

Mantenimiento a recipiente contenedor cilíndrico vertical

Maintenance of vertical cylindrical container

CANO-RAMÍREZ, Jaime †*, FLORES-PÉREZ, José Manuel, AMBRIZ-COLÍN, Fernando y ÁVILEZ-FERRERA, José Josías

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato

ID 1^{er} Autor: *Jaime, Cano-Ramírez* / ORC ID: 0000-0001-9029-3350, Researcher ID Thomson: Q-8940-2018, arXiv ID: JaimeCanoRamirez, CVU CONACYT-ID: 341820

ID 1^{er} Coautor: *José Manuel, Flores-Pérez* / ORC ID: 0000-0002-1110-9365, Researcher ID Thomson: R-2163-2018, arXiv ID arXiv 2400414, CVU CONACYT-ID: 388269

ID 2^{do} Coautor: *Fernando, Ambriz-Colín* / ORC ID: 0000-0002-4871-418X, Researcher ID Thomson: R-3696-2018, arXiv ID: fambrizc, CVU CONACYT-ID: 169757

ID 3^{er} Coautor: *José Josías, Ávilez-Ferrera* / ORC ID: 0000-0003-3503-0819, arXiv ID: 0000-0002-7970-7855, CVU CONACYT-ID: 242164

DOI: 10.35429/JME.2019.9.3.20.24

Recibido: 08 de Enero, 2019; Aceptado 09 de Marzo, 2019

Resumen

Mantener en condiciones de operabilidad segura, utilizando los cálculos para aplicar procesos mecánicos y con el fin de detectar cualquier anomalía que permitan oportunamente tomar acciones preventivas y reparar los elementos que son parte de los recipientes en mal estado o fuera de las normas que los rigen. En los anillos utilizando métodos analíticos como la verificación de espesores calculándolos por los métodos especificados en el API 653 Inspección, Reparación, Alteración y Reconstrucción de Tanques American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo), encontrando si se encuentran fuera de la normativa adecuada por comparación con lo medido en forma real en la placa del anillo del casco, por lo cual el método es no destructivo de inspección, API 650 “Tanques de Acero Soldado para el Almacenamiento del Petróleo American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo). Para efectuar las reparaciones pertinentes utilizando procesos de soldadura y corte, montaje y maniobras aplicación de recubrimientos y materiales necesarios según la reparación para mantener y asegurar la integridad del recipiente mejorando la confiabilidad de operación, contribuyendo en la seguridad de los tanques, accesorios y sistemas anexos, como contenedores de productos derivados del hidrocarburo altamente explosivos e incendiarios.

Operabilidad, Seguridad, Confiabilidad

Abstract

Keep in safe operability conditions, using the calculations to apply mechanical processes and in order to detect any anomaly that allow timely take preventive actions and repair the elements that are part of the containers in poor condition or outside the rules that govern them. In the rings using analytical methods such as the verification of thicknesses by calculating them by the methods specified in API 653 Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction of Tanks American Petroleum Institute, finding if they are outside the appropriate regulations by comparison with what is measured in real form on the hull ring plate, whereby the method is non-destructive inspection, API 650 “Welded Steel Tanks for Petroleum Storage American Petroleum Institute (American Petroleum Institute). To carry out the relevant repairs using welding and cutting processes, assembly and maneuvers application of coatings and materials necessary according to the repair to maintain and ensure the integrity of the container improving the reliability of operation, contributing to the safety of the tanks, accessories and attached systems, as containers of highly explosive and incendiary hydrocarbon derived products.

Operability, Security, Reliability

Citacion: CANO-RAMÍREZ, Jaime, FLORES-PÉREZ, José Manuel, AMBRIZ-COLÍN, Fernando y ÁVILEZ-FERRERA, José Josías. Mantenimiento a recipiente contenedor cilíndrico vertical. Revista de Ingeniería Mecánica. 2019 3-9: 20-24

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: jcano@utsoe.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Los recipientes contenedores (Tanques cilíndricos verticales) se encuentran en la interperie a exposición del medio ambiente, a los fluidos que contiene, derivados del hidrocarburo a fuerzas externas e internas que se traducen en esfuerzos de la presión interna y externa, peso del recipiente y lo que contiene, reacciones estáticas del equipo auxiliar, reacciones cíclicas y dinámicas debido a las fluctuaciones de la temperatura, con los cuales nos genera el tipo de material del cual son manufacturados y tener la resistencia adecuada, la confiabilidad de operación y la seguridad de ello.

La industria metalmeccánica tiene la obligación de mantener las instalaciones, en estado seguro para la operación, por lo que en el siguiente trabajo se utiliza metodologías analíticas, según API 653, para obtener los espesores de los anillos que integran al casco para cumplir con el objetivo de mantener el recipiente en condiciones de operabilidad segura haciendo uso en el mantenimiento en cuanto a los contenedores cilíndricos verticales, se refiere, esto generado a la cantidad de sustancias derivadas del hidrocarburo peligrosas incendiables, explosivas que requieren un manejo especial periódico y acertado.

Desarrollo

Para determinar los espesores en cada uno de los anillos del cuerpo cuando hay áreas corroídas de considerable tamaño, los espesores medidos deberán ser promediados de acuerdo con el siguiente procedimiento (ver figura 1).

a-e planos de inspección seleccionados por el mantenedor.

$$L = 3.7 (Dt_2)^{1/2} \quad (1)$$

L = La longitud vertical máxima, en pulgadas, sobre los cuales los esfuerzos en el anillo son asumidos "promediando" alrededor de las discontinuidades locales, no puede exceder las 40 pulgadas.

D.- El diámetro nominal del tanque.

t₂= El menor espesor, en pulgadas, en un área de corrosión, inclusive las picaduras.

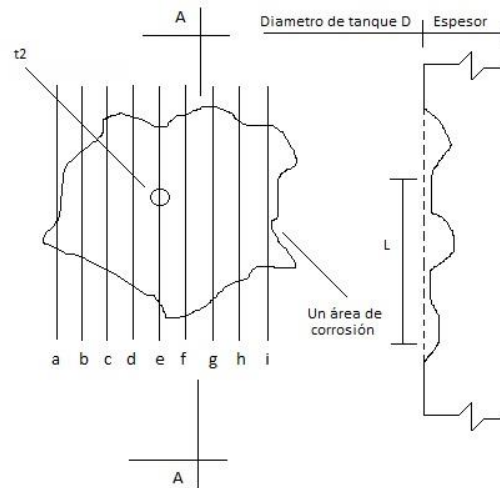


Figura 1 Área de Corrosión

Fuente: Institute American Petroleum, 2005

Para calcular el espesor de la placa de los anillos con la fórmula 1 sabiendo la longitud en inspección, sin exceder las 40 pulgadas se debe de conocer el diámetro nominal del tanque y despejar t₂.

Se deben de hacer por lo menos 5 medidas con igual espaciamento de longitud entre L y L subsecuente según lo indica la figura 1 y tomar la menor t₂.

Cálculo del espesor mínimo para los anillos del cuerpo del tanque de acero soldado

El espesor mínimo aceptable de una lámina o placa de cuerpo este método está limitado para tanques con diámetros iguales o menores a 200 pies.

Para determinar el espesor mínimo para todos los anillos, se debe de ser calculado con la ecuación número 2.

$$T_{min} = 2.6(H-1)DG/SE \quad (2)$$

Cuando se esta determinando el espesor mínimo aceptable para cualquier otra porción de un anillo del cuerpo tal como un área localmente adelgazada o cualquier otra localización de interés, t_{min} es calculado según la ecuación 3.

$$T_{min} = 2.6HDG/SE \quad (3)$$

T_{min} de la ecuación 3, expresado en pulgadas no debe de ser 0.1 pulgadas en ningún anillo del cuerpo.

D= Diámetro nominal del tanque, en pies

H= Altura desde el fondo del anillo en consideración hasta el nivel de liquido máximo, cuando se evalúa un anillo entero, en pies.

H= Altura, en pies, desde el inicia de la longitud L, ver ecuación 1. Hasta el punto máximo del nivel del fluido.

H= Altura desde el punto mas bajo dentro de cualquier localización de interés hasta el máximo nivel de líquido, en pies.

Depende del criterio de análisis y del estado en que se encuentra el cuerpo del recipiente para hacer la medición con cinta métrica y determinar el valor de H.

G= La gravedad especifica del contenido del recipiente, en caso de que sea una mezcla se recomienda, utilizar el valor mas alto del componente.

En la gravedad específica el fluido en referencia será el agua a 4°C, con valores (ver tabla 1).

Si se requiere mayor exactitud en el cálculo del valor de la gravedad específica, se recomienda utilizar los valores del peso específico y la densidad de la tabla 2 a la temperatura que corresponda en referencia al fluido que en este caso es el agua.

Denominación Física	Sistema Internacional	Sistema Inglés
Peso específico del agua a 4°C, γ_w	9.81 KN/m ³	62.4 Lb/Ft ³
Densidad del agua a 4°C, ρ_w	1000 Kg/ m ³	1.94Slug/ Ft ³

Tabla 3 Gravedad específica del agua a 4 grados centígrados

Fuente: *Elaboración Propia*

$$G = \gamma_s / \gamma_w = \rho_s / \rho_w \quad (4)$$

Donde:

γ_s es el peso específico de la sustancia.

ρ_s es la densidad de la sustancia.

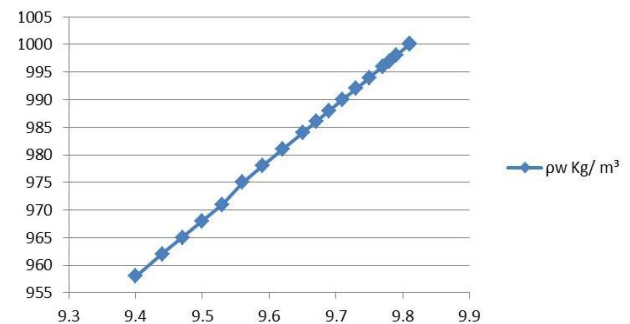
Otros valores de la densidad y peso específico del agua a diferentes temperaturas (ver tabla 2).

Temperatura (°C)	γ_w KN/m ³	ρ_w Kg/ m ³
0	9.81	1000
5	9.81	1000
10	9.81	1000
15	9.81	1000
20	9.79	998
25	9.78	997
30	9.77	996
35	9.75	994
40	9.73	992
45	9.71	990
50	9.69	988
55	9.67	986
60	9.65	984
65	9.62	981
70	9.59	978
75	9.56	975
80	9.53	971
85	9.50	968
90	9.47	965
95	9.44	962
100	9.40	958

Tabla 4 Peso específico y densidad con referencia del agua a 25 grados centígrados

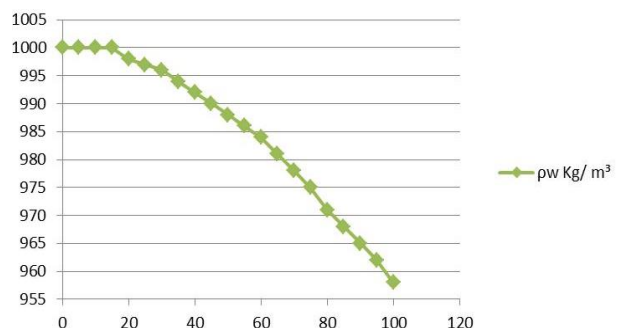
Fuente: *Mott, 2006*

En la gráfica 1 se puede apreciar la relación de peso específico y densidad.



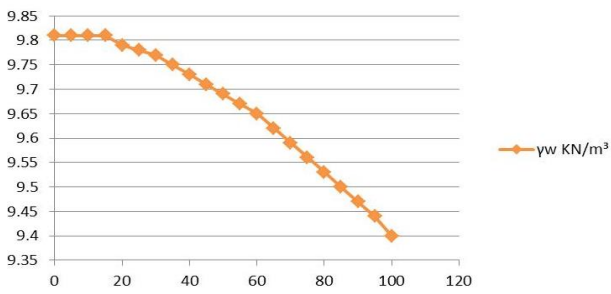
Gráfica 1 Relación de peso específico y densidad

En la gráfica 2 apreciamos la variación de la densidad con respecto a la temperatura.



Gráfica 2 Densidad con respecto a la temperatura

En la gráfica 3 apreciamos como varía el peso específico con respecto a la temperatura.



Gráfica 3 Peso específico con respecto a la temperatura

Con la siguiente tabla número 3 a 25°C, obteniendo las mediciones de diferentes sustancias derivadas del hidrocarburo para los pesos específicos y densidades encontradas, teniendo como referencia el valor de 9.78 KN/m³ y 997 Kg/ m³, respectivamente.

Sustancia	γs KN/m ³	ρsKg/ m ³
Acetona	7.72	787
Alcohol Etlíco	7.72	787
Alcohol metílico	7.74	789
Alcohol propílico	7.87	802
Amoniaco hidratado al 25%	8.93	910
Benceno	8.59	876
Tetracloruro de carbono	15.60	1590
Aceite de ricino	9.42	960
Etilenglicol	10.79	1100
Gasolina	6.67	680
Glicerina	12.34	1258
Queroseno	8.07	823
Aceite de linaza	9.12	930
Mercurio	132.8	13540
Propano	4.86	495
Agua de mar	10.10	1030
Aguarrás	8.53	870
Combustóleo medio	8.36	852
Combustóleo pesado	8.89	906

Tabla 5 Peso específico y densidad
Fuente: Mott, 2006

En la tabla 4, se calculan los de gravedad específica utilizando la ecuación 4 obteniéndose los siguientes resultados.

Sustancia	Gravedad Específica "G"
Acetona	0.787
Alcohol Etlíco	0.787
Alcohol metílico	0.789
Alcohol propílico	0.802
Amoniaco hidratado al 25%	0.910
Benceno	0.876
Tetracloruro de carbono	1.590
Aceite de ricino	0.960
Etilenglicol	1.100
Gasolina	0.68
Glicerina	1.258
Queroseno	0.823
Aceite de linaza	0.930
Mercurio	13.54
Propano	0.495
Agua de mar	1.030

Aguarrás	0.870
Combustóleo medio	0.852
Combustóleo pesado	0.906

Tabla 6 Gravedad específica
Fuente: Mott, 2006

S= Máximo esfuerzo permisible en libras por pulgada cuadrada (psi); se usa el menor de 0.80Y ó 0.429T para el primero y el segundo anillo; use el menor entre 0.88 Y ó 0.472T para los otros anillos. Los esfuerzos permisibles del cuerpo son mostrados en la Tabla 5.

Especificación de material y grado	Mínimo especificado Estrés de rendimiento Y(lb/in ²)	Mínimo especificado Fuerza de Tensión T(lb/in ²)	Estrés de producto permitido S(lb/in ²)	
			Dos cursos inferiores	Cursos superiores
ASTM Especificaciones				
A283-C	30,000	55,000	23,600	26,000
A285-C	30,000	55,000	23,600	26,000
A36	36,000	58,000	24,900	27,400
A131-A,B, CS	34,000	58,000	24,900	27,400
A131-EH36	51,000	71,000	30,500	33,500
A573-58	32,000	58,000	24,900	27,400
A573-65	35,000	65,000	27,900	30,700
A573-70	42,000	70,000	30,000	33,000
A516-55	30,000	55,000	23,600	26,000
A516-60	32,000	60,000	25,600	28,200
A516-65	35,000	65,000	27,900	30,700
A516-70	38,000	70,000	30,000	33,000

Tabla 5 Esfuerzos permitidos para T mínimo
Fuente: Institute American Petroleum, 2005

Y= Esfuerzo mínimo especificado, según figura 2, en caso de no tener la especificación use 30KPsi.

T se utiliza el valor según el material, haciendo uso de la figura 2.

E= La eficiencia original de la junta soldada para el tanque, si el E original es desconocido. E=1.0, cuando evalúe el espesor en una lámina corroída que haya sido retirada, cuando esté separada de soldaduras o juntas soldadas al menos en una pulgada o dos veces el espesor de la lámina o placa, la mayor de las condiciones.

Si es una junta a tope se tomará la eficiencia como 0.95 esto generado a cualquier imperfección en la junta. Se debe de cumplir que $t_2 \leq t_{min}$, para proceder a reparar el anillo analizado y que requiera de mantenimiento, ya sea reemplazo o reparación del daño que presente con proceso de corte y soldadura.

Requerimientos de Horizontalidad de la Envolvente

La orilla superior de cada anillo de la envolvente deberá de estar a nivel con una tolerancia de $\pm 3 \text{ mm} = \pm 1/8''$ en una longitud de $9 \text{ m} = 30'$, en cualquier parte del perímetro del tanque y una tolerancia de $\pm 6 \text{ mm} = \pm 1/4''$, en la circunferencia total desde un punto de referencia (PEMEX, 2016).

De no establecerse un mecanismo de homologación de procedimientos para la operación, mantenimiento y futura instalación de estaciones de servicio, causará un incremento de la probabilidad de ocurrencia de accidentes e incumplimientos de normas de seguridad industrial y requisitos técnico-legales (Dávila & Hidalgo, 2018). El espesor de borde deberá no ser menor que el espesor mínimo permisible (Institute American Petroleum, 2005)

Los métodos de calibración que existen hoy utilizan principalmente medios mecánicos y visuales. En muchos casos solo se mide la parte externa del tanque, por lo que solo se pueden estimar efectos tales como el grosor de su pared o la desviación de la forma cilíndrica ideal. El nuevo sistema de escaneo con láser en tercera dimensión determina la forma interna midiendo las distancias mediante un método de emisión de impulsos. La tridimensionalidad del escaneo se alcanza a través de la rotación del láser en segmentos de $0,25^\circ$, tanto en planos horizontales como verticales. La parte cilíndrica, así como el fondo (sumidero) se someten a calibración en un mismo proceso. Un software especial calcula el volumen del tanque en dependencia de la altura de llenado y emite la tabla de capacidad correspondiente en la forma conocida (G. Wendt).

Resultados y Conclusiones

Por la ecuación $L = 3.7Dt_2$, se puede calcular el espesor de la placa dependiendo de la longitud y diámetro nominal del tanque de la ecuación $T_{\min} = 2.6HDG/SE$, utilizando el diámetro nominal del tanque, la altura desde el fondo del anillo en consideración hasta el nivel del líquido máximo, la gravedad específica se calcula respecto al peso específico de la sustancia en relación del peso específico del agua a 4°C o la densidad de la sustancia y del agua a 4°C , el Máximo esfuerzo permisible en libras por pulgada cuadrada (psi).

Se usa el menor de $0.80Y$ ó $0.429T$ para el primero y el segundo anillo; se usa el menor entre $0.88 Y$ ó $0.472T$, donde Y y T se toman los valores de la figura 2, la eficiencia se toma el valor de 1 o 0.95 en donde la aplicación de soldadura es a tope, y el valor de t_2 de la ecuación 1 es menor que t_{\min} se sugiere aplicar las técnicas mecánicas adecuadas de corte y soldadura, cambio de piezas, montaje y aplicación de pintura necesaria, para lo cual nos da una seguridad en la operación de contenedores con derivados del hidrocarburo.

Uniones Horizontales de la aplicación de la soldadura en el casco son juntas a tope con penetración y fusión completas (Eugene F. Megyesy, 1992).

Referencias

- Dávila, P., & Hidalgo, G. F. (06 de 01 de 2018). Seguridad y Salud Ocupacional. Obtenido de Seguridad y Salud Ocupacional: <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2777>
- Eugene F. Megyesy. (1992). Manual de Recipientes Sujetos a Presión. México: Editorial Limusa.
- G. Wendt, R. J. (s.f.). Determinación del Volumen en Grandes Tanques de Almacenamiento a Través de un Nuevo Sistema Óptico de Escaneo en 3D. Redalyc.org. Instituto Nacional de Investigaciones de Metrología, La Habana, Cuba.
- Institute American Petroleum. (01 de November de 2005). Norma API 653. Washington, Washington, USA.
- Institute American Petroleum. (2005). Tanques de Acero Soldados para el Almacenamiento del Petróleo, API 650. Washington: Instituto Americano del Petróleo API.
- Mott, R. L. (2006). Mecánica de Fluidos . México: Prentice Hall.
- PEMEX. (2016). Tanques Cilindricos Verticales de Techo Flotante. México: Coordinación Ejecutiva de Construcción.