

PROTOCOLO DE ANÁLISIS Y/O ENSAYOS DE PRODUCTOS DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS.

PC N° 111/2:

PRODUCTO/ACTIVIDAD: INSPECCIÓN DE TANQUES DE ACERO EN SERVICIO, INSTALADOS EN SUPERFICIE, PARA ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS.

NORMATIVA DE REFERENCIA: Norma UL 142, "Steel Aboveground Tanks for Flammable and Combustible Liquids", 7th. Editions, April 1993; BS 2594:1975, "Specification for Carbon Steel Welded Horizontal Cylindrical Storage Tanks", August 1975; Norma API Std 653, "Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction", 4ta Edición Adenda 1 agosto de 2010 y Decreto Supremo N° 160, de 2008, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.

FUENTE LEGAL: Ley N° 18.410.

I. Objetivos y Alcance

El presente protocolo tiene por objetivo establecer los análisis y/o ensayos que los Organismos de Inspección deben realizar para verificar que los tanques de acero destinados al almacenamiento de combustibles líquidos en uso, instalados en superficie, cumplan con los requisitos de diseño y construcción.

II. Análisis y/o Ensayos

1. Condiciones previas a la inspección del tanque.

El organismo de inspección debe verificar que el solicitante, propietario u operador del mismo, entregue el tanque para su inspección, libre de gases, vaporizado y lavado, además el tanque se debe encontrar limpio en toda su superficie exterior, especialmente en las zonas de soldaduras (25 mm a cada lado de ésta).

Además debe verificar la existencia de certificados de fabricación, de inspecciones previas, inscripción en la Superintendencia, registro de reparaciones y modificaciones.

2. Pruebas y verificaciones generales

Se deben inspeccionar visualmente todas las soldaduras del tanque, el que será aprobado si por medio de esta inspección se determina lo siguiente:

- a) Que no existe presencia de cráteres, fisuras o golpes de arco en los puntos adyacentes a las soldaduras.
- b) Que el socavamiento máximo para uniones soldadas a tope, no exceda los límites máximos de 0,4 mm para soldaduras de boquillas, pasos de hombres, aperturas de limpiezas, e insertos permanentes.
- c) La porosidad de la superficie no debe superar una frecuencia de un cluster o nido de poros (unos o más poros) por cada 100 mm de longitud de soldadura, y su diámetro no debe superar los 2,5 mm.

3. Pruebas y verificaciones para tanques ensamblados en fábrica.

Los organismos de inspección deben realizar las siguientes verificaciones:

- 3.1 Registrar la identificación del tanque, de acuerdo a la información disponible en la placa de identificación del tanque, cotejando dicha información con lo establecido en el artículo 94° del D.S. 160/2008 o la disposición que la reemplace.
- 3.2 Comprobar que el tanque cuenta con certificado de fabricación y placa de certificación, debiendo existir total correspondencia entre ambos.
- 3.3 En caso que el tanque a inspeccionar haya sido sometido a reparación, la maestranza que realizó las reparaciones debe contar con calificación vigente.
- 3.4 Inspeccionar exteriormente el tanque para detectar áreas corroídas, abolladuras u otras condiciones que puedan afectar la resistencia del tanque.
- 3.5 La inspección se debe extender a los elementos estructurales de apoyo del tanque, para ello debe efectuar ensayos con partículas magnetizables y/o líquidos penetrantes.
- 3.6 Inspeccionar interiormente el tanque, para detectar la existencia de áreas corroídas y estado de las soldaduras.
- 3.7 Los espesores del tanque deben cumplir con los mínimos estipulados en la norma de diseño. Para estos efectos en el manto del tanque se debe medir 4 puntos ubicados en el eje vertical y horizontal de cada uno de los anillos que lo conforman. En los cabezales del tanque se debe medir 8 puntos, distribuidos en dos diámetros perpendiculares entre sí. En los cabezales fabricados por sectores, se debe medir a lo menos un punto por cada sector.
Si en algunos de estos puntos de medición, el espesor es inferior al nominal, se deben medir puntos adicionales, alrededor del punto objetado para verificación del cumplimiento. Todos los espesores medidos deben quedar registrados en el informe correspondiente que muestre la ubicación de cada punto.
- 3.8 El buen estado de las uniones de soportes y refuerzos; los hilos de las coplas y niples; las conexiones de tuberías y niples, incluyendo las tuberías de llenado y los venteos.
- 3.9 Realizar un ensayo de hermeticidad al tanque de acuerdo con el Código ASME, Sección V, Edición 2010.

4. Pruebas y verificaciones para tanques verticales construidos in situ.

- 4.1 Para determinar la condición del manto externo del tanque o el techo se podrá remover el aislamiento solo en aquellas áreas que requieran ser inspeccionadas.
- 4.2 Se deben verificar visualmente los componentes del sistema de puesta a tierra del tanque, tales como las derivaciones o conexiones de cables.
- 4.3 Inspección del Techo:

Se debe verificar la integridad mecánica del techo y su sistema de soporte, mediante una inspección visual.

Aquellas placas que presenten corrosión, deben ser medidas para determinar si cumplen con el espesor mínimo exigido por la norma de diseño.

Para tal efecto, se debe dividir esquemáticamente la superficie a examinar en áreas de 645 cm^2 ($100''^2$) y realizar las mediciones.

En el caso que las placas del techo estén corroídas y con un espesor promedio menor de 2,28 mm (0,09") en cualquier área de 645 cm^2 ($100''^2$), o las placas del techo tengan orificios que las atraviesen, el tanque debe ser rechazado.

a) Techos Fijos (incluye domos de aluminio).

Se debe inspeccionar visualmente las partes del soporte del techo, tales como vigas, columnas y junta débil techo - manto.

Deformaciones (tal como columnas desalineadas o fuera de plomo), áreas corroídas y daños de los constituyentes del soporte del techo, será motivo de rechazo.

b) Techos Flotantes.

La inspección del techo debe efectuarse de acuerdo al criterio de diseño establecido en la norma de construcción, tanto para techo flotante externo como interno.

Se debe inspeccionar visualmente a fin de detectar fallas como grietas o perforaciones en planchas y en las balsas. En caso de existir estos defectos el tanque debe ser rechazado.

En caso de corrosión por pitting se debe evaluar caso a caso, según la tasa de corrosión, para determinar la probabilidad de que el pitting atraviese la zona afectada antes de la próxima inspección. En tal caso, el tanque debe ser rechazado. También deben ser evaluados los sistemas de soporte, el perímetro de los sellos del techo flotante, y los accesorios tales como escaleras rodantes sobre el techo, sistemas anti-rotación, sistemas de drenaje y sistemas de venteos, a fin de constatar que mantienen su integridad.

4.4 Inspección del Manto:

a) Espesor de Control del Manto.

Se debe determinar el espesor de control de cada anillo del manto, para verificar su integridad mecánica, esto en base al espesor remanente del mismo y las tasas de corrosión.

La determinación del espesor de control de cada anillo del manto se debe realizar según el procedimiento prescrito en el punto 4.3.2 "Actual Thickness Determination" de la Norma API Std 653, citada previamente.

Además se deben considerar las siguientes cargas según corresponda, aplicando la norma de construcción: Cargas de viento que promuevan la flexión o volcamiento; cargas sísmicas; operación a temperaturas sobre 90°C; vacío que promueva la presión externa; cargas externas causadas por las tuberías, equipos y accesorios montados al tanque; y cargas debido al asentamiento del tanque.

b) Espesor Mínimo del Manto.

Se debe determinar el espesor mínimo de las placas del manto del tanque, para mantenerse en servicio aplicando el procedimiento prescrito en el punto 4.3.3 "Minimum Thickness Calculation for Welded Tank Shell", de la Norma API Std 653.

c) Otras verificaciones.

Además, se deben evaluar los indicios de corrosión en elementos tales como atiesadores del manto (Shell stiffeners) y vigas de viento (wind girders).

Se debe evaluar el estado de la soldadura en las uniones del manto, así como en las del manto – fondo.

Se deben revisar detalles como extensiones de refuerzos, espaciamiento de la soldadura, y espesor de los componentes (placas de refuerzo, cuellos de boquillas, flanges y tapas).

Se debe evaluar las deformaciones del manto, tales como pérdida de redondez, zonas pandeadas, áreas planas y uniones soldadas. Las deformaciones deben ser evaluadas individualmente para determinar si son consideradas aceptables para continuar el tanque en servicio.

Se deben evaluar y analizar defectos tales como grietas o laminaciones, para determinar su naturaleza y extensión.

4.5 Inspección de Fondo

El organismo debe verificar que el espesor de las placas de fondo cumpla con lo establecido en la Tabla 1 siguiente:

Tabla 1. Espesor Mínimo de Placas de Fondo.

Tipo de fondo	Espesor mínimo de placas del fondo
Fondo de tanque diseñado sin detección o contención de filtraciones de fondo.	2,54 mm (0,1")
Fondo de tanque diseñado con sistema de detección o contención de filtraciones de fondo.	1,29 mm (0,05")
Fondo de tanque reforzado con revestimiento (lining), de espesor mayor a 1,29 mm (0,05"), de acuerdo a la norma API RP 652.	1,29 mm (0,05")

- a) Asentamiento del Tanque.

La evaluación del asentamiento del tanque se debe realizar a través del procedimiento prescrito en el Apéndice B "Evaluation of Tank Bottom Settlement", de la Norma API Std 653, debiendo considerarse los criterios de aceptación y rechazo indicados en esa norma.

- b) Espesor Mínimo de la Placa Anular.

Evaluar el espesor mínimo de la placa anular del fondo del tanque, la que debe cumplir los requerimientos establecidos en las tablas 2 y 3 siguientes:

Tabla 2.

Para un tanque que contengan CL de Gravedad específica < 1 y que requiera placa anular no sólo por las consideraciones de cargas sísmicas				
Espesor^a de placa en el primer anillo (mm.)	Esfuerzo^b en el primer anillo del manto (MPa)			
	< 170	< 190	< 210	< 230
t ≤ 19	4	5	5	7
19 < t ≤ 25	4	5	8	9
25 < t ≤ 32	4	6	9	12
32 < t ≤ 40	5	8	11	14
t > 40	6	10	13	17

Fuente tabla 4-5 norma API 653.

^a Espesor de placa se refiere al espesor de diseño.

^b esfuerzos fueron calculados con la formula [2.34 D(H-1)]/t.

Tabla 3.

Para un tanque que contengan CL de Gravedad específica ≥ 1 y que requiera placa anular no sólo por las consideraciones de cargas sísmicas.				
Espesor^a de placa en el primer anillo (mm.)	Esfuerzo^b en el primer anillo del manto (MPa)			
	≤ 190	≤ 210	≤ 230	≤ 250
t ≤ 19	6	6	7	9
19 < t ≤ 25	6	7	10	11
25 < t ≤ 32	6	9	12	14
32 < t ≤ 40	8	11	14	17
40 < t ≤ 45	9	13	16	19

Fuente tabla 5-1a de la norma API 650

^a Espesor de placa se refiere al espesor de diseño

^b esfuerzos fueron calculados con la formula [4.9 D(H-0.3)]/t

c) Inspección de Fundaciones

Se debe verificar en las fundaciones la ausencia de erosión, fisuras o cualquier deterioro del concreto, iniciadas por calcinación, ataque de agua subterránea, ataque de hielo, o ataque de elementos alcalinos o ácidos.

La inspección de las fundaciones, deben incluir además, los pernos de anclaje.

5. Inspección de reparación

5.1 Para los tanques ensamblados en fábrica, en aquellos casos que la reparación incluya el reemplazo de planchas de acero, el Organismo de Inspección deberá tomar y evaluar como mínimo dos (2) radiografías, de preferencia en los cruces de cordones de soldadura. La evaluación de las placas radiográficas, su longitud, placas adicionales de comprobación, extensión de las reparaciones ocasionadas por el rechazo, y demás aspectos relacionados, se empleará el Párrafo UW-52 del Código ASME, Sección VIII, División 1 de 2010.

5.2 Prueba Hidrostática para estanques in situ.

- a) Se debe realizar una prueba hidrostática, por un periodo de 24 horas, en un tanque que ha sido sometido a reparaciones mayores, las cuales están definidas en el punto 3.18 de la API 653 de referencia.
- b) La altura de llenado del tanque para realizar la prueba hidrostática se debe realizar de acuerdo al procedimiento prescrito en el punto 12.3, Hydrostatic testing, de la Norma API Std.653.
- c) Durante la prueba hidrostática se debe evaluar el asentamiento del tanque.
- d) Sólo por razones fundadas, las cuales deben quedar registradas en el informe de inspección, se podrá reemplazar esta prueba por los métodos dispuestos en el punto 7.3.5 de la norma API 650 Eleven edition, june 2007, Addendum 2; November 2009, Welded Tanks for Oil Storage.

5.3 Se debe realizar una prueba de hermeticidad con aire a presión en placas de refuerzo o en insertos del manto, nuevos o modificados, de acuerdo a lo descrito en la norma API 650 definida por la norma API 653 citada en la normativa de referencia.

5.4 Verificar que los materiales usados en las reparaciones cumplen con los requerimientos establecidos en la norma de diseño.

5.5 Verificar que el tanque que haya sido sometido a reparaciones cumpla con los requisitos establecidos en la norma de diseño de los tanques, y confeccionar los informes respectivos, incluyendo los métodos usados y los ensayos efectuados.

6. Métodos de inspección y su alcance

Los siguientes ensayos no-destructivos que se señalan deben ser aplicados según los criterios detallados a continuación.

6.1 Ultrasonido.

- Cuando se coloquen placas de refuerzo para un accesorio (boquillas, conexiones), o cuando se coloque una conexión "hot tap" soldada.
- En reparaciones de soldaduras de tope, las que deberán ser inspeccionadas completamente.
Estas también se pueden examinar por método radiográfico.
- En reparaciones de soldaduras de filete, las que deberán ser inspeccionadas en toda su longitud.

Este tipo de soldaduras puede ser examinada por cualquiera de los métodos no destructivos mencionados en este protocolo.

- En reparaciones de la placa anular soldada a tope, después del último paso.
- En áreas del manto donde placas traslapadas serán soldadas.
- Para realizar mediciones de espesores en fondos.
- Los procedimientos de ensayos de ultrasonido deben cumplir las exigencias descritas en los artículos 4 y 5 de la sección V del Código ASME, Edición 2010.

6.2 Partículas Magnetizables y Tintas Penetrantes.

- En las cavidades ocasionadas por el retiro de soldadura de placas de refuerzos.
- En soldaduras que unen cuellos de boquillas (nozzles) al manto, y placas de refuerzo al cuello de la boquilla.
- Soldaduras de ensambles tratados térmicamente. El ensayo debe realizarse después del tratamiento térmico pero antes de la prueba hidrostática.
- En las cavidades ocasionadas por el retiro de soldaduras defectuosas.
- En todas las soldaduras de placas inserto (attachments), temporales o nuevas permanentes, para mantos fabricados con materiales de los grupos IV, IVA, V o VI, clasificados de acuerdo a la norma de diseño.
- Para las placas manto soldadas de espesor mayor a 25,4 mm (1"); se debe examinar la superficie del lado opuesto al primer paso de soldadura, una vez que el exceso de ésta sea removida.
- En las soldaduras de fondo-manto que estarán bajo una placa parche, considerando además 6" de longitud sobre cada lado.
- En la raíz y paso final de la soldadura de placas parches al fondo en la zona crítica. Se entiende como zona crítica la porción del fondo del tanque o la placa anular de 7,5 mm (3") comprendida entre el borde interno del manto, medido radialmente hacia el interior.
- En las áreas de las placas del fondo reparadas con soldadura.
- En las áreas de las placas del manto reparadas con soldadura.
- En las soldaduras de uniones de placas parche del manto soldadas a traslape.

6.3 Caja de Vacío.

- En soldaduras nuevas que unan manto con el fondo del tanque. El ensayo debe ser realizado en toda su longitud.
Además el primer paso debe ser inspeccionado aplicando aceite ligero en su lado opuesto. El aceite debe permanecer al menos 4 horas (preferiblemente de noche).
- En nuevas soldaduras de uniones del fondo. Cada unión debe ser inspeccionada en toda su longitud.
Este punto también puede ser probado por medio de un trazador de gas.
- En nuevas soldaduras de placas de techo diseñados herméticos

6.4 Radiografías.

a) Uniones verticales.

- En uniones de dos placas nuevas del manto, no se requieren más radiografías que aquellas requeridas en el protocolo de fabricación.
- En uniones de placas nuevas con placas ya existentes del manto, se debe radiografiar cada unión.
- En uniones reparadas de placas manto existentes, se debe tomar una radiografía adicional en cada unión.

b) Uniones Horizontales.

- En uniones de dos placas nuevas del manto, no se requieren más radiografías que aquellas requeridas en el protocolo de fabricación.
 - En uniones horizontales, nuevas o reparadas, se debe tomar una radiografía cada 50" de la unión horizontal (esto no incluye la intersección de uniones verticales con horizontales).
- c) Intersecciones.
- En uniones de dos placas nuevas del manto, no se requieren radiografías adicionales, que aquella requeridas en el protocolo de fabricación.
 - En uniones de placas nuevas con placas ya existentes del manto, se debe tomar una radiografía en cada intersección.
 - Se debe radiografiar cada intersección que haya sido reparada.
 - Las uniones nuevas entre materiales nuevos del manto (tanto parciales como anillos completos o adiciones) necesitan ser examinados sólo por métodos radiográficos.
 - Si al realizar el ensayo radiográfico se encuentran defectos, se deberán radiografiar el 100 % de las soldaduras reparadas. La longitud mínima de diagnóstico debe ser 150 mm (6").

III. Criterios de aprobación y rechazo

Para efectos de la calificación de los tanques los Organismos de Inspección deben aplicar lo dispuesto en la Norma UL 142 y BS 2594 para aquellos construidos en fábrica y la API 653 para los construidos in situ.

IV. Certificación y Marcado.

- a) El certificado de aprobación de la inspección de los tanques debe ser acompañado con los siguientes informes:
 - Informe de inspección visual interior.
 - Informe inspección visual exterior.
 - Informe de radiografía
 - Inspección por medio de partículas magnéticas y/o de líquidos penetrantes.
 - Informe sobre la medición de espesores.
 - Informe de hermeticidad.
 - Informe de cualquier otro ensayo que sea realizado (como por ejemplo, caja de vacío, prueba de fuga, ensayo de ultrasonido).
- b) Una vez aprobado el tanque, el organismo de inspección debe realizar el marcado mediante la instalación de una placa metálica, de material compatible, soldada en todo su contorno, la que deberá contener la siguiente información: SEC PC 111/2-2010, número de serie del tanque, capacidad (m^3), Organismo de Inspección, número y fecha del certificado de inspección.
- c) En caso de rechazo del tanque, el organismo deberá emitir un Informe de Rechazo, e informar a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, según los plazos establecidos en la normativa vigente.



CGM/RET/IMC/MRL/mrl