturas relativas que ocupan las componentes por separado por encima del nivel A.

17.3.6 Entre los niveles A y B, el desplazamiento adicional por si mismo del techo flotante tiene un efecto creciente. Esto será tratado de la misma manera como cualquier otra obra muerta y será distribuida proporcionalmente al volumen relativo ocupado por sucesivos cortes horizontales de la altura apropiada.

NOTA 37: El volumen requerido puede ser calculado por las dimensiones del techo flotante. Alternativamente, los ajustes necesarios a la tabla de capacidad, en el rango comprendido entre los niveles A y B pueden ser calculados a partir determinadas dosis de líquido adicionadas al tanque y las correspondientes alturas del líquido medido por sondeo (ver apartados 10, 12.1 y 12.2). Esa parte de la tabla entre los niveles A y B, será marcada como “no exacta”.

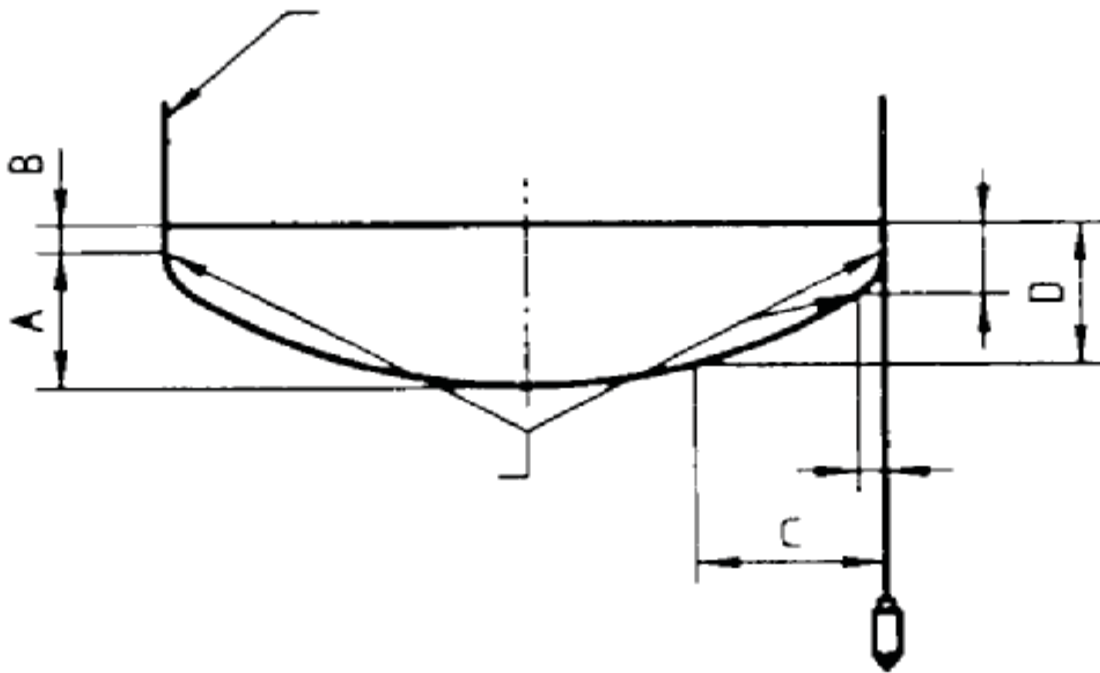
17.3.7 Por encima del nivel B, en el cual el techo se convierte en completamente flotante, el volumen de líquido desplazado por el techo será proporcional a la densidad del líquido en el cual está flotando y será calculado como en 17.3.3.

17.3.8 El desplazamiento total obtenido en 17.3.6 incluye el volumen del soporte del techo y el desplazamiento debido a la mitad de la masa aparente en el aire de la conexión de drenaje y swing pipe. El soporte del techo ya ha sido incluido en el cálculo de la zona muerta por debajo del nivel A, el cual también incluye el desplazamiento total del tubo oscilante y de la conexión de drenaje. Por eso cuando los desplazamientos son calculados de las masas aparentes del techo en el aire y de mediciones de la obra muerta, la influencia por encima del nivel B de aquellas porciones de la obra muerta que han sido tomadas en cuenta previamente, será eliminada, por adición de ellas al volumen total al nivel B.

17.3.9 Si los desplazamientos parciales del techo han sido incluidos en la tabla de capacidad del tanque entre los niveles A y B como en 17.3.2, similarmente será eliminado el efecto de la suma de los desplazamientos parciales al nivel B antes de tomar en consideración el desplazamiento total del techo como en 17.3.6.

17.3.10 En la tabla de capacidad del tanque será registrada la densidad del líquido para la que ha sido calculado el desplazamiento del techo. Será adjuntada una tabla de correcciones dando valores para ser adicionados o sustraídos del volumen de petróleo que aparece en la tabla de capacidad del tanque cuando la densidad del petróleo difiere de este valor fijado. La tabla será calculada para un rango de densidades apropiadas a la clase de petróleo que será almacenado en el tanque. Si el desplazamiento total del techo ha sido tomado en cuenta directamente en la preparación de la tabla de capacidad del tanque (ver 17.3.2) esta tabla de corrección será usada solamente por encima del nivel B.

Si el desplazamiento del techo no ha sido tomado en cuenta directamente en la preparación de la tabla de capacidad del tanque, la corrección apropiada será incorporada en la tabla suplementaria la cual se aplicará a cualquier nivel por encima del nivel A.



Se tomarán suficientes mediciones de A y B y mediciones adicionales de C y D para describir el perfil semicircular y el contorno del segmento esférico.

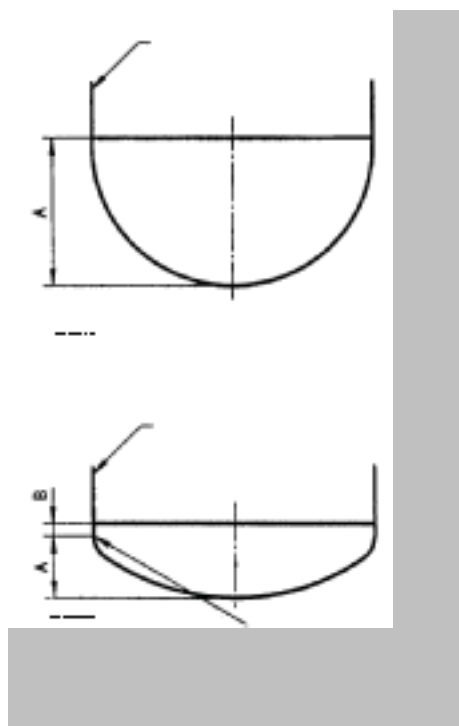
NOTA: Para fondos convexos de contorno indefinido o con deformaciones localizadas, se tomarán y registrarán suficientes mediciones adicionales tales como C y D para definir el contorno del fondo y la extensión de las deformaciones. Serán incluidos en el registro de medición, dibujos mostrando la forma del fondo, deformaciones, si existen y ubicación de las mediciones,

a) Fondos de segmento esférico (cóncavo), convexos y accesibles.

17.3.11 Se considera poco práctico hacer correcciones en la tabla de capacidad del tanque por los efectos de materias extrañas retenidas por el techo, fricción variable de los calzos del techo y cualquier posible variación en la inmersión de los soportes del techo.

17.3.12 La influencia en la tabla de capacidad del tanque de pantallas flotantes es similar que la de los techos flotantes. No obstante, estas cubiertas son mucho más ligeras en construcción y su desplazamiento correspondientemente menor. Si se requiere un ajuste en la tabla de capacidad del tanque, éste será calculado de modo similar que en 17.3.1 hasta 17.3.11 a partir de la masa aparente en el aire de los componentes de la pantalla suministrado por el fabricante.

NOTA 38: Las variaciones en la temperatura del líquido en el cual está flotando la pantalla son generalmente muy pequeñas debido a la protección de la radiación térmica proporcionada por el techo fijo y la cubierta por sí misma. Por eso pueden ser despreciadas las correspondientes variaciones en la densidad del líquido inmediatamente debajo de la cubierta. La densidad normalizada para la cual es calculada la corrección puede ser ajustada, si es necesario, a la temperatura media del tanque en el momento de la medición.



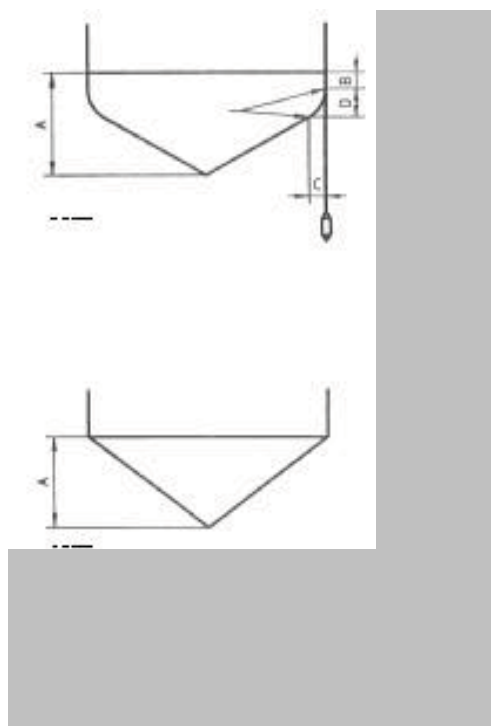
Se tomarán mediciones de A, o de A y B, para fondos de forma hemisférica o semielipsoidal.

b) Fondos cónicos hacia abajo y accesibles.

NOTA: Se recomienda que mediciones adicionales, como se muestra en la figura 3 para fondos de segmento esférico (cóncavo), sean tomadas y registradas como testimonio de apoyo.

En el registro de medición se incluirá el tipo de fondo y un esquema o esquemas mostrando las ubicaciones de las mediciones.

c) Fondos hemisféricos y semielipsoidales, convexos y accesible.



Se tomarán mediciones de A y B y mediciones adicionales de C y D suficientes para describir el ángulo y el cono

Figura 3 — Calibración de fondos de tanques cilíndricos verticales

ANEXO A
(normativo)

Expansión debido a la altura del líquido.

A.1 Generalidades.

A.1.1 El efecto de la altura de cualquier líquido se introducirá en las tablas de capacidad de los tanques por medio de un método que abarque el cálculo de los efectos expansivos con el incremento progresivo de los niveles del líquido.

NOTA 39: Esta corrección puede no ser necesaria si la calibración del tanque es para ser usada en sistemas computarizados de contabilidad del combustible almacenado, en los cuales el cálculo de la expansión debido a la altura del líquido se basa en el nivel del líquido medido y su densidad en el momento del cálculo.

A.1.2 El método de corrección consta de dos partes:

- a) La eliminación del efecto de la expansión debido a la columna del líquido en el tanque en cada rolo en el momento del encintado. (en casos donde está vacío durante la calibración, no es necesario este ajuste).
- b) El ajuste por el efecto sobre cada rolo de la expansión debido a la columna del líquido que estará contenido en el tanque en servicio.

A.2 Eliminar el efecto de la expansión en el momento del encintado.

A.2.1 Las mediciones habrán sido hechas con una altura del nivel del líquido en el tanque la cual habrá sido anotada por el calibrador (ver 6.1). Las mediciones se tabularán, preferiblemente usando una forma normalizada de cálculo y la hoja de datos recomendada en 14.1 e ilustrada en el Anexo F.

A.2.2 Las mediciones de la circunferencia entonces será ajustada a "tanque vacío", o sin tensiones, por medio de la siguiente ecuación, sustituyendo en la ecuación el promedio de la circunferencia corregida para cada rolo (ver 16.2) .

$$\Delta C_n = \frac{g \cdot C_n^2 \cdot (\rho - 1.1) \cdot H}{2 \cdot \pi \cdot E \cdot t_n \times 10^3}$$

donde:

- ΔC_n es la corrección de la circunferencia, en milímetros, para dar la condición de tanque vacío o sin deformación para la circunferencia considerada.
- g es la aceleración de la gravedad, expresada en metros por segundo cuadrado.
- C_n es la circunferencia promedio, en milímetros, corregido por el espesor de la chapa y la pintura.

ρ es la densidad a la temperatura observada, del líquido en el momento del encintado en kilogramos por metro cúbico, del líquido en el momento del encintado.

NOTA 40: Una corrección para la densidad del aire de $1.1 \text{ kg} / \text{m}^3$ se incluye en la ecuación para convertir la densidad en densidad aparente en el aire.

H Altura del líquido por encima del nivel medida en milímetros, en la circunferencia durante el encintado.
 π se toma como 3.141 596
 E Módulo de Young de elasticidad, en newton por metro cuadrado.
 t_n Espesor de la chapa, de cada rolo. en milímetros.

Si

$$g = 9.806 65 \text{ m} / \text{s}^2, \quad E = 200 \times 10^9 \text{ N} / \text{m}^2 \quad \text{y} \quad \pi = 3.141 596$$

la ecuación anterior se reduce a:

$$\Delta C_n \cong \frac{0.78}{10^{14}} C_n^2 \cdot W \frac{H}{t_n}$$

donde:

W es la densidad aparente en el aire del líquido en el momento del encintado a la temperatura observada, en kilogramos por metro cúbico

A.2.3 El cálculo del volumen del tanque entonces se realiza, sustrayendo el valor obtenido en A.2.2 de la circunferencia media corregida de cada rolo.

A.2.4 Un método alternativo para eliminar el efecto de la expansión en el momento de la medición es ajustar el volumen calculado a la condición de sin tensión por medio de la fórmula dada en A.3 y aplicando las correcciones negativamente. Sin embargo, este método alternativo requerirá que sea calculado un volumen abierto “con tensión”, la corrección del volumen aplicada y la circunferencia “sin tensión” calculada a partir del volumen resultante “con tensión”.

A.3 Adición de los efectos de la expansión en servicio.

A.3.1 Las capacidades, corregidas como se describe en A.2 si es apropiado, son ajustas por la expansión que ocurrirá debido a la presión hidrostática ejercida por el líquido que el tanque contendrá en servicio. El ajuste se realiza por medio de las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} 1^{\text{er}} \text{ rolo: } V_1 &= K \left(\frac{0.8 \cdot h_1}{2 \cdot t_1} \right) \\ 2^{\text{do}} \text{ rolo: } V_2 &= K \left(\frac{0.8 \cdot h_1}{t_1} + \frac{h_2}{2 \cdot t_2} \right) \\ 3^{\text{er}} \text{ rolo: } V_3 &= K \left(\frac{0.8 \cdot h_1}{t_1} + \frac{h_2}{t_2} + \frac{h_3}{2 \cdot t_3} \right) \end{aligned}$$

$$\text{enésimo rolo: } V_n = K \left(\frac{0.8 \cdot h_1}{t_1} + \frac{h_2}{t_2} + \frac{h_3}{t_3} + \dots + \frac{h_n}{2 \cdot t_n} \right)$$

donde:

- V_1, V_2, V_3, V_n son el incremento en el aumento de la capacidad del tanque, en litros por milímetros de altura del rolo, del 1^{er}, 2^{do}, 3^{er} y enésimo rolo causado por la altura del líquido.
- h_1, h_2, h_3, h_n son las alturas, del 1^{er}, 2^{do}, 3^{er} y enésimo rolo, en milímetros.
- t_1, t_2, t_3, t_n son los espesores, en milímetros de las chapas, del 1^{er}, 2^{do}, 3^{er} y enésimo rolo.
- K es una constante para cualquier rolo, dada por la siguiente ecuación:

$$K = \frac{\pi \cdot g \cdot D^3 (\rho - 1.1)}{4 \cdot E \cdot 10^9}$$

donde:

- D es el diámetro del rolo, en milímetros (C_n / π).
- ρ es la densidad, del líquido que contendrá el tanque en servicio, en kg/m^3
- π se toma como 3.141596.
- E es el Módulo de Young de elasticidad, en N/m^2 .
- g es la aceleración de la gravedad en m/s^2 .

NOTA 41: Una corrección por la densidad del aire de 1.1 kg/m^3 está incluida en la ecuación que convierte la densidad en la densidad aparente del aire.

Si

$g = 9.80665 \text{ m/s}^2$ y $E = 200 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ la ecuación anterior se reduce a:

$$K \cong \frac{1.92}{5 \cdot 10^{19}} D^3 \cdot W$$

donde:

- W es la densidad aparente en el aire, en kg/m^3 , del líquido que contendrá el tanque en servicio ($\rho - 1.1$).

A.3.2 Los cálculos del volumen del tanque entonces se hacen adicionando el valor obtenido en A.3.1 a los volúmenes por unidad de altura obtenidos en 16.2.

A.3.3 Un método alternativo para el cálculo del efecto de la expansión debido al líquido que contendrá el tanque en servicio se da más abajo. Este es un método no lineal y da la expansión total debido al líquido a cualquier nivel L en el tanque.

Este se puede usar como una alternativa del método descrito en A.3.1 y es especialmente para el uso en sistemas computarizados de contabilidad de combustible.

$$\text{1er rolo: } (0 < L < h_1): V_t = \frac{0.8 \cdot K \cdot L^2}{t_1}$$

$$\text{2do rolo } (h_1 < L < h_2): V_t = \left[\frac{h_1^2}{t_1} + \frac{2 \cdot h_1 (L - h_1)}{t_1} \right] + K \left[\frac{(L - h_1)^2}{t_2} \right]$$

$$\text{3er rolo } (h_2 < L < h_3): V_3 = 0.8 \cdot K \cdot \left[\frac{h_1^2}{t_1} + \frac{2 \cdot h_1 (L - h_1)}{t_1} \right] + \left[\frac{h_2^2}{t_2} + \frac{2 \cdot h_2 (L - h_1 - h_2)}{t_2} \right] + K \left[\frac{(L - h_1 - h_2)^2}{t_3} \right]$$

enésimo rolo ($h_3 < L < h_n$)

donde:

V_t	es el incremento total en la capacidad del tanque, en litros, debido a la presión ejercida por la altura del líquido al nivel L.
h_1, h_2, h_3, h_n	son las alturas, en milímetros, del 1 ^{er} , 2 ^{do} , 3 ^{er} y enésimo rolo.
t_1, t_2, t_3, t_n	son los espesores, en milímetros de las chapas, del 1 ^{er} , 2 ^{do} , 3 ^{er} y enésimo rolo
L	es la altura del líquido, en milímetros.
K	es una constante para cualquier tanque dado, dada la siguiente ecuación:

$$K = \frac{\pi \cdot g \cdot D^3 \cdot (\rho - 1.1)}{8 \cdot E \cdot 10^9}$$

donde:

D es el diámetro del tanque, en milímetros (C_n / π).

Si

$g = 9.80665 \text{ m/s}^2$, $E = 200 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ y $\pi = 3.141596$

la ecuación de arriba se reduce a : $K \cong \frac{1.92}{10^{20}} \cdot D^3 \cdot W$

donde:

W es la masa aparente en el aire, en kg / m³, del líquido que el tanque contendrá en servicio ($\rho - 1.1$).

A.3.4 El cálculo de la capacidad del tanque se hace entonces por la adición del valor obtenido en A.3.3 a la capacidad "sin tensiones" del tanque al nivel L.

A.3.5 Cuando el tanque ha sido calibrado por mediciones internas, es necesario solamente la corrección por el efecto de la expansión en servicio. El cálculo se hace entonces como en el caso del tanque calibrado por encintado (ver A.4.3).

A.4 Ejemplo del calculo de las correcciones por la expansión bajo la presión del líquido.

A.4.1 Calibración por encintado

En este ejemplo, se asume un diámetro de 45.6 m para un tanque que ha sido calibrado por encintado cuando contiene agua. Los datos requeridos para la sustitución en la fórmula se da en A.2.2 y A.3.1 son los siguientes:

Altura del agua en el momento del encintado	= 9 950 mm
Densidad del aire	= 1.1 kg / m ³
Densidad del agua en el momento del encintado	= 1 000 kg / m ³
Densidad aparente del agua en el aire	= (1 000-1,1)Kg/ m ³ = 998,9 kg/ m ³
Densidad del combustible contenido en el tanque en servicio	= 850 kg / m ³
Densidad aparente del combustible en el aire	= (850-1,1)kg/m ³ = 848,9 kg/ m ³
Circunferencia corregida del tanque	= 143 397 mm

A.4.2 Eliminación del efecto de la expansión en el momento de la medición

El número de niveles a los cuales se realizará esta corrección de la circunferencia dependerá del grado de exactitud requerida. En prácticas normales se debe calcular la corrección para cada nivel al cual se midió la circunferencia. Para este ejemplo sin embargo es considerado más simple y más claro tomar el valor de la altura del líquido en el medio de cada rolo, la corrección de la circunferencia se aplica a toda la medición de encintado dentro del mismo rolo.

ΔC_n es calculado mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta C_n = \frac{0,78}{10^{14}} * C_n^2 * W * \frac{H}{t_n}$$

Para el primer rolo $C_n = 143\,397$ mm

$$W = 998,9 \text{ kg/m}^3$$

entonces

$$\begin{aligned} \Delta C_n &= \frac{0,78}{10^{14}} x 143\,397^2 x 998,9 x \frac{H}{t_n} \\ &= 0,160\,212\,6 * \frac{H}{t_n} \end{aligned}$$

Los cálculos subsiguientes se muestran en la Tabla A.1

A.4.3 Adición de los efectos de la expansión en servicio.

La constante K para el rolo 1 está dada por:

$$K = \frac{1,92}{5 \times 10^{19}} WD^3$$

donde:

$$D = 45\,644,88 \text{ mm}$$

$$W = 848,9 \text{ kg/m}^3$$

entonces:

$$K = \frac{1,92}{5 \times 10^{19}} \times 45\,644,68^3 \times 848,9$$

$$= 0,003\,100\,0$$

Los cálculos subsiguientes se muestran en la Tabla A.2

Tabla A.1— Ejemplo de la rutina de cálculo por la expansión durante el encintado.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Rolo No.	Circunferencia	Altura del rolo	Distancia entre alturas medias de los rolos	Acumulado total en la col. (4)	H [esta es la diferencia entre la altura del agua y el valor de la col. (5)] mm	Espesor de la chapa, t	$\frac{H}{t}$	K	Corrección a la Circunferencia
	mm	mm	mm	mm		mm			mm
8	143 423	1 520	1 498	11 181	—	9	—	—	—
7	143 420	1 476	1 494	9 683	267	9	29,667	0,160 264 0	5
6	143 404	1 512	1 498	8 189	1 761	9	195,667	0,160 228 3	31
5	143 400	1 484	1 493	6 691	3 259	9	362,111	0,160 219 3	58
4	143 404	1 502	1 498	5 198	4 752	9	528,000	0,160 228 3	85
3	143 404	1 494	1 488	3 700	6 250	10	625,000	0,160 228 3	100
2	143 390	1 482	1 476.5	2 212	7 738	11	703,455	0,160 197 0	113
1	143 397	1 471	735,5	735,5	9 214,5	13	708,808	0,160 212 6	114

Las cifras de la columna final serán restadas para la corrección a las medidas de las circunferencias, dando por ello la condición (tanque vacío) de no tensionado.

Tabla A.2— Ejemplo de la rutina de cálculo por la expansión en servicio.

Rolo No.	Altura del rolo mm	Espesor de la chapa, t mm	Solamente 1er rolo $\frac{0,8h_1}{2t_1}$	Otros rolos							$\dot{O} h/t$	K	V l / mm	
				$\frac{h}{2t}$	$\frac{0,8h_1}{2t_1}$	$\frac{h_2}{t_2}$	$\frac{h_3}{t_3}$	$\frac{h_4}{t_4}$	$\frac{h_5}{t_5}$	$\frac{h_6}{t_6}$				$\frac{h_7}{t_7}$
8	1 520	9		84,444	90,523	134,727	149,400	166,889	164,889	168,000	164,000	1 122,873	0,003 191 7	3,482 77
7	1 476	9		82,000	90,523	134,727	149,400	166,889	164,889	168,000	—	956,428	0,003 101 5	2,966 33
6	1 512	9		84,000	90,523	134,727	149,400	166,889	164,889	—	—	790,428	0,003 100 4	2,450 67
5	1 484	9		82,444	90,523	134,727	149,400	166,889	—	—	—	623,984	0,003 100 2	1,934 46
4	1 502	9		83,444	90,523	134,727	149,400	—	—	—	—	458,095	0,003 100 4	1,420 29
3	1 494	10		74,700	90,523	134,727	—	—	—	—	—	299,950	0,003 100 4	0,929 98
2	1 482	11		67,364	90,523	—	—	—	—	—	—	157,887	0,003 099 5	0,489 37
1	1 471	13	45,262	—	—	—	—	—	—	—	—	45,262	0,003 100 0	0,140 31

Las cifras en la última columna de la tabla A.2 serán sumadas al volumen abierto por unidad de profundidad obtenida como en 16.2.

ANEXO B
(normativo)

Expansión debido a la temperatura

B.1 Introducción

Este anexo muestra los métodos de cálculo usados para la corrección por expansión debido a la temperatura.

B.2 Generalidades.

B.2.1 Las tablas de capacidad del tanque, calculadas de acuerdo con el método descrito en 16.2, han sido corregidas para dar un volumen para las siguientes condiciones:

- a) Chapa del tanque a la temperatura t_{st} .
- b) Altura del líquido medida con una cinta de sondeo, calibrada a t_d , así como el líquido y la cinta a la temperatura t_1 .

donde:

- t_{dt} es la temperatura a la cual está certificada la cinta de sondeo.
- t_{st} es la temperatura a la cual está certificada la cinta de medición
- t_1 es la temperatura del líquido en el tanque en el momento de la medición

B.2.2 La corrección por expansión debido a la temperatura consta de dos partes:

- a) La preparación de la tabla de capacidad del tanque a cualquier temperatura normalizada, esto se lleva a cabo por la aplicación de un factor de corrección F_t (derivado de una fórmula básica) al "volumen neto por unidad de altura", antes de que estos sean acumulados para elaborar en la tabla de capacidad.
- b) El cálculo de un volumen específico a una temperatura observada mediante la aplicación de un factor F_0 al volumen acumulado dado en una tabla de capacidad que ha sido certificada a una temperatura normalizada.

B.3 Preparación de la tabla de capacidad del tanque a cualquier temperatura normalizada de certificación

B.3.1 El factor F_t que se aplica al "volumen neto por unidad de altura" se obtiene de la siguiente ecuación:

$$F_t = 1 + 3\alpha (t - t_{st})$$

donde:

- α es el coeficiente de expansión lineal del metal de la pared del tanque
NOTA 42: El coeficiente expansión lineal del acero de bajo contenido de carbono es $0,000\ 011\ ^\circ\text{C}^{-1}$
- t es la temperatura de certificación requerida para la tabla de capacidad del tanque (diferente a t_{st})

- α es el coeficiente de expansión lineal del metal de la pared del tanque
 NOTA 42: El coeficiente expansión lineal del acero de bajo contenido de carbono es $0,000\ 011\ ^\circ\text{C}^{-1}$
- t es la temperatura de certificación requerida para la tabla de capacidad del tanque (diferente a t_{st})
- t_{st} es la temperatura de certificación de la cinta métrica de encintado y así mismo, la temperatura de certificación de la tabla de capacidad.

La tabla de capacidad del tanque se prepara multiplicando del “volumen neto por unidad de altura” por el factor F_t y acumulando el resultado. La tabla de capacidad del tanque entonces muestra el volumen corregido para las siguientes condiciones:

- Pared del tanque a temperatura t_t , °C.
- Altura del líquido medida con una cinta de sondeo calibrada a t_{dt} , °C, asumiendo que el líquido y la cinta están a t_t , °C.

B.4 Corrección aplicada al volumen obtenido en una tabla de capacidad certificada a una temperatura normalizada t_s

B.4.1 Principio

La determinación de un volumen específico a una temperatura observada t_t se efectúa aplicando un factor F_0 al volumen correspondiente a una altura del líquido dada obtenido de una tabla de capacidad certificada a una temperatura normalizada t_s .

B.4.2 Tanques con paredes aisladas térmicamente

B.4.2.1 Para tanques con aislamiento térmico se asume que la temperatura del líquido, de la cinta de sondeo y de la pared del tanque son las mismas.

Para tanques con aislamiento térmico, el factor F_0 se obtiene de la siguiente ecuación:

$$F_0 = 1 + \alpha (t_1 - t_s)$$

donde:

- α es el coeficiente de expansión lineal del metal de la pared del tanque
- t_s es la temperatura de certificación de la tabla de capacidad del tanque
- t_1 es la temperatura observada (promedio) del líquido contenido, de la cinta de sondeo y de la pared del tanque.

B.4.2.2 Con la profundidad del líquido, medida con la cinta de sondeo, se entra en la tabla de capacidad del tanque y se obtiene el volumen apropiado. Se multiplica este volumen por F_0 y se obtiene el volumen corregido para una pared del tanque, cinta y líquido a una temperatura t_1 .

B.4.3 Tanques sin aislamiento térmico

Para tanques sin aislamiento térmico, el factor F_0 se obtiene de la siguiente ecuación:

$$F_0 = [1 + \alpha (t_1 - t_s)][1 + 2\alpha (t_t - t_s)]$$

donde:

α	es el coeficiente de expansión lineal del metal de la pared del tanque
t_s	es la temperatura de certificación de la tabla de capacidad del tanque
t_1	es la temperatura observada de la cinta de sondeo (la misma que la del líquido)
t_t	es la temperatura de la pared del tanque

B.4.3.1 Existen varias fórmulas para la determinación de la temperatura promedio de las chapas de los tanques sin aislamiento térmico las cuales expresan t_t en términos de temperatura del líquido y temperatura ambiente (al sol y a la sombra). La exactitud de la evaluación de t_t puede depender, entre otros, de los siguientes factores:

- El número y la exactitud de los termómetros colocados sobre la superficie exterior de la pared del tanque y la efectividad de su contacto con la chapa del tanque;
- La diferencia entre la temperatura del líquido contenido en el tanque y la temperatura ambiente.

Se recomienda que la temperatura de la chapa de la pared del tanque t_t se tome como la media entre la temperatura del líquido y la temperatura ambiente en el momento de la medición.

ANEXO C (normativo)

Método para la calibración de los fondos de los tanques

C.1 Principio

Los fondos de los tanques son calibrados por la introducción dentro del tanque de cantidades de agua, u otro líquido no-volátil, las cuales han sido medidas con exactitud hasta que el punto de sondeo y el punto más alto del fondo del tanque hayan sido cubiertos.

C.2 Equipamiento

C.2.1 Metro contador, con un factor del metro contador conocido o con medios de prueba disponibles en el lugar para su determinación.

C.2.2 Tubería o conducto hermético, de longitud adecuada para transportar el líquido de la fuente al contador y después al tanque.

C.2.3 Cinta de sondeo y plomada como se especifica en D.6 y D.7

C.3 Procedimiento

C.3.1 Coloque el metro contador (C.2.1) en el lugar y conéctelo a la fuente suministradora del líquido de calibración usando la tubería (C.2.2). Si el metro contador va a ser comprobado en el lugar, hágalo usando un método apropiado, con el líquido que será usado en la calibración del tanque, antes del comienzo de la misma.

C.3.2 Introduzca el líquido dentro del fondo del tanque hasta que cubra justo el punto de sondeo, asegurando que la tubería entre el contador y el fondo del tanque se ha llenado antes de la primera entrega. Registre, a partir de la lectura del contador, el volumen del líquido transferido hacia el tanque, para obtener el volumen del tanque por debajo del punto de sondeo.

C.3.3 Transfiera cantidades adicionales de líquido al interior del tanque hasta que el punto más alto del fondo del tanque quede cubierto o el nivel del líquido esté por encima del punto más bajo del tanque que será calibrado por encintado. Al completar la transferencia de cada cantidad medida de líquido, mida el nivel del líquido usando la cinta de sondeo y con la plomada (C.2.3).

NOTA 43: Para la determinación exacta del nivel del líquido se puede auxiliar de pasta para detectar agua o combustible.

Registre el volumen de líquido introducido y la medición del nivel del líquido.

Al completar la calibración, asegúrese de que la tubería entre el contador y el fondo del tanque está llena de líquido.

C.3.4 Después de la calibración del fondo del tanque vuelva a comprobar el metro contador. Si el factor del mismo ha cambiado de forma tal que el volumen del fondo del tanque podría diferir en más de un 0,3%, elimine las causas de la variación y repita la calibración del fondo. Si el factor del metro contador ha cambiado pero no lo suficiente para que el volumen del fondo del tanque difiera en más de 0,3%, tome el promedio de los dos factores del metro contador y use la cifra promedio en la determinación de los volúmenes de líquido introducidos dentro del tanque.

C.4 Expresión de los resultados

Después del completamiento de la calibración del fondo del tanque, introduzca los resultados en el cálculo final de la tabla de capacidad del tanque (ver 17.2)

ANEXO D (normativo)

Especificaciones para el equipamiento usado en el encintado

D.1 Cinta de métrica de encintado

NOTA 44: La cinta puede estar provista con una capa o estructura protectora.

D.1.1 La cinta estará hecha de acero de alto contenido de carbono, con un contenido de carbón entre 0,7% (m/m) y 1,0% (m/m). La cinta tendrá una fuerza de tensión entre 1 600 Nm⁻² y 1 850 Nm⁻² y un coeficiente de expansión térmica de $(11 \pm 1) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

D.1.2 La cinta habrá sido calibrada a 20 °C y bajo una tensión aplicada de 50 N, las condiciones de calibración estarán marcadas en el final o cerca del cero final de la cinta.

D.1.3 Las graduaciones tendrán una exactitud de hasta 1,5 mm cada 30 m de longitud cuando la cinta está completamente apoyada sobre una superficie lisa a 20 °C y sometida a una tensión de 50 N.

D.1.4 La cinta tendrá una longitud continua y graduada sobre una cara solamente. El punto cero de la cinta estará entre 10 cm y 15 cm del final de la cinta. La cinta estará graduada a intervalos de 1 m y también a intervalos de 1 dm, cm y mm.

Las longitudes de las graduaciones serán como sigue:

- a) A cada metro, cubriendo al ancho completo de la cinta.
- b) A cada decímetro, cubriendo el ancho completo de la cinta.
- c) A cada centímetro, cubriendo dos tercios del ancho completo de la cinta.
- d) A cada milímetro, cubriendo la mitad del ancho completo de la cinta
- e) A cada milímetro, diferente de cada 5 milímetro, cubriendo un tercio del ancho total de la cinta.

La distancia desde la marca a cada metro, decímetro y centímetro será marcada sobre un recuadro brillante. El tamaño de los números usados para denotar las graduaciones de los decímetros serán mayores que aquellos usados para denotar las graduaciones en centímetros.

D.1.5 Las cifras y graduaciones se incrementarán entre 0,01 mm y 0,03 mm y estarán coloreadas claramente sobre un fondo negro. Las grabaciones tendrán un ancho uniforme entre 0,20 mm y 5 mm y estarán perpendiculares al borde la cinta.

D.2 Dinamómetro

D.2.1 El dinamómetro tendrá un cuerpo de metal y una agarradera con un resorte de acero y un gancho.

D.2.2 El dinamómetro será de tipo tubular con una agarradera en forma de lazo en uno de sus extremos a través del cual se puede aplicar la tensión y en el otro extremo un gancho para sujetar la cinta métrica de encintado. El gancho se fijará con un seguro de cierre automático para prevenir que la cinta se desprenda del dinamómetro si la tensión disminuye.

D.2.3 El dinamómetro tendrá una escala graduada marcada desde 0 hasta 100 N a intervalos de 1 N y tendrá una exactitud de ± 1 N.

D.3 Saltajuntas

El saltajuntas tendrá una estructura rígida con dos puntos de marcaje de un tamaño tal que los puntos puedan ser bien aplicados sobre la cinta libres de cualquier obstáculo sin ninguna afectación en el trayecto de la cinta y de forma tal que la estructura no toque ninguna obstrucción o el cuerpo del tanque. El saltajuntas será de una construcción rígida.

NOTA 45: El saltajuntas puede ser de madera o metal.

D.4 Posicionador de cinta y cuerdas

D.4.1 El posicionador de cinta estará conformado por una barra guía de metal, de al menos 120 mm de longitud, provisto de un puente de metal, los extremos de la barra guía formarán un ángulo de 45° y estarán provistos de agujeros a cada extremo para atar una cuerda. El puente estará dimensionado de forma tal que la cinta de medición pueda pasar libremente a través de ella, pero que no pueda girar cuando se encuentra debajo.

D.4.2 Las cuerdas estarán hechas de un material que no produzca o acumule una carga electrostática, ejemplo algodón u otra fibra natural.

NOTA 46: Las cuerdas deben ser de construcción trenzada preferiblemente.

D.5 Mordaza Littlejhon

NOTA 47: Una mordaza Littlejhon es un dispositivo usado para unir un dinamómetro a posiciones intermedias sobre una cinta métrica de encintado.

D.5.1 La mordaza estará hecha de un metal más blando que la cinta métrica de encintado.

D.5.2 La mordaza será construida de forma tal que pueda sostener la cinta métrica de encintado sin deslizamiento cuando se aplica a la cinta una fuerza de 100 N.

D.5.3 La mordaza incorporará un mecanismo de abertura rápida.

D.6 Cinta de sondeo

D.6.1 La cinta de sondeo estará hecha de acero de alto contenido de carbono, teniendo un contenido de carbono 0,7 (m/m) y 1,0 (m/m). La cinta tendrá una fuerza de tensión entre $1\ 600\ \text{Nm}^{-2}$ y $1\ 850\ \text{Nm}^{-2}$ y un coeficiente de expansión térmica de $(11 \pm 1) \times 10^{-6}\ \text{°C}^{-1}$.

D.6.2 La cinta habrá sido calibrada a 20 °C y bajo una tensión aplicada de 15 N. Las condiciones de calibración serán marcadas sobre la cinta al final o cerca del cero de la cinta.

D.6.3 Las graduaciones tendrán una exactitud de hasta 1,5 mm cada 10 m de longitud cuando la cinta está apoyada completamente sobre una superficie lisa a 20 °C y sometida a un estiramiento de 15 N.

D.6.4 La cinta tendrá una longitud continua y graduadas sobre una cara solamente. El punto cero de la cinta estará entre 10 cm y 15 cm del final de la cinta. La cinta estará graduada a intervalos de 1 m y también a intervalos de 1 dm, cm y mm.

Las longitudes de las graduaciones serán como sigue:

- a) A cada metro, cubriendo al ancho completo de la cinta.
- b) A cada decímetro, cubriendo el ancho completo de la cinta.
- c) A cada centímetro, cubriendo dos tercios del ancho completo de la cinta.
- d) A cada milímetro, cubriendo la mitad del ancho completo de la cinta
- e) A cada milímetro, diferente de cada 5 milímetro, cubriendo un tercio del ancho total de la cinta.

La distancia desde la marca a cada metro, decímetro y centímetro será marcada sobre un recuadro claro. El tamaño de los números usados para denotar las graduaciones de los decímetros serán mayores que aquellos usados para denotar las graduaciones en centímetros.

D.6.5 Un gancho giratorio estará permanentemente asegurado (ejemplo; por medio de un remache) al final de la cinta para permitir el enganche de la plomada. El gancho será de forma tal que no se torcerá durante el uso y estará equipado con un dispositivo para prevenir un desacople accidental de la plomada.

NOTA 48: Se prefieren los ganchos hechos de latón.

D.6.6 La cinta no será barnizada o tratada de otra manera que pueda perder el aislamiento eléctrico.

NOTA 49: La cinta debe estar cubierta para su protección contra la corrosión durante el almacenamiento.

D.6.7 La cinta estará enrollada sobre una estructura de latón con una agarradera de madera.

D.7 Plomada

NOTA 50: La plomada está destinada para ser usada junto con y formando una parte integral de la cinta de sondeo (D.6).

D.7.1 La plomada estará hecha de latón u otro material de densidad similar que no produzca chispas.

D.7.2 La plomada tendrá un agujero taladrado en su parte superior, el agujero tendrá un diámetro variable para acomodarlo en el gancho giratorio (ver D.6.5). Cuando esté unida a la cinta de medición, la plomada y la cinta constituirán un dispositivo de medición continua.

NOTA 51: La punta y el tope de la plomada estarán biseladas preferiblemente. La punta plana será preferiblemente de un diámetro aproximado de 13 mm.

D.7.3 Si la plomada es fabricada con una cara plana sobre un lado y si esta cara está graduada a intervalo de 1 cm y 1 mm, las marcas de graduación de cada centímetro serán más largas que las de 1 mm y estarán numeradas.

ANEXO E
(normativo)

Certificado de calibración

Cada certificado de calibración incluirá los siguientes aspectos:

- a) El número de serie del certificado y el número de páginas de la tabla de capacidad del tanque.
- b) La identificación del tanque, incluyendo el sitio o el número de instalación del tanque (el cual será único en el lugar de instalación).
- c) El nombre del propietario u operador.
- d) El nombre y dirección de la autoridad de calibración o compañía que ha llevado a cabo la calibración.
- e) La fecha de la medición.
- f) El método de calibración usado (con referencia a esta parte de la NC- ISO 7507, con referencia específica al método de calibración aplicado en la calibración del fondo del tanque).
- g) La fecha de expedición del certificado.
- h) La altura nominal y el diámetro del tanque.
- i) La altura(s) total(es) del punto(s) de sondeo con respecto al cual está basada la tabla y también la posición(s) de el punto(s) referido a algún punto fijo en la parte superior del tanque [la altura(s) total(es) será dada con el tanque vacío y si es posible con el tanque lleno con un líquido de aproximadamente la misma densidad que la del líquido que el tanque contendrá en servicio].
- j) La altura(s) del punto de sondeo y del punto de referencia de datos con respecto a la unión de la pared del tanque y la chapa del fondo.
- k) Si está instalado un sistema de medición automático, la altura del punto de referencia con respecto a la unión de la pared del tanque y el fondo del tanque.
- l) Por conveniencia del cálculo y la verificación los siguientes datos usados en el cálculo de la tabla de capacidad:
 1. Módulo de Young de elasticidad.
 2. El coeficiente de expansión lineal del metal de la pared del tanque.
 3. El coeficiente de expansión lineal del metal de la cinta métrica de encintado.
 4. La temperatura de certificación de la cinta métrica de encintado.

NOTA 52: El contenido de esta lista representa la información mínima requerida para incluirla en el certificado, pero la lista no es exhaustiva y cualquier otra información que pueda ser útil debe ser incluida.

Cada página del certificado estará firmada por la autoridad de calibración o compañía.

ANEXO F
(informativo)

Datos de la calibración del tanque y hoja de registro de datos

Calibración del fondo	
Altura (mm)	Volumen (L)
0	124 085
1	125 677
2	127 227
3	128 787
4	130 363
5	131 951
6	133 551
7	135 163
8	136 784
9	138 414
10	140 050

Obras muertas			
Objeto	Volumen (L)	Desde (mm)	Hasta (mm)
2x Registro boca hombre			
610 mm	+ 119	400	1010
1 entrada			
300 mm	+ 14	250	550
1 entrada			
150 mm	+ 3	250	400

Calibrado por:

Fecha:

Calculado por:

Empresa: Tanque N° : 10

Ubicación:

Tipo : Techo fijo

Col. 1	Col. 2	Col. 3	Col. 4	Col. 5	Col. 6	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10	Col. 11	Col. 12	Col. 13	Col. 14	Col. 15	Col. 16
Altura interior del rolo (mm)	Altura del rolo por encima de el pto. de sondeo (mm)	Espesor de la chapa (mm)	Circunferencia exterior (mm)	Corrección Por costuras y otros obstaculos (mm)	Circunferencia exterior corregida (mm)	Circunferencia exterior promedio (mm)	Corrección por espesores de chapas y pintura (mm)	Corrección por líquido en el tanque durante la medición (mm)	Corrección por temperatura (factor)	Circunferencia interna promedio corregida (mm)	Volumen abierto del rolo (L)	Corrección por posición de líquido en serbicio (L/mm)	Corrección por obra muerta	Volumen neto Por unidad de altura (L/mm)	Volumen neto hasta el tope del rolo (L)
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(factor)	(mm)	(L)	(L/mm)	Altura efectiva por encima del pto de sondeo, (mm)	(L/mm)	(L)
													Desde	Hasta	
	(11)														
	(10)														
	(9)														
	11952														
11942	1520 (8)	9	43426	8	143418	143423	75	-	.99991	143335	1634.90820	3.48277	NIL	1638.39097	196916 33
	10431		143433	8	143425										
10421	1476 (7)	9	143426	8	143418	143420	75	5	.99991	143327	1634.74092	2.96633	NIL	1637.70725	172013 18
	8955		143426	8	143418										
			143420	8	143412										
8945	1512 (6)	9	143408	8	143400	143404	75	31	.99991	143285	1633.77548	2.45067	NIL	1636.22615	147840 62
	7443		143408	8	143400										
			143408	8	143400										
7433	1484 (5)	9	143408	8	143400	143400	75	58	.99991	143254	1633.06868	1.93446	NIL	1635.00314	123700 88
	5959		143408	8	143400										
			143408	8	143400										
5949	1502 (4)	9	143414	8	143406	143404	75	85	.99991	143231	1632.54437	1.42029	NIL	1633.96466	988374 4
	4457		143414	8	143406										
			143412	8	143404										
4447	1494 (3)	10	143413	8	143405	143404	82	100	.99991	143209	1632.04295	0.92998	NIL	1632.97293	742952 9
	2963		143411	8	143403										
			143401	8	143393										
2953	1482 (2)	11	143395	8	143387	143390	88	113	.99991	143176	1631.29095	0.48937	NIL		498986 7
	1481		143398	8	143390										
			143407	8	143399										
1471	1471 (1)	13	143405	8	143397	143397	101	114	.99991	143169	1631.13905	0.14031	NIL		1720.87585 550 1667.40155 400 1641.13955 400 15965.0000 0 124085.0000 0

Altura del punto de referencia de datos encima del punto de sondeo: 10 mm

Espesor de pintura : 3 mm

Inclinación : NIL

Temperatura de referencia de la tabla : 15 ° C

Corrección por presión del líquido a una densidad de : 850.0 kg/m³

Altura del líquido en el tanque durante la medición : 9.950 mm

Temperatura del líquido : 15 ° C

Corrección por presión del líquido a una densidad de : 850.0 kg/m³