



Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación

Suma valor
a un país de ideas

Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Inspección de
equipos industriales
de amoníaco líquido





Placa identificatoria:

Metalúrgica Argentina S.A.

Tanque para amoniaco Modelo 3 m³

Dimensiones: LE 3120 mm DE 1219 mm

Material: CC – SA516 gr.70 – 12,7 mm

Cabezales – SA516 gr.70 – 12,7 mm

Radiografiado: total Tratamiento térmico: si

Presión de diseño: 17,6 kg/cm²

Presión de prueba: 23 kg/cm²

Fecha de prueba: 08/09/2008

Matricula: 0894/0008/14/38636

Temperatura de diseño: -5/+50 °C

Norma de diseño: ASME VIII división 1



Placa identificatoria:

Tanque N° 1697/16

Servicio: NH₃

Construido por FEBO

Código de diseño: ASME VIII div. 1

Presión de operación: 11 kg/cm²

Presión de diseño: 17,6 kg/cm²

Temperatura de diseño: 0/45 °C

Presión de prueba: 26,4 kg/cm²

Radiografiado: Spot

Tratamiento térmico: NO

Corrosión admisible: 1 mm

Año: 1967



Recipiente: RECIBIDOR DE AMONÍACO

Datos de la placa identificatoria:

Marca: Frigoar

Tipo de Equipo: Recibidor

Modelo: Frigoar 1003

Fecha de fabricación: Julio 1999

Flujo de Amoníaco

Presión de trabajo: 14 bar

Presión de prueba: 22 bar

Temperatura de trabajo: 38 °C

Volumen: 2000 litros





INTI

Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial



Suma valor
a un país de ideas



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación



Recipiente: Separador de Líquido Horizontal - Amoníaco (NH_3)



Antecedentes y estudio preliminar:

Documentación:

El equipo **no posee** memoria de cálculo ni datos constructivos

Datos de diseño:

Placa identificatoria: No posee

Presión de diseño: Desconocida

Temperatura de diseño: Desconocida

Años de servicio: más de 20 (veinte) años

Material: Desconocido

Nivel de radiografiado: Desconocido

Tipos de daños esperados (según API 571 “ Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry”):

- Corrosión bajo tensión por amoníaco anhidro (lado interno).
- Corrosión externa bajo aislación (servicio intermitente y ciclos térmicos).
- Fatiga mecánica (cargas cíclicas de servicio)



Factores a tener en cuenta

Según **ANSI K61.1/1999** (“American National Standard Safety Requirements for the Storage and Handling of Anhydrous Ammonia”) y **ASME Sección VIII Div. 1/2017** (“Rules for Construction of Pressure Vessels”):

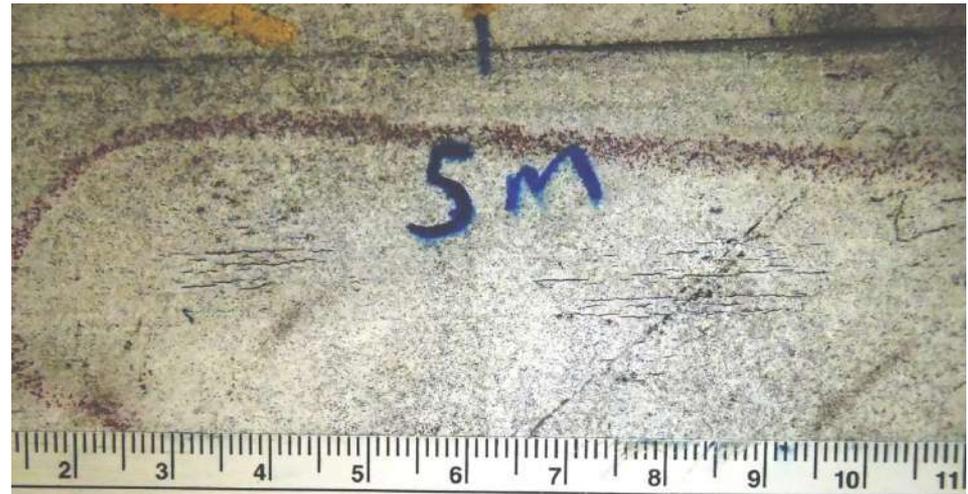
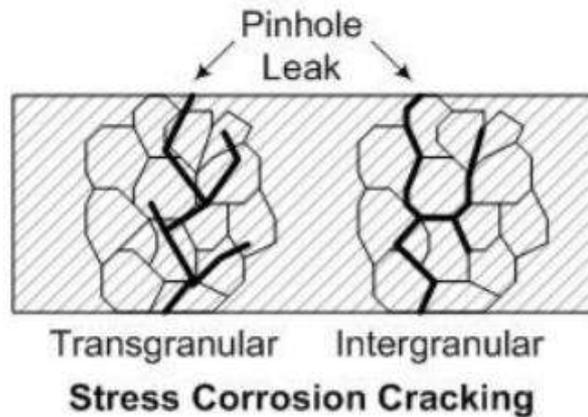
- Presión mínima de diseño deberá ser de 18 kg/cm^2
- Son perjudiciales la presencia de altas tensiones residuales surgidas del proceso de fabricación (conformado en frío y soldadura).
- Es mandatorio la realización de un tratamiento térmico de alivio de tensiones post-soldadura
- Es mandatorio usar aceros de baja resistencia ($RT < 483 \text{ MPa}$)
- Es mandatorio que soldaduras y ZAC posean durezas menores a 225 HB
- Según [UW-2 (a)(1)], por considerarse servicio letal, se deberá asegurar que las soldaduras a tope categoría A sean tipo 1 y las categoría B tipo 1 o 2. De igual modo las soldaduras de las conexiones deberán ser de penetración total.
- Por ser servicio letal también el recipiente debe ser totalmente radiografiado y satisfacer [UW-51 (b)].



2.3.6.4 RECIPIENTES PARA AMONIACO LÍQUIDO

Los recipientes para servicio de amoniaco líquido son susceptibles a fisuración por corrosión bajo tensiones (SCC) (ver 3.3.2 b de la Parte 2 del NBIC) en áreas de elevadas tensiones. Los materiales de alta resistencia y de grano grueso muestran mayor riesgo de sufrir SCC que los materiales que son de grano fino o de resistencia moderada, aunque los aceros comúnmente usados no son inmunes al problema.

El tratamiento térmico posterior a la soldadura de recipientes nuevos o reparados por soldadura, o de cabezales conformados, es beneficioso al reducir la incidencia de SCC. La presencia de 0,2% mínimo de agua en el amoníaco líquido también inhibe la SCC. Toda fuga debería ser exhaustivamente investigada y se deberían iniciar las acciones correctivas necesarias.



a) Inspección interna

1) Cuando las aberturas existentes lo permitan, realizar una inspección visual interna del recipiente. **Buscar todas las fisuras visibles (SCC muy avanzado) y observar áreas que están sujetas a altas tensiones, tales como soldaduras, reparaciones soldadas, transiciones cuerpo cabezal, radios internos agudos, y superficies internas opuestas a accesorios o soportes externos**

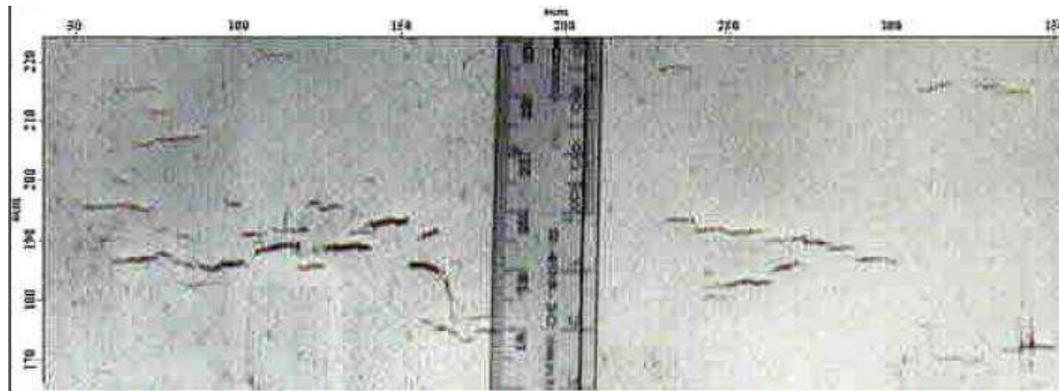
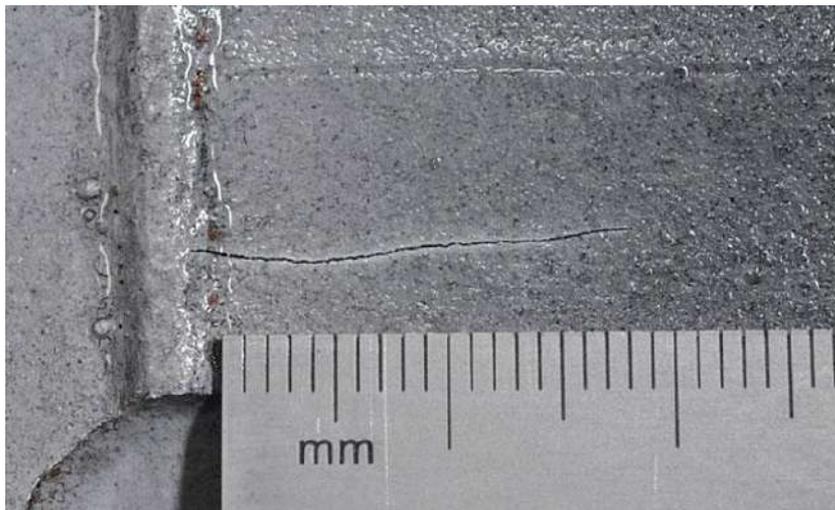


Fig 6: Photograph of magnetic particle inspection results for an SCC colony.
The area scanned was 315mm by 60mm.

b) Examen y detección de fisuración por corrosión bajo tensiones (SCC)

Todas las soldaduras internas y áreas altamente tensionadas deberían ser examinadas por el método de partículas magnéticas húmedas (WFMT) usando un yugo de corriente alterna para la magnetización.

Tener en cuenta que las fisuras en las soldaduras a menudo están orientadas transversalmente. Es extremadamente importante asegurar que el método de END usado detectará fisuras en cualquier orientación.



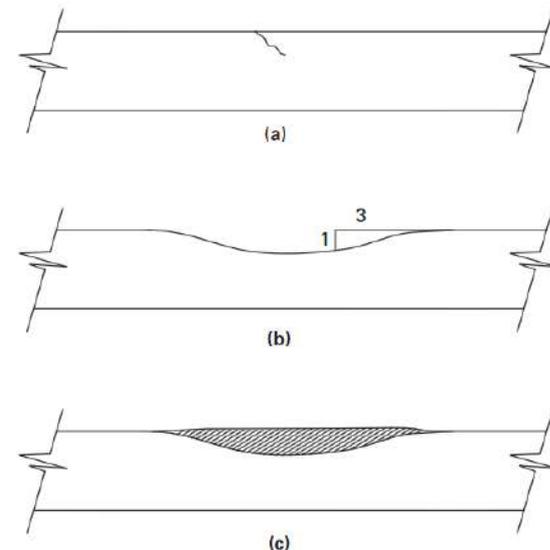


2) Si se detectan fisuras, deberá realizarse cálculos para determinar hasta qué profundidad puede realizarse el esmerilado para la remoción de la grieta sin invadir el espesor mínimo requerido por el código original de la construcción.

3) Cuando sea posible, la remoción de fisuras por esmerilado es el método preferido de reparación. Debido a que las tensiones en los bordes de las fisuras son muy elevadas, se deberán eliminar incluso las fisuras muy pequeñas.



Fig. 1 Excavation and Weld Repair of Surface Flaw



4) Cuando la profundidad de la fisura es tal que su remoción requiere reparación por soldadura, se deberá utilizar un procedimiento de soldadura que minimice el endurecimiento y las tensiones residuales en la zona afectada por el calor.

Las reparaciones por soldadura, independientemente de la profundidad de la reparación, deberán ser tratadas térmicamente posterior a la soldadura.

5) Se deberá volver a examinar con WFMT después de la reparación por soldadura, para asegurar la remoción completa de la grieta.



6) No se pretende impedir o limitar el uso de otros métodos END de evaluación.

Se reconoce que la emisión acústica y la mecánica de fractura son técnicas aceptables para evaluar la integridad estructural de recipientes.



e) Inspección externa de recipientes aislados

1) Los recipientes a presión aislados pueden sufrir corrosión externa agresiva, la cual es frecuentemente encontrada por debajo de aislación húmeda. El Inspector debería examinar de cerca la superficie externa de la aislación para detectar puntos fríos, abultamientos, manchas de óxido, o cualquier condición inusual en áreas reparadas previamente.



INTI

Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial



Suma valor
a un país de ideas



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación



Una aislación abombada o deformada en recipientes refrigerados puede indicar la formación de bloques de hielo entre el cuerpo del recipiente y la aislación debido a la humedad atrapada.



2) La mitad inferior y el fondo de recipientes aislados deberían recibir atención especial, debido a que la condensación o humedad puede descender por gravedad hacia abajo del cuerpo del recipiente y empapar la aislación, manteniéndola húmeda por largos períodos de tiempo.

Los lugares de penetración en la aislación tales como los soportes tipo cuna, patas de soporte de esferas, boquillas o accesorios, deberían ser examinados de cerca para detectar los caminos potenciales de ingreso de humedad. Cuando la humedad penetra en la aislación, esta puede retener la humedad en la aislación y/o cerca del cuerpo del recipiente.



6) El tratamiento apropiado (recubrimiento) de la superficie exterior del cuerpo del recipiente, y el mantenimiento de la resistencia a la intemperie de la parte exterior de la aislación, son las claves para prevención de daños por CUI.

Resolución N° 231/96. Aparatos Sometidos a Presión. Provincia de Buenos Aires

Recipientes para contener amoníaco

ESQUEMA DE INSPECCIÓN DE RECIPIENTES SOMETIDOS A PRESIÓN

EQUIPO	ENSAYO	PERIODICIDAD	OBSERVACIONES
Recipientes para contener amoníaco	Control de espesores	Anual	
	Control de funcionamiento de los elementos de seguridad	Anual	

Resolución N° 231/96

RECIPIENTES E INSTALACIONES PARA LÍQUIDOS REFRIGERANTES

Artículo 78:

Los recipientes serán diseñados y construidos de acuerdo a normas reconocidas internacionalmente

Se deberá cumplir con:

- a. La presión de diseño no será en ningún caso inferior a los 17 kg/cm² en la etapa de alta y a los 10 kg/cm² en la etapa de baja.
- b. Se procederá al radiografiado total de las costuras soldadas
- c. Tanto la etapa de alta como la de baja deberán poseer doble válvula de seguridad a resorte en un mismo cuerpo.

Resolución N° 231/96

Artículo 88.

La habilitación de los equipos que contienen amoníaco se otorgará una vez acreditado el resultado positivo de una prueba hidráulica a 1,5 veces la presión de trabajo.

Cada 8 años, retirar totalmente la aislación, realizándose un estudio exhaustivo por ultrasonido; en el caso de detectarse falencias o anomalías en el equipo que hagan dudar de su seguridad, se deberá realizar reparaciones; se procederá además a efectuar un ensayo de prueba hidráulica a la presión de diseño.

Anualmente se hará una verificación de espesores por ultrasonido en puntos fijos.

Resolución N° 231/96

Artículo 91:

Será obligación del propietario de las instalaciones de amoníaco, mantener todas las aislaciones en buen estado, evitando que por el deterioro de las mismas se produzcan filtraciones de humedad y consecuentemente la formación de puntos de corrosión.

EVALUACIÓN DE EQUIPOS EXISTENTES CON DOCUMENTACIÓN MÍNIMA

Para recipientes a presión que no tienen placa de identificación y muy poca o ninguna documentación de diseño y construcción, se pueden utilizar los siguientes pasos para verificar la integridad operativa:

- Inspección
- Definir los parámetros de diseño y preparar planos.
- Realizar cálculos de diseño basados en códigos y normas aplicables.
- Colocar la placa de identificación mostrando la MAWP y temperatura, MAT, y fecha.
- **Realizar una prueba de presión tan pronto como se pueda, según lo requerido por el código de construcción utilizado para los cálculos de diseño.**



PLAN DE INSPECCIÓN PARA VERIFICAR INTEGRIDAD ESTRUCTURAL



- Inspección visual interna
- Inspección visual externa
- Medición de espesores por ultrasonido
- Medición de dureza in-situ de metal base, soldaduras y ZAC
- Radiografiado de uniones soldadas a tope
- Inspección interna de soldaduras con partículas magnetizables fluorescentes
- Verificación de diseño de los diferentes elementos a 18 kg/cm²
- Ensayo de emisión acústica
- Detección de fisuras por ultrasonido en zonas susceptible a generarse SCC



f) Criterios de aceptación



Los siguientes son los criterios de aceptación para recipientes de amoníaco líquido. Los recipientes mostrando indicaciones o discontinuidades que excedan las condiciones indicadas a continuación son considerados inaceptables

- 1) Grietas
- 2) Abolladuras
- 3) Abultamientos
- 4) Cortes o hendidura
- 5) Corrosión

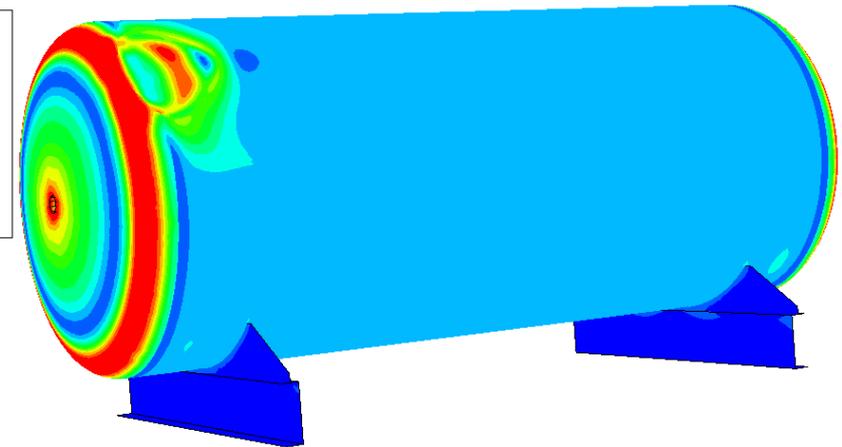
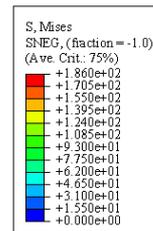
1) Fisuras

Las fisuras en los límites de presión del recipiente (cabezales, cuerpos, soldaduras) son inaceptables.

Cuando se identifica una fisura, el recipiente deberá ser removido de servicio hasta que la fisura sea reparada por un poseedor de estampe "R", o el recipiente deberá ser retirado permanentemente de servicio. (Ver Parte 3, Reparaciones y Alteraciones del NBIC).

2) Abolladuras

Cuando sean identificadas abolladuras que excedan los límites establecidos a continuación, el recipiente deberá ser removido de servicio hasta que sean reparadas por un poseedor de estampe "R", sea realizada una evaluación de aptitud para el servicio, o el recipiente sea retirado permanente del servicio.





a. Abolladuras en cuerpos

El diámetro promedio máximo de abolladura en el cuerpo no deberá exceder del 10% del diámetro del cuerpo, y la profundidad máxima de la abolladura no deberá exceder el 10% del diámetro promedio de la abolladura. El diámetro promedio de la abolladura es definido como la media entre el diámetro máximo y el diámetro mínimo de la abolladura. Si cualquier porción de la abolladura está a una distancia de una soldadura menor al 5% del diámetro del cuerpo, la abolladura deberá ser tratada como una abolladura en una soldadura, como se muestra en (b) a continuación.

b. Abolladuras en soldaduras

c. Abolladuras en cabezales



INTI

Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial



Suma valor
a un país de ideas



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación



3) Abultamientos

Cuando se encuentren abultamientos que excedan los límites establecidos a continuación, el recipiente deberá ser removido del servicio hasta que los abultamientos sean reparados por un poseedor de estampe "R", o sea realizada una evaluación de aptitud para el servicio. El recipiente también puede ser retirado permanentemente de servicio

a. Abultamientos en cuerpos

Si se sospecha que exista un abultamiento,

se deberá Medir la circunferencia en la ubicación supuesta y en varios otros lugares alejados del lugar sospechoso.

La variación entre mediciones no deberá exceder el 1%.

b. Abultamientos en cabezales



4) Cortes o ranuras

Cuando un corte o ranura excede el 25% del espesor del recipiente, el recipiente deberá ser removido del servicio hasta que sea reparado por un poseedor de estampe "R", o sea realizada una evaluación de aptitud para el servicio. El recipiente también puede ser retirado permanentemente de servicio



INTI

Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial



Suma valor
a un país de ideas



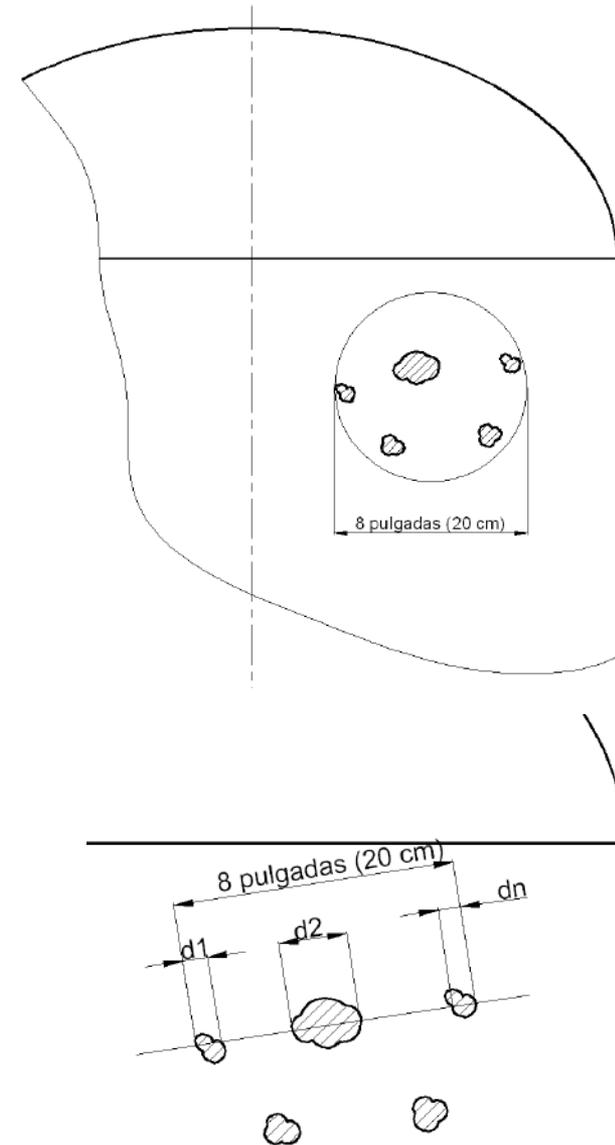
Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación



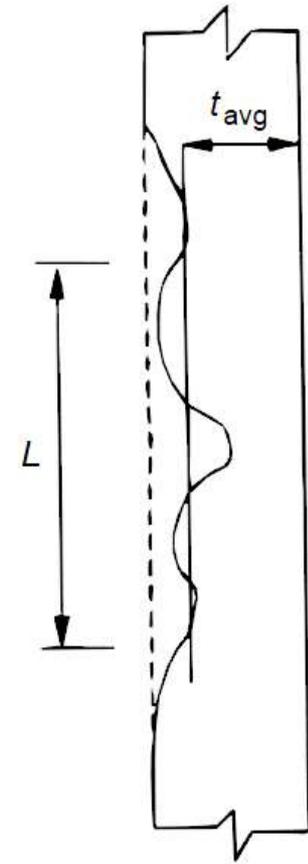
5) Corrosión

a. Para corrosión en línea de líquido o en rendija, la profundidad de la corrosión no deberá exceder el 25% del espesor original de pared.

b. Las picaduras aisladas pueden ser ignoradas siempre que su profundidad no sea mayor que el 50% del espesor de pared requerido (sin considerar el margen por corrosión), y siempre que el área total de las picaduras no exceda de 45 cm^2 dentro de todo círculo de 8 in. (200 mm) de diámetro, y siempre que la suma de las dimensiones de las picaduras en toda línea recta no exceda de 2 in. (50 mm)



c) Para un área corroída de tamaño considerable , el espesor a lo largo del plano más crítico de dicha área puede ser promediado en una longitud que no exceda de 10 in. (250 mm). El espesor en el punto más delgado no deberá ser inferior a 75% del espesor de pared requerido.



Cuando se determina que la corrosión excede los límites establecidos en este párrafo, el recipiente a presión deberá ser removido del servicio hasta que sea reparadas por un poseedor de estampe "R", sea realizada una evaluación de aptitud para el servicio, o el recipiente sea retirado permanentemente del servicio.



INTI

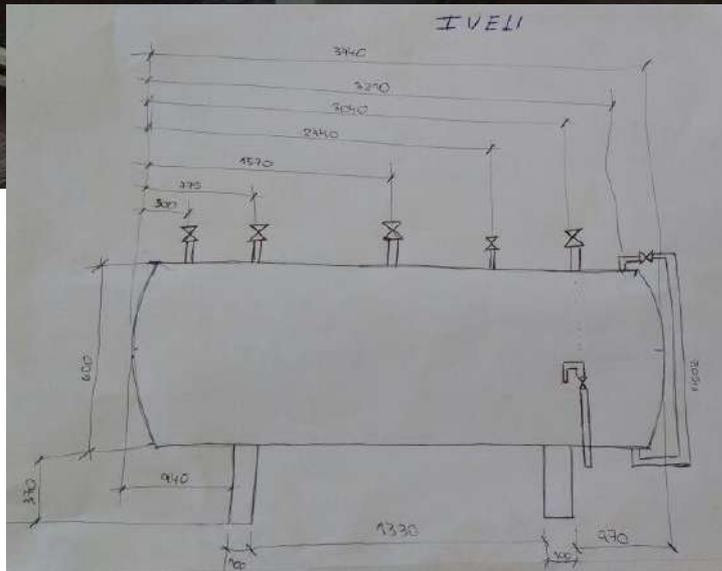
Instituto Nacional de Tecnología Industrial



Suma valor a un país de ideas



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación



¡Muchas gracias!

Suma valor
a un país de ideas



Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación



INTI

Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial



Suma valor
a un país de ideas



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación



En función de lo anterior y, que según el relevamiento de la información suministrada por el fabricante del recipiente, la cual indica que el mismo ha sido fabricado con el material SA516 gr.70 cuya resistencia a la rotura es 485 MPa, estamos en presencia de un recipiente que puede ser susceptible al deterioro por corrosión bajo tensión. Por lo tanto se recomienda para futuras inspecciones realizar una inspección visual interna y ensayos de partículas magnetizables en las zonas de mayores tensiones y en las zonas afectadas térmicamente en caso de ser factible el ingreso. O bien reemplazar estas inspecciones por un ensayo de emisión acústica.

verrrr si va



b. Abolladuras en soldaduras

El diámetro promedio máximo de la abolladura en soldaduras (es decir, parte de la deformación incluye una soldadura) no deberá exceder el 10% del diámetro del cuerpo. La profundidad máxima no deberá exceder el 5% del diámetro medio de la abolladura.



c. Abolladuras en cabezales

El diámetro promedio máximo de la abolladura en los cabezales no deberá exceder el 10% del diámetro del cuerpo. La profundidad máxima no deberá exceder el 5% del diámetro medio de la abolladura. Puede ser requerido el uso de una plantilla para medir abolladuras en cabezales.



b. Abultamientos en cabezales

El radio de curvatura no deberá exceder 1,25 % del diámetro para la forma especificada del cabezal

b. Abultamientos en cabezales

Si se sospecha que exista un abultamiento, se deberá medir el radio de curvatura usando plantillas. En cualquier punto, el radio de curvatura no deberá exceder 1,25 % del diámetro para la forma especificada del cabezal