

74



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**PRUEBA HIDROSTATICA A UN TANQUE  
HORIZONTAL TIPO SEMI-REMOLQUE.**

**TRABAJO DE SEMINARIO  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A :  
JUAN JESUS PEREZ PEREZ**

280609

**ASESOR: ING. ENRIQUE CORTES GONZALEZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN  
PRESENTE.



AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautilán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Diseño y manufactura asistido por computadora.

Prueba hidrostática a un tanque horizontal tipo semi-remolque.

que presenta el pasante: Juan Jesus Pérez Pérez

con número de cuenta: 8429888-5 para obtener el Título de:

Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de México, a 8 de Mayo de 2000.

MODULO:

análisis y diseño de elementos de máquinas  
asistido por computadora.  
ibujo asistido por computadora.  
ogranación y manejo de máquinas de control  
mérico computalizado.

PROFESOR:

M. en I. Felipe Diaz del Castillo Rodríguez  
Ing. Enrique Cortés González.  
Ing. Eusebio Reyes Carranza.

FIRMA:

[Firma]  
[Firma]  
[Firma]

In memoriam

A Memo a mi Abuelo y a mi tía Petra.

A todas las personas que han compartido  
un momento y alguna ilusión de su vida conmigo.  
Gracias por sus palabras y compañía.

A todos mis compañeros de trabajo y de estudios  
porque en su momento todos me han ayudado  
a superarme y desarrollarme profesionalmente.

Gracias a S.J. por todo lo que me has ayudado

A Pedro y Rodrigo  
por el gusto y orgullo de  
que sean como son  
y aparte sean mis hermanos  
(gracias por "gori" y "el panda")

---

Para las tres mujeres mas importantes de mi vida  
por su ejemplo, cariño y comprensión  
Esther, Rosa y Josefina.

Por ultimo pero no por ser los últimos,  
sino que son lo más importante en mi  
vida, por su infinita paciencia y amor  
a mi Mamá que siempre se ha preocupado  
por mí, que me ha dado mas cariño que  
el que yo le pueda tener. A mi Papá porque  
mas que con palabras con su ejemplo de  
toda su vida me ha dado la mejor de las lecciones  
y el modelo de lo que quiere ser en la vida.

## INDICE

<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>CAPITULO I</b> Requisitos para practicar pruebas hidrostática.	2
1.1. Reglamento y Norma Oficial Mexicana relativa a condiciones de seguridad e higiene para el funcionamiento de recipientes sujetos a presión y generadores de vapor.	3
1.2. Requisitos para realizar prueba hidrostática a un recipiente sujeto a presión.	7
1.3. Pruebas destructivas y no destructivas.	8
<b>CAPITULO II</b> Memoria de Cálculo del Recipiente Sujeto a Presión.	39
2.1. Recipientes Criogénicos.	40
2.2. Cálculo de espesor.	43
2.2.1. Tapa toriesferica.	
2.2.2. Cuerpo cilíndrico.	
2.3. Cálculo de presión máxima permisible.	45

2.3.1. Tapa torisférica.

2.3.2. Cuerpo cilíndrico.

2.4. Cálculo de la válvula de seguridad. 47

2.4.1. Cálculo de U

2.4.2. Cálculo de área

2.5. Cálculo de flujo. 50

2.6. Cálculo del área de la válvula de seguridad. 51

**CAPITULO III Prueba hidrostática al recipiente sujeto a presión. 53**

3.1. Requerimientos para realizar la prueba de taller. 54

3.2. Preparación del equipo para prueba de taller. 56

3.3. Prueba de taller. 59

**CONCLUSIONES. 61**

**BIBLIOGRAFIA. 62**

## **INTRODUCCION**

Debido a la necesidad de seguridad que se debe tener al manejar y/o almacenar, ciertos tipos de fluidos en recipientes es necesario e indispensable que a estos se les practiquen pruebas, de seguridad en su construcción y dispositivos de seguridad, para comprobar su resistencia a la presión del fluido que va a contener.

En este trabajo se desarrollan los cálculos y descripción de la prueba hidrostática de taller sobre la base del código ASME sección VIII. A un tanque cilíndrico horizontal del tipo semi-remolque, que es utilizado para transportar oxígeno líquido, cumpliendo así con esta prueba el requisito que establece la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, para la operación de recipientes sujetos a presión y generadores de vapor.

## **CAPITULO I**

**Requisitos para practicar prueba hidrostática.**

## **CAPITULO I                    Requisitos para practicar prueba hidrostática.**

**1.1 Reglamento y Norma Oficial Mexicana relativa a condiciones de seguridad e higiene para el funcionamiento de recipientes sujetos a presión y generadores de vapor.**

El funcionamiento de recipientes sujetos a presión y generadores de vapor tiene su fundamento sobre la base del Reglamento para la Inspección de los mismos de fecha 29 de Octubre de 1954. En el cual se asienta en el artículo 2º, que le corresponde a la Secretaria del Trabajo y Previsión Social, por conducto de la Dirección General de Previsión Social, vigilar la instalación, la operación y el mantenimiento en condiciones de seguridad los generadores de vapor y recipientes sujetos a presión, que se encuentren instalados y de los que en un futuro se instalen en la República Mexicana.

La construcción de generadores de vapor y recipientes sujetos a presión, que se lleve a cabo dentro del territorio nacional, será vigilada exclusivamente y en la misma forma por la Secretaria del Trabajo y Previsión Social.

Todos los recipientes sujetos a presión y generadores de vapor ya sean nuevos o reparados, deberán llevar un sello especial a golpe, que el inspector designado aplicará en todos los casos, levantando el acta respectiva y sin cuyo requisito ningún fabricante o reparador podrá venderlos, en la actualidad, no se aplica el marcar los equipos a golpe; en lugar de esto se extiende una Acta Técnica con el número que se le asigne al equipo el cual debe rotularse en un lugar visible del equipo.

Considerando que con fecha 30 de Julio de 1996, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 46 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaria del Trabajo y Previsión Social presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, el Anteproyecto de la Norma Oficial Mexicana,

y que en esa misma fecha el citado Comité lo consideró correcto y acordó que se publicara en el Diario Oficial de la Federación.

Con fecha 23 de Octubre de 1996, en cumplimiento del acuerdo del Comité y de lo previsto en el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el proyecto de la Norma Oficial Mexicana, a efecto de que dentro de los siguientes 90 días naturales a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral; habiendo recibido comentarios de 27 promoventes, el Comité Consultivo Nacional de Normalización referido procedió a su estudio y resolvió oportunamente sobre los mismos, publicando esta Dependencia las respuestas respectivas en el Diario Oficial de la Federación en 17 de julio de 1997, en cumplimiento a lo previsto por el artículo 47 fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Con fecha 25 de abril de 1997, el Consejo para la Desregulación Económica, en base al artículo 3º, del Acuerdo para la Desregulación de la Actividad Empresarial, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de noviembre de 1995, dictaminó que la presente Norma Oficial Mexicana se apegue a los criterios de desregulación económica asentados en dicho acuerdo.

Que en atención a las anteriores consideraciones y toda vez que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente:

Norma Oficial Mexicana NOM-122-STPS-1996, relativa a las condiciones de Seguridad e Higiene para el funcionamiento de los Recipientes Sujetos a Presión y Generadores de Vapor o Calderas que operen en los centros de trabajo.

La Norma Oficial Mexicana "NOM-122-STPS", relativa a las

condiciones de seguridad e higiene para el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión y generadores de vapor o calderas que Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, publicado en el Diario Oficial de fecha 24 de Noviembre de 1995.

Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos mínimos de seguridad e higiene con que deben contar los recipientes sujetos a presión y los generadores de vapor o calderas que se instalen en los centros de trabajo, así como las características de las inspecciones que se realicen con el fin de vigilar el cumplimiento de esta norma.

Esta Norma Oficial Mexicana se complementa con las siguientes normas:

NOM-001-STPS-1993 Relativas a las condiciones de seguridad e higiene en los edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo.

NOM-002-STPS-1993 Relativas a las condiciones de seguridad para la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.

NOM-005-STPS-1993, Relativas a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles.

NOM-008-STPS-1993, Relativas a las condiciones de seguridad e higiene para la producción almacenamiento y manejo de explosivos en los centros de trabajo.

NOM-009-STPS-1993, Relativas a las condiciones de seguridad e higiene para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas en los centros de trabajo.

NOM-010-STPS-1993, Relativas a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

NOM-012-STPS-1993, Relativas a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, usen, manejen, almacenen o transporten fuentes generadoras o emisoras de radiaciones ionizantes.

NOM-016-STPS-1993, Relativas a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo, referente a ventilación.

NOM-017-STPS-1993, Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.

NOM-022-STPS-1993, Relativas a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo en donde la electricidad estática representa un riesgo.

NOM-024-STPS-1993, Relativas a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen vibraciones.

NOM-028-STPS-1993, Seguridad-Código de colores para la identificación de fluidos conducidos en tuberías.

NOM-114-STPS-1993, Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo.

NOM-001-SEMP-1994, Instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica.

## **1.2 Requisitos para realizar prueba hidrostática a un recipiente sujeto a presión.**

Es obligación de la empresa y/o el patrón tener autorizados por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, los equipos así como conservar la vigencia de autorización de funcionamiento durante la vida útil de los equipos. Manifiestar a la Dirección General de Seguridad e Higiene en el Trabajo o a la Delegación correspondiente por escrito para en el caso de que pretenda realizar pruebas alternativas a los equipos, en sustitución de la prueba hidrostática o hidrostática-neumática, en los términos de lo dispuesto por el artículo 8º del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, anexando en idioma español, la justificación técnica y la metodología para su desarrollo. Dicha prueba debe contener los criterios de aceptación/rechazo, de acuerdo al código de diseño del equipo o su equivalente.

Contar con el personal capacitado para la operación y mantenimiento de los equipos.

Elaborar y establecer por escrito un manual de seguridad e higiene para la operación y mantenimiento de los equipos, sus accesorios y dispositivos. El manual debe contener medidas de seguridad durante el arranque, operación, paro, y para el mantenimiento de los equipos, dispositivos, accesorios y equipos auxiliares, así como los procedimientos para el control y manejo en situaciones de emergencia y retorno a condiciones normales.

Dar aviso a la Dirección o a la Delegación correspondiente cuando se pretenda modificar la instalación o las condiciones de operación de los equipos, de acuerdo al artículo 33 del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, y conservar el registro por cada equipo o grupos de ellos interconectados, conforme al artículo 37 del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.

### 1.3 Pruebas destructivas y no destructivas.

Los métodos de prueba e inspección pueden ser o no destructivos del objeto que se examina y, por lo tanto, las pruebas se subdividen por lo común en dos áreas principales: pruebas destructivas y no destructivas. Las pruebas también se clasifican como pruebas físicas, químicas o mecánicas.

Las pruebas físicas incluyen la medición de cantidades como peso específico, y propiedades eléctricas y magnéticas, térmicas y ópticas.

Estas pruebas se realizan por lo general en laboratorios científicos, en lugar de laboratorios de ingeniería.

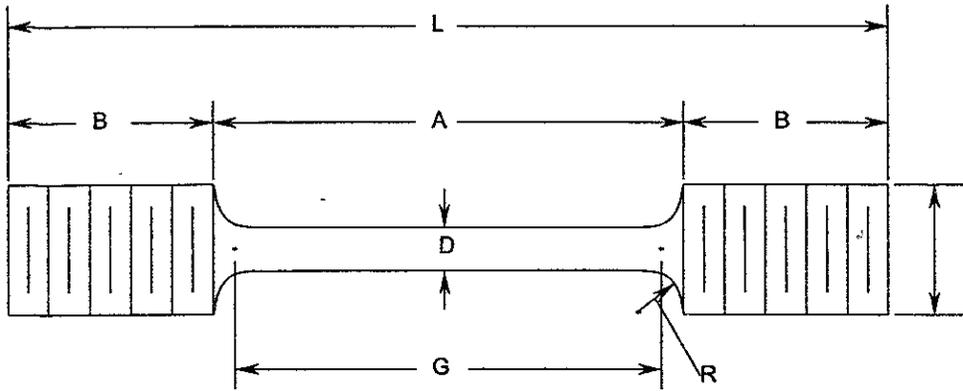
Las pruebas químicas, por las cuales se determinan las propiedades químicas, se encuentran en los dominios del científico más bien que en los del ingeniero.

Las pruebas mecánicas que realizan con más frecuencia en los laboratorios de ingeniería, incluyen la medición de propiedades como dureza, resistencia y tenacidad. Estas pruebas requieren equipo y técnicas especiales. A continuación se mencionan las pruebas mecánicas más características.

#### PRUEBAS DE TENSION.

La prueba de tensión es la de más amplio uso en las pruebas mecánicas. La muestra redonda común para la prueba a la tensión se muestra en la figura 1. Su diámetro ya sea  $12.5 \pm 0.25$  mm (SI), o  $0.500 \pm 0.010$  in (Inglés) con longitudes de calibre respectivas de  $50.00 \pm 0.10$  mm o  $2.000 \pm 0.005$  in. En la figura 1 se dan detalles dimensionales adicionales.

La muestra se sujeta con firmeza en una máquina en la cual se pueden aplicar cargas alineadas con el eje de la muestra. Si es necesario, se pueden fijar a ella un extensómetro para medir los cambios en longitud. Conforme la muestra se alarga lentamente, las mediciones simultáneas de la carga aplicada y la longitud se anotan ya sea en forma manual o se registran en forma automática. Es conveniente convertir las cargas en cargas unitarias o esfuerzos, y los cambios en longitud en cambios unitarios en longitud o deformaciones. Los esfuerzos se calculan por la división de la carga entre el área de sección transversal sobre el cual actúa la carga. Las deformaciones se encuentran por la división del cambio en longitud por la longitud calibrada, esto es, entre la longitud original de la muestra. Las relaciones esfuerzo-deformación determinadas en esta forma pueden aplicarse a muestras y miembros estructurales cuyas dimensiones difieren de las de la muestra de prueba. La prueba se completa cuando la muestra finalmente se rompe.



	mm	in
A, longitud con sección reducida	60	$2\frac{1}{4}$
B, longitud con sección de extremo, aproximada	35	$1\frac{3}{8}$
C, diámetro del extremo de sección	20	$\frac{3}{4}$
D, diámetro en el centro	$12.5 \pm 0.25$	$0.500 \pm 0.0$
la sección reducida puede conificarse de los extremos hacia el centro no más de:	0.10	0.005
G, longitud calibrada	$50.00 \pm 0.10$	$2.000 \pm 0.0$
L, longitud total aproximada	125	5
R, radio de filete, mínimo	10	$\frac{3}{8}$

FIGURA 1

## PRUEBAS DE DUREZA.

Aunque la prueba de dureza no da en forma directa tanta información detallada como la prueba a la tensión, es tan rápida y conveniente que tiene un uso más amplio. Por lo común, la dureza se define como la resistencia de un material a la penetración. En las pruebas más aceptadas, se oprime un indentador en la superficie del material con una carga conocida aplicada lentamente y la extensión de la impresión resultante se mide en forma mecánica u óptica. Una impresión grande hecha por un indentador con una carga dada indica un material suave, y lo opuesto es cierto para una impresión pequeña.

Las pruebas de dureza más comunes pueden clasificarse como pruebas de macro o microdureza las pruebas de macrodureza permiten escrutar un área grande aceptable de la superficie y sus impresiones pueden observarse a simple vista. Las impresiones de las pruebas de micro dureza son muy pequeñas, de modo que se requiere un microscopio para verlas.

El probador de dureza Brinell presiona una bola de acero o carburo endurecido con un diámetro de 10 mm contra un metal mediante una carga fija. Se usa una carga de 3000 kg. para probar aleaciones ferrosas y aleaciones de durezas similares. Cuando se prueban latón y aleaciones suaves, se utiliza una carga de 500 kg. El tiempo de carga se especifica entre 10 y 30 segundos, dependiendo de la aleación que se examina. Después se quita la carga se mide el diámetro de la impresión lo más cerca a 0.01 mm, con un microscopio o un rastreador láser para la lectura automática, la dureza, que es en realidad la carga dividida entre el área de impresión, se lee en forma directa mediante tablas para las cuales se han calculado durezas para diversos diámetros de impresión.

La penetración Brille es tan grande que resulta en un efecto promedio y no es tan sensitiva a la rugosidad de la superficie, escama ligera o suciedad como los son las penetraciones Rockwell y las pruebas de microdureza.

Sin embargo, los especímenes deben ser más gruesos, las impresiones sucesivas deben estar mucho más espaciadas y la prueba es destructiva si se aplica a componentes pequeños o especímenes. Los números representativos de dureza Brinell (Bhns) son 425 para hierro fundido blanco (muy duro), 160 para hierro fluido gris y 105 para hierro dulce (muy suave)

Es probable que la prueba de dureza Rockwell sea el método de uso más amplio para pruebas de dureza. Los probadores Rockwell usan penetradores o cargas mucho más pequeños que el probador Brinell. Están disponibles 4 tamaños de bolas duras de 1/16 a 1/2 (pulg.) de diámetro lo mismo que un diamante en forma cónica.

Para probar materiales metálicos por lo común se usa la bola de 1/16 (pulg.) y el penetrador de diamante. El mandril que soporta el penetrador está conectado en forma mecánica a un indicador de carátula que responde al movimiento vertical del penetrador (figura 2).

Ya que los penetradores son pequeños la superficie del espécimen debe estar rectificada, lisa y limpia. El espécimen se coloca en el yunque de la máquina y el penetrador se asienta mediante una carga menor de 10 kg. la carátula indicadora se pone en 0 y entonces se aplica una carga mayor de 60, 100 o 150 kg., forzando el penetrador dentro del espécimen. Después de la remoción de la carga mayor, el espécimen indentador se recupera ligeramente y la profundidad final de penetración se registra en forma directa en la carátula indicadora como un número de dureza. Se usan diversas combinaciones de penetrador y carga mayor y se denotan con una serie de letras.

Las dos escalas de uso más común son la escala Rb y la escala Rc, que corresponden a la bola de 1/16 (pulg.) con la carga mayor de 100 kg. Y el penetrador de diamante con una carga mayor de 150 kg. En general, los materiales muy duros se prueban con el penetrador de diamante.

El acero suave puede tener una lectura Rb de 90; el acero de aleación endurecido puede tener un Rc de 55 y se establece como 90 Rb y 55 Rc.

Las impresiones hechas por el probador Rockwell son mucho más pequeñas que las del penetrador Brinell. Por tanto, la prueba Rockwell no debe usarse en aleaciones no homogéneas como hierro fundido, porque está sujeta a errores por puntos pequeños suaves o duros y por vacíos pequeños. Por otra parte, ya que las impresiones son tan pequeñas, la prueba se considera no destructiva en muchas aplicaciones.

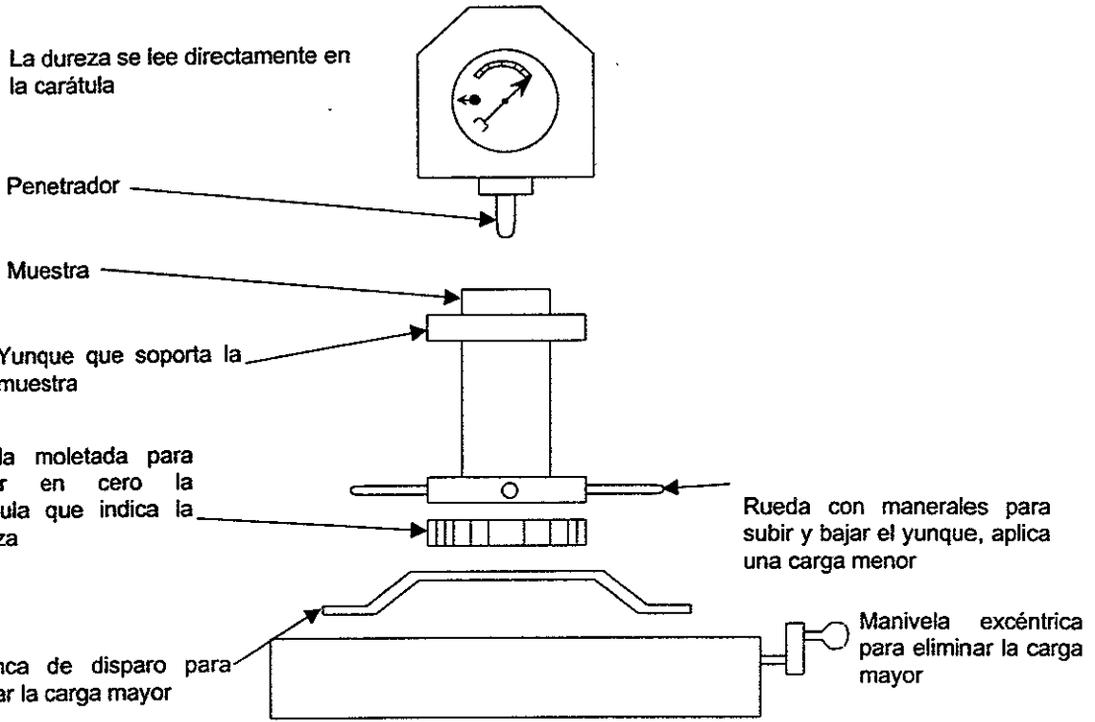


FIGURA 2

## PRUEBAS DE IMPACTO EN BARRA CON MUESCA

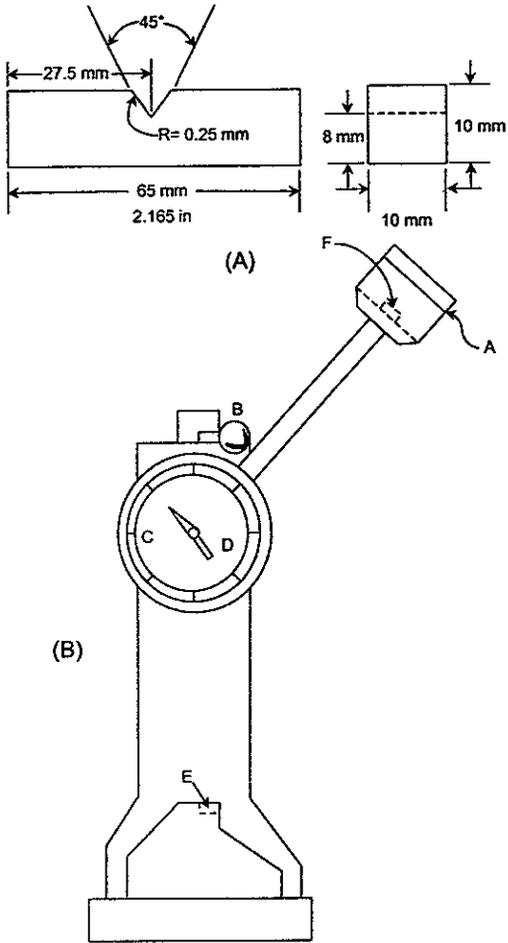
Contra lo que pudiera esperarse por el nombre, la prueba de impacto no proporciona un medio para estudiar la respuesta de materiales a cargas de alta velocidad. Es posible que el resultado obtenido no difiera mucho si las cargas se aplican lentamente, como en la prueba a la tensión. La prueba al impacto de barra con muesca proporciona un modo rápido de aplicar la carga y medir la tenacidad de una barra con muesca, es decir, la capacidad de absorber energía.

Las clases de más uso de pruebas de impacto utilizan especímenes con muesca cargados como vigas. Las vigas pueden cargarse en forma simple (prueba Charpy) o cargarse como cantilevers (prueba Izod). La muesca por lo común es una muesca de forma "V" cortada a especificaciones con un cortador de fresa especial. Sea han usado otros tipos de muesca con escasa aceptación (véase figura 3).

El espécimen se sostiene en un tornillo rígido de mordazas o en un soporte, y recibe un golpe dado por un péndulo que viaja a una velocidad especificada; es decir, 5.3 m/s (17.5 fps). La energía de entrada es una función de la altura de caída y del peso del péndulo. La energía restante después de la fractura se determina mediante la altura de elevación del péndulo y su peso. La diferencia entre la energía de entrada y la energía restante representa la energía absorbida por el espécimen. Las máquinas modernas están equipadas con escalas y manecillas accionadas por el péndulo, las cuales dan lecturas directas de la absorción de la energía (véase figura 3).

La función de la muesca es asegurar que el espécimen se rompa por la carga de impacto a la cual se sujetó. Sin la muesca, muchas aleaciones simplemente se doblan sin romperse y, por tanto, sería imposible determinar su capacidad para absorber energía.

La apariencia de la superficie del espécimen fracturado por el impacto puede correlacionarse con la energía absorbida por una composición dada de espécimen. Las composiciones dúctiles, tenaces, producen fracturas con una apariencia fina, sedosa, y evidencia de deformación causada por la flexión antes de la fractura. Las composiciones frágiles producen una superficie con apariencia cristalina gruesa y no muestra evidencia de deformación por flexión. Por supuesto, hay grados de fragilidad y tenacidad, y la proporción de superficie la cual es gruesa en comparación con la sedosa, muestra las variaciones en propiedades. La transición de fractura dúctil o frágil conforme se baja la temperatura, cuando ocurre dicha transición, puede seguirse por la observación en la apariencia de la fractura.



Muestra para prueba Charpy de impacto; (B) máquina típica para prueba de impacto. A, péndulo; B, manca de liberación y freno; C, manecilla y escala para indicar la energía absorbida; D, brazo impulsor que empuja la manecilla alrededor de la escala; E, yunque en el cual descansa la muestra Charpy; F, pivote.

FIGURA 3

## PRUEBAS DE FATIGA

Es probable que más componentes metálicos fallen por fatiga que por cualquier otra causa mecánica. Por esta razón las pruebas de fatiga y determinación de las propiedades relacionadas con la fatiga son de importancia extrema.

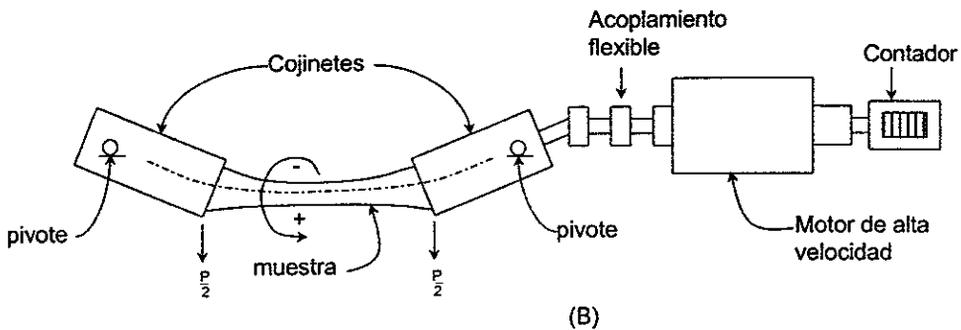
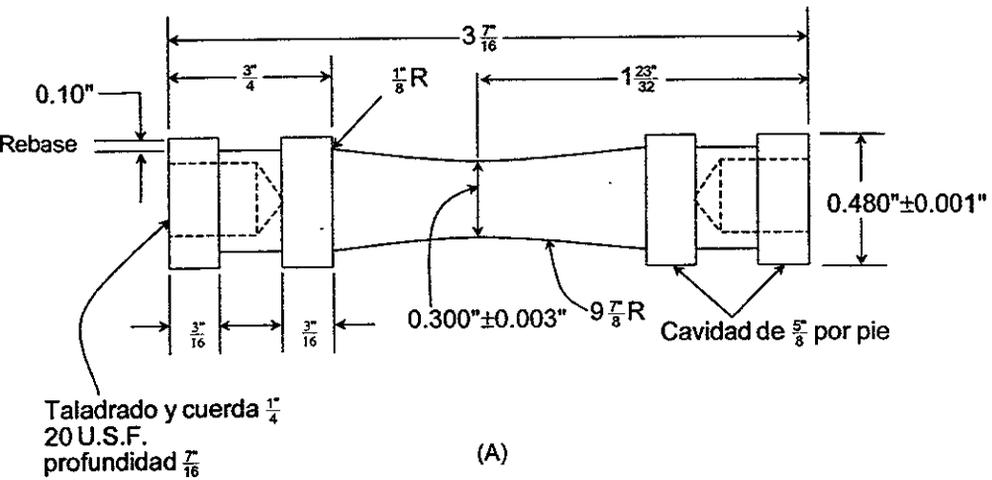
La falla a la fatiga ocurre por la aplicación repetida de pequeñas cargas, las cuales por sí mismas son incapaces de producir deformación plástica que pueda detectarse. Con el tiempo estas cargas hacen que se abra una gran grieta y se propague a través de la pieza. Ocurre la intensificación de los esfuerzos y, por último, resulta una fractura frágil y repentina. Los metales ferrosos y sus aleaciones tienen un valor límite de esfuerzo repetido, el cual puede aplicarse e invertirse para un gran número no definido de ciclos sin que se causen fallas. Este esfuerzo se llama "límite de fatiga". Los metales no ferrosos y sus aleaciones no tienen valores conocidos del esfuerzo límite abajo del cual no ocurrirá falla si el ciclo se repite con frecuencia suficiente.

Las pruebas a la fatiga se llevan a cabo con más frecuencia mediante un espécimen que tiene sección transversal redonda, cargado en dos puntos como una viga simple rotatoria, soportada en sus extremos (véase la fig. 4). La superficie superior del dicho espécimen siempre está en compresión y la superficie inferior está siempre en tensión. El esfuerzo máximo siempre ocurre en la superficie, a la mitad de la longitud del espécimen, donde la sección transversal es un mínimo. Para cada rotación completa del espécimen, un punto en la superficie originalmente arriba del centro pasa en forma alterna de un máximo en compresión a un máximo en tensión y regresa entonces al mismo máximo en compresión.

La falla a la fatiga principia en el punto de esfuerzo más alto. Este punto puede determinarse por la forma de una parte; por ejemplo, por concentración de esfuerzo en una ranura, también puede deberse al

acabado de la superficie, como marcas de herramienta o arañes y por vacíos internos como grietas de enfriamiento en las fundiciones y soldaduras, por defectos introducidos durante el trabajo mecánico y por defectos y esfuerzos introducidos por los recubrimientos electrolíticos.

Debe recordarse que los defectos en la superficie e internos son elevadores de esfuerzos, y el punto del más alto esfuerzo real puede ocurrir en esos elevadores más bien que en la sección transversal mínima de más alto esfuerzo nominal.



(A) Muestra prueba a la fatiga; (B) máquina de R. R. Moore para prueba de fatiga. La distancia entre pivotes es 12 in; entre los puntos de carga y los pivotes más cercanos es de 4 in; la distancia entre los puntos de carga es 4 in. En una media revolución de la muestra, las fibras superiores pasan desde la compresión a una tensión de magnitud igual pero opuesta y las fibras inferiores pasan de la tensión a una compresión de magnitud igual pero opuesta.

FIGURA 4

La mayoría de los métodos de pruebas no destructivas tienen el propósito de detectar defectos internos capaces de causar fallas a la fatiga o a cargas estáticas. Estas pruebas se llevan a cabo en el trabajo en proceso, de modo que puedan rechazarse en forma oportuna las partes defectuosas. Las pruebas también se realizan en componentes usados durante el desensamblado del equipo que ha estado en servicio, con la intención de detectar el inicio de grietas de fatiga o alguna deformación en el material.

Las pruebas destructivas son en las cuales se somete las partes del equipo (materiales de que esta formado) a una prueba de esfuerzo como es la prueba hidrostática por lo cual el material puede sufrir alguna deformación.

La prueba no destructiva se desarrollan por lo general en los centros de trabajo o en el lugar donde se fabrican los equipos (pruebas de taller) y consiste básicamente en comprobar la correcta fabricación de los mismos por medio de pruebas en las que no se someten las partes de los equipos a ningún tipo de esfuerzo, estas pruebas pueden ser:

Rayos X.

Líquidos Penetrantes.

Partículas Magnéticas.

Para la prueba de rayos X

Se establece en el código A.S.M.E. en su sección VIII, sobre recipientes a presión no sometidos a la acción de la llama:

Las secciones de uniones soldadas, cuyas radiografías muestren algunos de los siguientes defectos no serán aceptadas, a no ser que estas zonas sean reparadas en la forma en que se indica en el apartado N 258 de la sección III:

- a) Cualquier tipo de grieta, falta de penetración o fusión.
- b) Inclusiones alargadas, de escoria o tungsteno, cuya longitud sea mayor que:  $\frac{1}{4}$  de pulgada para valores de  $t$  de hasta  $\frac{3}{4}$  de pulgada;  $\frac{1}{3} t$  para  $t$  comprendido entre  $\frac{3}{4}$  y  $2 \frac{1}{4}$  de pulgada;  $\frac{3}{4}$  de pulgada cuando  $t$  sea mayor de  $2 \frac{1}{4}$  de pulgada, siendo  $t$  el espesor de la parte más delgada de la soldadura.
- c) Cualquier grupo de inclusiones alineadas cuya agrupación presente una longitud superior a  $t$ , en una longitud igual a  $12 t$ , excepto cuando la separación entre dos imperfecciones sucesivas exceda el valor de  $6 L$ , siendo  $L$  la longitud del mayor defecto del grupo.
- d) Porosidad, cuando sea superior a la establecida como aceptable en las cartas de porosidad que se dan en los correspondientes anexos y cuyo contenido es el siguiente:

### Cartas de Porosidad

Para la admisión o rechazo de las uniones soldadas sobre materiales ferríticos, austeníticos y los no féreos, cuyas radiografías muestran porosidad, se tendrá en cuenta:

- a) el área total de la porosidad determinada mediante la radiografía no deberá ser superior a  $0,06 t$  pulgadas cuadradas ( $0.4 t \text{ cm}^2$ ) en una longitud total de 6 pulgadas (152 mm), siendo  $t$  el espesor de la soldadura. Como tamaño máximo de los poros el menor de los valores: 20% de  $t$  o  $\frac{1}{8}$  de pulgada (3.1 mm), excepto cuando se trate de un poro aislado o separado del más próximo una distancia igual o superior a 1 pulgada, en cuyo caso su tamaño máximo será 30% de  $t$  o  $\frac{1}{4}$  de pulgada (6,4 mm).

Las imágenes oscuras de forma redondeada u oval serán interpretadas como porosidad a los fines de esta norma.

- b) Las castas de porosidad que se dan en las figuras 5, 6, 7, 8 y 9 muestran diversos tipos de indicaciones de porosidad, variadas, uniformes y dispersas regularmente, Estas cartas representan, para cada espesor, el máximo de porosidad aceptable, y corresponden a radiografías de 6 pulgadas de longitud a tamaño natural y no deberán ser ampliadas o reducidas. La distribución mostrada no es necesariamente la imagen real que puede parecer en la radiografía, sino que es una indicación sobre el número y tamaño de la porosidad admisible.

Cuando la porosidad difiera de forma significativa de la mostrada en las cartas, el número y tamaño de los poros podrán ser determinados y medidos y con estos datos calcular el área total de porosidad.

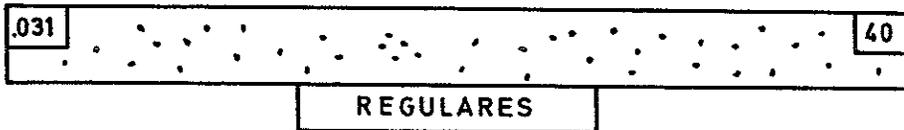
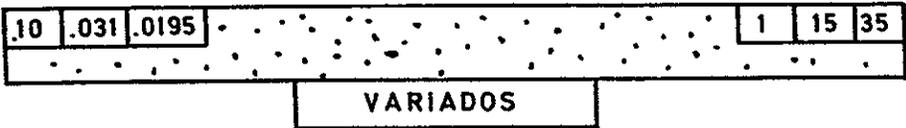
- c) en cualquier unión soldada, cuya longitud sea el menor de los valores 1 pulgada o 2, la porosidad puede agruparse hasta alcanzar una concentración de cuatro veces la admitida por 0,06 t. Esta agrupación de porosidad se deberá incluir en la porosidad de cualquier longitud de soldadura de 6 pulgadas que contengan dicha agrupación
- d) La porosidad alineada se debería aceptar siempre que la suma de los diámetros de los poros no sea mayor que  $t$  en una longitud cuya magnitud sea el menor de los valores 12 t o 6 pulgadas, siempre que cada poro esté separado por una distancia no inferior a 6 veces el diámetro del poro más próximo de mayor tamaño.

Esta porosidad alineada deberá contarse en el área total de porosidad admisible en cualquier longitud de 6 pulgadas de unión soldada.

- e) La porosidad admisible para espesores de unión soldada intermedios a los representados en las cartas, pueden valorarse bien sea por comparación con el material de menor espesor más próximo, o por cálculo de acuerdo con los datos que se dan en la tabla número 1.



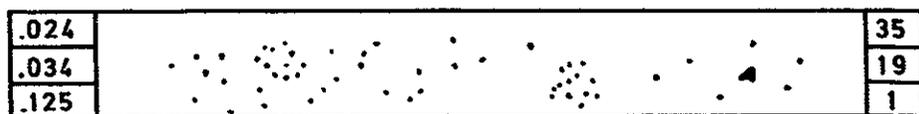
## DIMENSIONES

CARTA DE POROSIDAD  
N° DE POROS

Número y tamaño de los poros permitidos en una longitud de soldadura de 6 Pulg.  
 Carta de porosidad A.S.M.E. espesor de la soldadura ½ Pulg. área de la porosidad  
 admisible = 0.03 Pulg<sup>2</sup>

FIGURA 5

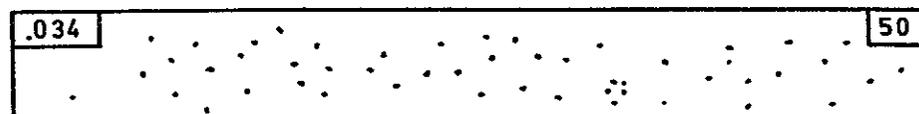
DIMENSION

CARTA DE POROSIDAD  
Nº DE POROS

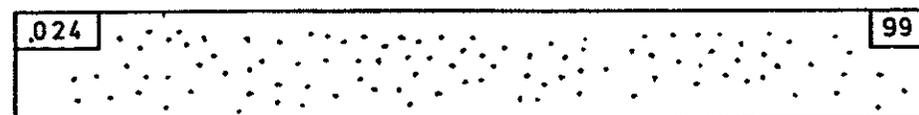
VARIADOS



GRANDES



REGULARES



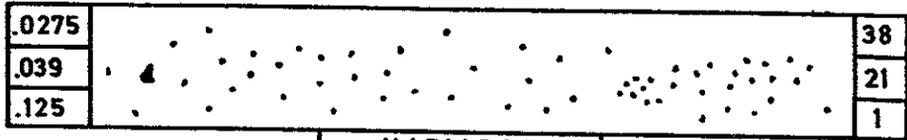
FINOS

Número y tamaño de los poros permitidos en una longitud de soldadura de 6 Pulg.  
 Carta de porosidad A.S.M.E. espesor de la soldadura 3/4 Pulg. área de la porosidad  
 admisible = 0.45 Pulg<sup>2</sup>

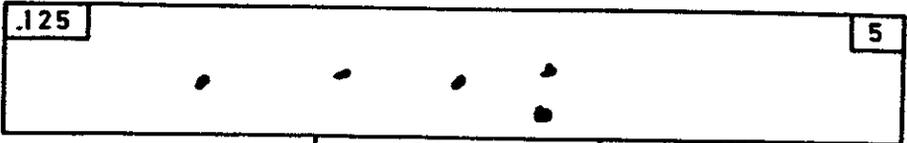
FIGURA 6

DIMENSION

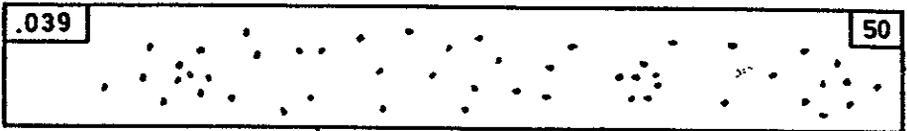
CARTA DE POROSIDAD  
Nº DE POROS



VARIADOS



GRANDES



REGULARES

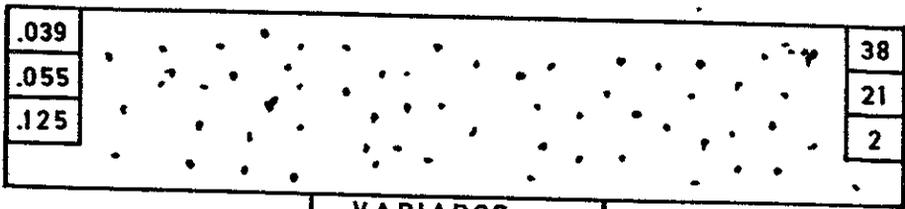


FINOS

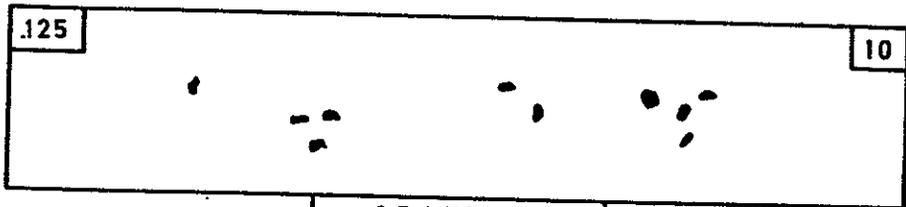
Número y tamaño de los poros permitidos en una longitud de soldadura de 6 Pulg.  
Carta de porosidad A.S.M.E. espesor de la soldadura 1 Pulg. área de la porosidad  
admisible = 0.06 Pulg<sup>2</sup>

FIGURA 7

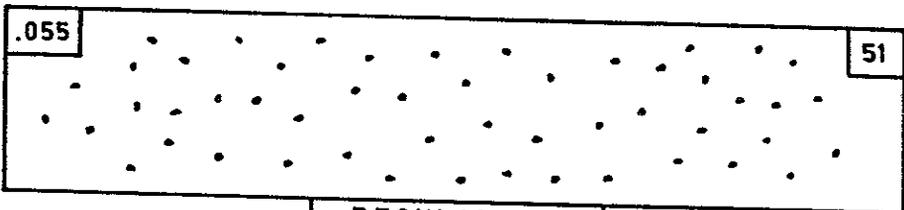
DIMENSION

CARTA DE POROSIDAD  
Nº DE POROS

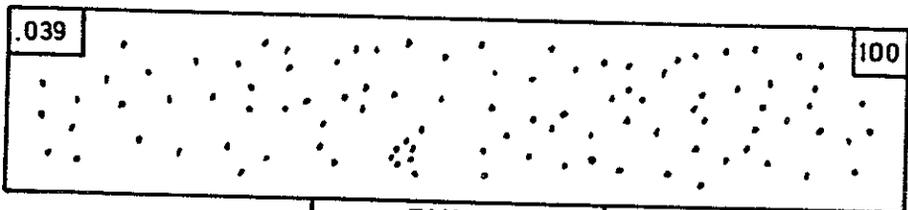
VARIADOS



GRANDES



REGULARES

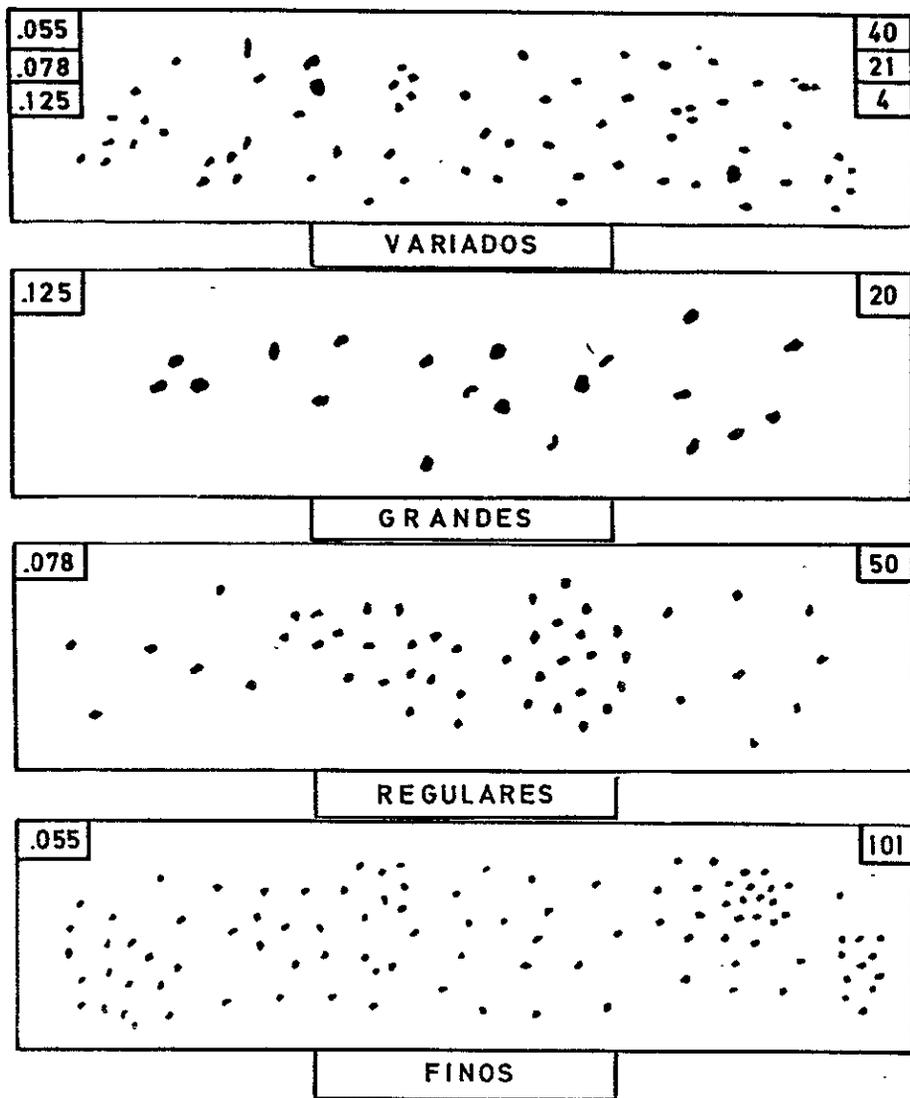


FINOS

Número y tamaño de los poros permitidos en una longitud de soldadura de 6 Pulg.  
 Carta de porosidad A.S.M.E. espesor de la soldadura 2 Pulg. área de la porosidad  
 admisible = 0.12 Pulg<sup>2</sup>

FIGURA 8

DIMENSION

CARTA DE POROSIDAD  
Nº DE POROS

Número y tamaño de los poros permitidos en una longitud de soldadura de 6 Pulg.  
 Carta de porosidad A.S.M.E. espesor de la soldadura 4 Pulg. área de la porosidad  
 admisible = 0.24 Pulg<sup>2</sup>

FIGURA 9

## Líquidos penetrantes

La inspección por líquidos penetrantes es un método específico en la detección de discontinuidades que se encuentran abiertas a la superficie en materiales no porosos. Las discontinuidades típicas detectables por este método son:

Grietas

Laminaciones

Traslapes en frío

Porosidades

En principio el líquido penetrante es aplicado en la superficie de prueba a inspeccionar, éste penetra en las discontinuidades, luego el exceso de penetrante es eliminado. Se seca la superficie y se aplica el revelador.

El revelador funciona como absorbente del penetrante que ha quedado atrapado en las discontinuidades y como superficie de contraste. El tinte en el penetrado puede ser visible o fluorescente (visible bajo el uso de luz negra).

La inspección por líquidos penetrantes debe ser realizada de acuerdo con un procedimiento que debe considerar por lo menos la siguiente información.

- a. El material, forma o tamaño a ser inspeccionado y la longitud de la inspección
- b. Tipo, número o designación si es posible de cada penetrante, removedor, emulsificante y revelador.

c. Detalles del proceso para la aplicación del penetrante, tiempo de penetración y temperatura de la pieza.

d. Detalles del proceso para la prelimpieza y el secado, incluyendo los materiales usados en la limpieza y el tiempo de secado.

Antes de la inspección por penetrantes, la superficie a ser inspeccionada y todas las áreas adyacentes dentro de 1 (pulg.) Deben de estar secas y libres de cualquier material que afecte la inspección. Pueden ser usados agentes típicos de limpieza como detergentes, solventes orgánicos, soluciones descapantes y removedores de pintura. El proceso de limpieza es una parte importante en el proceso de inspección por líquidos penetrantes.

Después de la limpieza, el secado de la superficie a inspeccionar debe ser realizado por evaporación normal o con aire caliente. Un periodo mínimo de tiempo debe ser establecido para asegurar que la solución limpiadora se ha evaporado antes de la aplicación del penetrante.

El penetrante puede ser aplicado por cualquier medio aplicable, por ejemplo: inmersión, brocha o aspersión. Si el penetrante es aplicado por aspersión con aire comprimido al uso de filtros es obligatorio para evitar contaminación con grasa o agua. Después del tiempo de penetración debe ser removido el exceso de penetrante tomando en cuenta no remover penetrante de las discontinuidades.

Penetrantes lavables con agua: El exceso de agua de los penetrantes lavables con agua debe ser removido por aspersión de agua. La presión del agua no debe ser mayor a  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$ .

Penetrantes post-emulsificables: Los penetrantes post-emulsificables deben ser aplicados por aspersión o inmersión. El tiempo de emulsificación es crítico y gobernado por la rugosidad superficial y el tipo de discontinuidad buscada.

No debe exceder de 5 min. A menos que otros tiempos hayan sido calificados para la prueba. Después de la emulsificación. La mezcla debe ser removida por agua usando el mismo proceso que en el penetrante lavable con agua.

Penetrantes removibles con solvente: El exceso de penetrante removible con solvente debe ser removido por absorción con trapo o papel absorbente, repitiendo la operación hasta que la mayoría de los residuos finales sean removidos con un trapo ligeramente humedecido con solvente. Para minimizar la remoción del penetrante en las discontinuidades debe tenerse cuidado de no usar removedor en exceso. El uso del removedor sobre la pieza de manera directa está prohibido.

Secado después de la remoción del penetrante:

- a) Para los penetrantes lavables con agua o post-emulsificables, las superficies pueden ser secadas con aire circulante caliente siempre y cuando las temperaturas no sean mayores a 125°F.
- b) Para removibles con solvente, las superficies pueden secarse con evaporación normal, con un trapo seco o aire forzado.

Revelado: El revelador debe ser aplicado tan pronto como sea posible. El intervalo de tiempo no debe exceder a lo estipulado en el procedimiento. Una aplicación insuficiente de revelador puede no hacer visible las discontinuidades, inversamente una aplicación excesiva del revelador puede enmascarar las indicaciones. Con penetrantes visibles solo debe ser usado revelador húmedo. Con penetrantes fluorescentes puede ser usado revelador húmedo o seco.

Aplicación de revelador seco: El revelador seco debe ser aplicado solo en superficies secas por medio de un cepillo suave, un aplicador en polvo, una pistola u otro medio pero este debe ser aplicado uniformemente.

Aplicación de revelador húmedo: Antes de la aplicación del removedor húmedo tipo suspensión a la superficie de prueba, el revelador debe ser fuertemente agitado para asegurar la adecuada dispersión de las partículas suspendidas.

- a) Aplicación del removedor acuoso. El revelador acuoso puede ser aplicado a superficies húmedas o secas, y debe ser aplicado por inmersión, brocha, aspersión u otros medios que proporcionen una capa delgada y uniforme sobre la superficie de prueba. El tiempo de secado puede ser reducido si se usa aire caliente, siempre que se cumpla el rango de temperatura aceptable.
- b) Aplicación de revelador no-acuoso. Debe ser aplicado solo a superficies secas y por aspersión, excepto cuando por segunda o por acceso no sea posible. Bajo tales condiciones el revelador puede ser aplicado con brocha. El secado debe ser por evaporación normal.

Con penetrantes visibles el revelado forma una capa razonablemente uniforme y blanca.

Las discontinuidades en la superficie son indicadas por el sangrado del penetrante, el cual normalmente es de un rojo intenso sobre el fondo blanco del revelador. Una coloración ligeramente rosa de las indicaciones puede indicar un limpiado en exceso. Una limpieza inadecuada puede dejar un fondo excesivo que haga difícil la interpretación, una adecuada iluminación es requerida para asegurar la sensibilidad durante la inspección y evaluación de las indicaciones.

Con penetrantes fluorescentes el proceso es esencialmente el mismo, con la excepción que la inspección es realizada usando una luz ultravioleta llamada luz negra. La inspección debe ser realizada como sigue:

**Debe ser realizada en un área negra (oscura)**

El técnico debe estar en el área oscura por lo menos 5 minutos, antes de realizar la inspección con la finalidad de adaptar sus ojos a la oscuridad. Si el técnico usa anteojos estos no deben ser fotosensitivos.

La luz negra debe calentarse 5 minutos antes de su uso o medición de la intensidad de la luz emitida.

La luz negra debe ser medida con un medidor de luz negra. Un mínimo de 800 micro w/cm<sup>2</sup> sobre la superficie de prueba. La intensidad debe ser medida por lo menos cada 8 horas. Y siempre que la sección de trabajo sea cambiada.

## Partículas Magnéticas

El método de inspección por partículas magnéticas se utiliza para detectar fallas y discontinuidades en la superficie de materiales ferromagnéticos. La sensibilidad es mayor en la superficie de la discontinuidad y disminuye rápidamente aumentando la profundidad de las discontinuidades. Los tipos de discontinuidades más frecuentes que se pueden detectar por este método son: grietas, traslapos, costuras y laminaciones. Por este método primero se magnetiza el área a inspeccionar y se aplican partículas ferromagnéticas (medio de inspección) a la superficie. Las partículas formarán líneas en la superficie donde las grietas u otras discontinuidades distorsionan el campo magnético normal.

Estas líneas son características de la discontinuidad que se está detectando. Cualquier técnica que se utilice para producir el flujo magnético de una pieza la sensibilidad máxima debe alinear las discontinuidades orientándolas perpendicularmente hacia las líneas de flujo. Para una óptima detección de todos los tipos de discontinuidad cada área deberá,

\*

Inspeccionarse al menos dos veces, colocando en la segunda las líneas de flujo perpendiculares a la primera.

El procedimiento de inspección debe estar basado en la siguiente información:

Los materiales, formas o tamaños a inspeccionar y el alcance de la inspección

Las técnicas de magnetización que se usarán.

El equipo que se utilizará para la magnetización.

Preparación de la superficie (acabado y limpieza).

Tipo de partículas ferromagnéticas que se usarán (fabricante/marca, color, secas ó húmedas).

Corriente magnética (tipo y amperaje).

Desmagnetización.

La inspección debe realizarse por un método continuo, esto es, la corriente magnética debe permanecer mientras se aplica el medio de inspección y mientras es removido el exceso.

Las partículas ferromagnéticas usadas como medio de inspección deben ser secas o húmedas, y fluorescentes o visibles. Deben utilizarse una o más de las siguientes técnicas de magnetización:

Técnica de puntas

Técnica de magnetización longitudinal

Técnica de magnetización circular

Técnica de yugo

Técnica de magnetización multi-direccional

Preparación de la superficie

Generalmente se obtienen buenos resultados cuando las superficies están soldadas, roladas, fundidas, o forjadas. Sin embargo, la preparación de la superficie por esmerilado o maquinado será necesaria donde las irregularidades de la superficie puedan ocultar indicaciones producidas por discontinuidades.

Antes de la inspección con partículas magnéticas la superficie a inspeccionar y todas las áreas adyacentes mínimo con 1"(25 mm). Debe estar secas y libres de grasa, polvo, soldadura aceite u otra materia extraña que pueda interferir en la inspección. La limpieza debe hacerse usando detergentes, solventes orgánicos, removedores de pintura, desengrasante a vapor o métodos ultrasónicos de limpieza.

Método de inspección: Para la división excelente de las partículas ferromagnéticas usadas en la inspección deben conocerse los siguientes requerimientos:

Partículas secas.- Si se van a usar partículas secas, el color de las partículas debe darnos un contraste adecuado cuando empecemos a examinar la superficie. La inspección por partículas magnéticas no debe realizarse si la temperatura en la superficie de la pieza excede los 600 °F (316 °C).

Partículas húmedas.- Si se van a utilizar partículas húmedas, el color de las partículas deben darnos un contraste adecuado cuando se esté inspeccionando. Las partículas deben ser suspendibles en un medio líquido

favorable. La temperatura de la suspensión de partículas húmedas de la superficie de la pieza no debe exceder los 135 °F (57 °C).

**Partículas fluorescentes.-** Si se van a utilizar partículas fluorescentes, la inspección debe realizarse con una luz ultravioleta (llamada también luz negra). La inspección debe cubrir los siguientes aspectos:

La inspección debe realizarse en cuarto oscuro.

El operador debe permanecer en el cuarto al menos 5 minutos antes de la inspección para que sus ojos se adapten a la oscuridad y si utiliza anteojos estos deben ser fotosensitivos.

La luz negra debe ser calentada por lo menos 5 minutos. antes de la inspección.

La intensidad de la luz negra debe chequearse al menos cada 8 horas o cuando la situación de trabajo cambie, usando un medidor que sea sensible a la luz en el espectro ultravioleta

Se requiere un mínimo de 800 w/cm<sup>2</sup> en la superficie de la pieza bajo inspección.

## **CAPITULO II**

### **Memoria de Cálculo del Recipiente Sujeto a Presión.**

## **CAPITULO II Memoria de Cálculo del Recipiente Sujeto a Presión.**

### **2.1 Recipientes Criogénicos.**

Se entiende por recipiente sujeto a presión a un aparato construido para operar con fluidos a presión diferente a la atmosférica, proviniendo ésta de fuente externa o mediante la aplicación de calor desde una fuente directa, indirecta o cualquier combinación de éstas.

Se les llama recipiente sujeto a presión para líquidos criogénicos a los equipos que contienen oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, argón, helio, bióxido de carbono y oxido nitroso, que por efecto combinado de la presión y la temperatura se encuentran en estado líquido.

Por sus características de instalación temporal o fija y de servicio, la autorización de funcionamiento se sujetará a lo siguiente:

1.-Para la autorización de funcionamiento, continuidad de la vigencia y bajas se debe cumplir con el punto 6 de la presente Norma.

2.-en caso de cambiar la ubicación del recipiente o instalarse en otro centro de trabajo, el patrón notificará a la Dirección o a la Delegación correspondiente a fin de que se practique la inspección extraordinaria al recipiente, indicando el número de control del recipiente. Si ésta es favorable, el acta levantada tendrá efectos para acreditar la continuidad de la vigencia de la autorización de funcionamiento.

3.-El patrón usuario del equipo deberá tener por cada recipiente:

-Copia de la autorización de funcionamiento.

-Croquis de ubicación del recipiente.

-Copia de la última acta de inspección del recipiente.

4.-El patrón avisará a la Dirección o a la Delegación correspondiente acerca de la reubicación o cambio de las condiciones de operación de los equipos.

5.-Si la nueva condición de presión de operación es superior a la autorizada, se deberá solicitar a la Dirección o a la Delegación correspondiente la continuidad de la vigencia de autorización de funcionamiento.

6.-Inspección.

Los recipientes criogénicos deberán cumplir con las condiciones de seguridad de esta Norma. Cuando se realice como prueba alternativa la hidrostática-neumática, se aplicarán los siguientes criterios:

-Para los recipientes servicio de gas (mayores de  $4 \text{ kg/cm}^2$ ), la presión de prueba debe de ser igual a la presión de diseño.

-Para los recipientes en servicio de líquido (hasta  $4 \text{ kg/cm}^2$ ), la válvula de seguridad debe estar calibrada hasta un 50% arriba de la presión de operación y la presión de prueba debe ser igual a la presión de calibración.

De operación

-Comprobar el funcionamiento de dispositivos de seguridad, mediante una prueba de banco en el centro de trabajo donde este ubicado el recipiente.

-Las estructuras soporte de los recipientes deben ser construidas para resistir los esfuerzos transmitidos a ellas por cargas o expansiones de los equipos mencionados. Cuando estas estructuras soporte se encuentren expuestas a la

radiación o conducción de calor, deben protegerse para que no sean afectadas por las temperaturas que se originen y se hará una prueba de método de inspección superficial de partículas o de líquidos penetrantes.

Para efectos de la Norma Oficial Mexicana, los equipos que cuenten al menos con una de las características citadas a continuación en este punto, quedan exceptuados del trámite de autorización de funcionamiento por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social:

- Los recipientes sujetos a presión con un diámetro interior menor a 152 mm.
- Que contengan agua con temperatura inferior a 70 °C, y un volumen menor a 450 litros.
- Los interenfriadores de compresores y carcazas de bombas.
- Recipientes a presión, los cuales son partes integrales o componentes de dispositivos mecánicos de rotación o reciprocantes, tales como bombas, compresores, turbinas, generadores, cilindros hidráulicos o neumáticos y máquinas en general.
- Los que trabajan con agua o aire a una presión menor de 5 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Los recipientes sujetos a presión para líquidos criogénicos con diámetro interior menor a 1000 mm y con una capacidad menor a los 1000 litros.

## MEMORIA DE CALCULOS

## 2.2 CALCULO DE ESPESOR (CODIGO ASME SECCION VIII).

## 2.2.1. TAPA TORIESFERICA:

$$P = \text{PRESION DE DISEÑO} = 3.16 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = \text{RADIO DE CORONA INTERIOR} = 149.86 \text{ cm}$$

$$S = \text{ESFUERZO PERMISIBLE} = 1322.08 \text{ kg/cm}^2$$

$$R = \text{RADIO DE NUDILLOS INTERIOR} = 14.6 \text{ cm}$$

$$E = \text{EFICIENCIA} = 1$$

$$M = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{L}{R}} \right)$$

$$M = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{149.86}{14.6}} \right) = 1.551$$

$$T = \frac{PML}{2SE - 0.2P}$$

$$t = \frac{(3.16)(149.86)(1.551)}{2(1322.08)(1) - 0.2(3.16)} = 0.278 \text{ cm} = 2.78 \text{ mm}$$

ESPESOR USADO = 4.76 mm

### 2.2.2. CUERPO CILINDRICO:

P = PRESION DE DISEÑO = 3.16 kg/cm<sup>2</sup>

R = RADIO INTERIOR = 94.0 cm

S = ESFUERZO PERMISIBLE = 1322.08 kg/cm<sup>2</sup>

E = EFICIENCIA = 1

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

$$t = \frac{(3.16)(94)}{(1322.08)(1) - 0.6(3.16)} = 0.225 \text{ cm} = 2.25 \text{ mm.}$$

ESPESOR USADO 3.17 mm.

## 2.3. CALCULO DE PRESION MAXIMA PERMISIBLE.

### 2.3.1. TAPA TORIESFERICA:

$$S = \text{ESFUERZO PERMISIBLE} = 1322.08 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = \text{EFICIENCIA} = 1$$

$$L = \text{RADIO DE CORONA INTERIOR} = 149.86 \text{ cm}$$

$$M = \text{FACTOR} = 1.551$$

$$t = \text{ESPESOR USADO} = 0.476 \text{ cm}$$

$$P = \frac{2SEt}{LM + 0.2t}$$

$$P = \frac{2(1322.08)(1)(0.476)}{(149.86)(1.551) + 0.2(0.476)} = 5.41 \text{ kg/cm}^2$$

### 2.3.2. CUERPO CILINDRICO:

S = ESFUERZO PERMISIBLE = 1322.08 kg/cm<sup>2</sup>

E = EFICIENCIA = 1

R = RADIO INTERIOR = 94.0 cm

t = ESPESOR USADO = .3175 cm

$$P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$$

$$P = \frac{(1322.08)(1)(0.3175)}{(94) + 0.6(0.3175)} = 4.46 \text{ kg/cm}^2$$

CHAQUETA.

NO ES PARTE SOMETIDA A PRESION INTERNA, SOLO CONTENEDOR DE AISLAMIENTO PARA REDUCIR LA TRANSFERENCIA TERMICA.

## 2.4. CALCULO DE VALVULA DE SEGURIDAD

( FLUIDO DE OPERACIÓN: OXIGENO LIQUIDO.)

CALCULO DE Gi:

T = TEMPERATURA DE FLUJO DE LIQUIDO = -163 °C  
A 3.16 kg/cm<sup>2</sup> man

Z = FACTOR DE COMPRESIBILIDAD = 1

T = TEMPERATURA ABSOLUTA DE LIQUIDO = -163 °C +273.0=110  
A 3.16 kg/cm<sup>2</sup> man

M = PESO MOLECULAR ( O<sub>2</sub> ) = 32 mol

L = CALOR LATENTE DE VAPORIZACION DE O<sub>2</sub> LIQ. A 3.16 kg/cm<sup>2</sup> = 46.82  $\frac{Kcal}{Kg}$

C = CONSTANTE DE GAS = 356

$$Gi = \frac{0.1024(649)-t}{LC} \sqrt{\frac{ZT}{M}}$$

$$Gi = \frac{0.1024(649)-(-163)}{(46.82)(356)} \sqrt{\frac{(1)(110)}{(32)}}$$

$$Gi = 0.00925$$

## 2.4.1. CALCULO DE U:

$$\text{CONDUCTIVIDAD TERMICA} = 1.45 \frac{\text{Kcal-m}}{\text{Hr}^\circ\text{Cm}^2}$$

$$\text{ESPESOR DE AISLAMIENTO} = 119.82 \text{ mm. (0.11982 mt.)}$$

$$U = \frac{\text{Conductividad termica}}{\text{Espesor aislamiento}}$$

$$U = \frac{1.45 \frac{\text{Kcal - m}}{\text{Hr}^\circ\text{Cm}^2}}{0.11982 \text{ m.}}$$

$$U = 12.101 \frac{\text{Kcal}}{\text{Hr}^\circ\text{Cm}^2}$$

### 2.4.2. CALCULO DE AREA:

$A_1$ , = AREA DE LAS TAPAS

$D_c$  = DIAMETRO DEL COMAL DE TAPAS

$R$  = RADIO INTERIOR DE NUDILLOS = 14.6 cm. = 0.146 m.

$d_e$  = DIAMETRO EXTERIOR DE LA TAPA = 188.952 cm. = 1.889 m

$SF$  = SECCION RECTA DE TAPAS = 3.81 cm. = 0.0381 m.

EN DONDE:

$$A_1 = \left( \frac{\pi D_c^2}{4} \right) 2$$

$$D_c = \left( d_e + \frac{d_e}{24} + \frac{2r}{3} + 2SF \right)$$

$$D_c = \left( 1.88952 + \frac{1.88952}{24} + \frac{2(.146)}{3} + 2(0.0381) \right)$$

$$D_c = 2.142 \text{ m.}$$

$$A_1 = \left( \frac{\pi(2.142)^2}{4} \right) 2 = 7.207 \text{ m}^2$$

$A_2 = \text{AREA DEL CILINDRO}$

$De = \text{DIAMETRO EXTERIOR} = 188.635 \text{ cm.} = 1.8863 \text{ m.}$   
 DEL CILINDRO

$L = \text{LONGITUD DEL CILINDRO} = 807.72 \text{ cm.} = 8.0772 \text{ m.}$

EN DONDE:

$$A_2 = \pi DeL$$

$$A_2 = \pi (1.88635)(8.0772) = 47.867 \text{ m}^2$$

$$\text{AREA TOTAL} = A_1 + A_2$$

$$\text{AREA TOTAL} = 7.207 + 47.867 = 55.074 \text{ m}^2$$

## 2.5. CALCULO DEL FLUJO:

$$Gi = 0.00925$$

$$Qa = Gi U A^{0.82}$$

$$U = 12.101 \text{ Kcal/Hr } ^\circ\text{C m}^2$$

$$Qa = (0.00925) (12.101) (55.074)^{0.82}$$

$$A = 55.074 \text{ m}^2$$

$$Qa = 2.996 \text{ m}^3/\text{min.}$$

## 2.6. CALCULO DEL AREA DE LA VALVULA DE SEGURIDAD:

$$W_c = Q_a = 2.996 \text{ m}^3/\text{min.}$$

$$\text{PESO MOLECULAR} = 32 \text{ mol}$$

$$T = \text{TEMPERATURA ABSOLUTA} = 110 \text{ }^\circ\text{K.}$$

$$Z = \text{FACTOR DE COMPRESIBILIDAD} = 1$$

$$C = \text{CONSTANTE DEL GAS} = 356$$

$$K_d = \text{COEFICIENTE DE DESCARGA} = 0.91 \text{ P/VALVULA REYCO}$$

$$P = (3.16)(1.1) + 1.03 = 4.505 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_p = \text{FACTOR DE CORRECCION} = 1$$

EN DONDE:

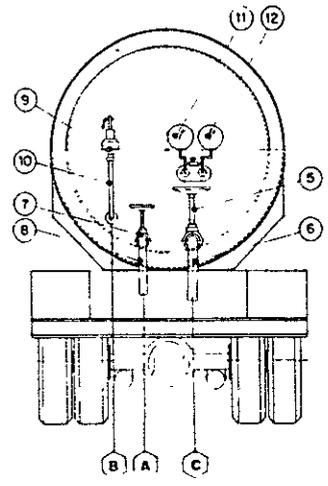
$$A = \frac{W_c \sqrt{M T Z}}{0.2938 C K_d P F_p}$$

$$A = \frac{(2.996) \sqrt{(32)(110)(1)}}{0.2938(356)(0.91)(4.506)(1)} = 0.414 \text{ cm}^2$$

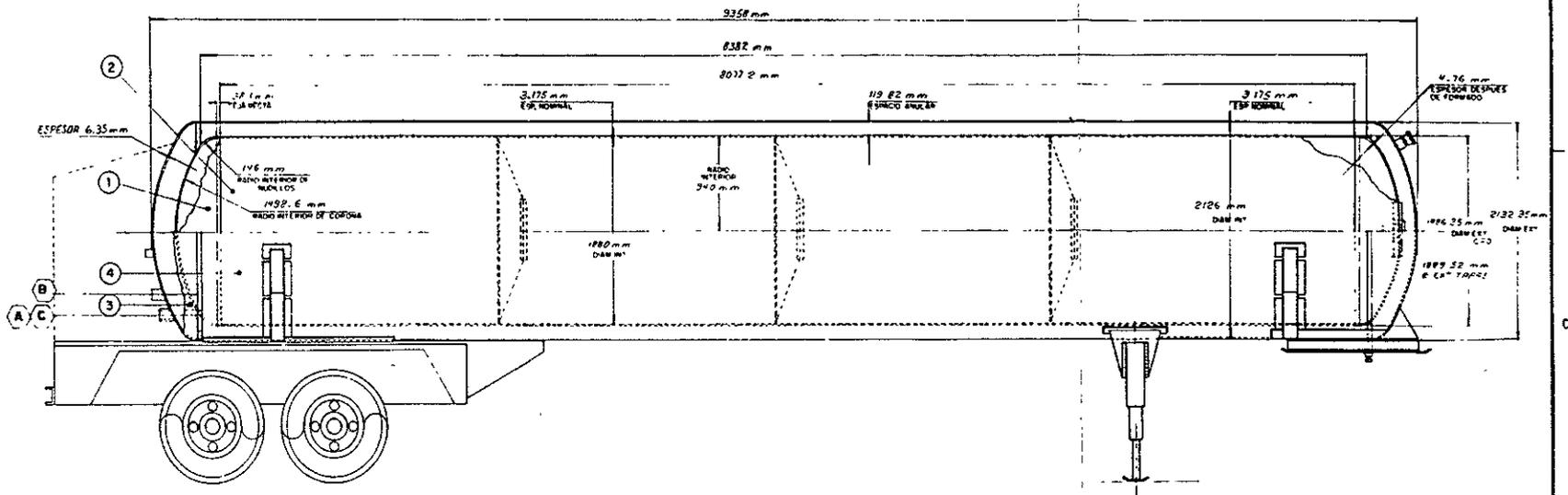
$$\text{AREA REQUERIDA} = .414 \text{ cm}^2 = 41.4 \text{ mm}^2$$

DIAMETRO DE VALVULA DE SEGURIDAD USADA = 50.8 mm<sup>2</sup>.

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO 0415	
VOLUMEN NOMINAL	27,920 m <sup>3</sup>
PRESIÓN DE DISEÑO	2.16 kg/cm <sup>2</sup>
PRESIÓN DE PRUEBA	4.74 kg/cm <sup>2</sup>
PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO	3.14 kg/cm <sup>2</sup>
FACTOR DE SEGURIDAD	4
TEMPERATURA DE DISEÑO	-16.3 °C
INDICADO	100 %
PESO ESTIMADO	10675 Kg



VISTA LATERAL IZQUIERDA



ELEVACION

EQUIPO \_\_\_\_\_  
 INGENIERO RESPONSABLE: \_\_\_\_\_  
 CEDULA PROFESIONAL \_\_\_\_\_  
 FIRMA \_\_\_\_\_

E	1	LLENADO INTERIOR (CORONA)	
B	1	LINEA DE SEGURIDAD	
A	1	EXHAUSTOR	
CON	CANT.	SERVICIO	CODIGO
		No. SERIE . . . SEMI-REMOLQUE	
		OT No	TIPO
		DRUJO	6M/6300
		DRUJO INTERIOR	
		APROB.	
FOR	No. 20	ESCALA	ACOTE

NO.	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	DESCRIPCION	PESO Kg.
13	INDICADOR DE NIVEL	1		CONJUNTO DE 0 A 100 PUNTOS	
12	MANOMETRO	1		0.25 CALIBRADO A 0-7.5 kg/cm <sup>2</sup>	
10	TUBERIA	1	50 #	SA-SPE-304 1/2" x 10' x 7 m LEO	
9	VALVULA DE SEGURIDAD	1		SA-SPE-304 1/2" x 10' x 7 m LEO	
8	TUBERIA	1	2 1/2"	SA-SPE-304 1/2" x 10' x 7 m LEO	
7	VALVULA	1		SA-SPE-304 1/2" x 10' x 7 m LEO	
6	TUBERIA	1	50 #	SA-SPE-304 1/2" x 10' x 7 m LEO	
5	VALVULA	1		SA-SPE-304 1/2" x 10' x 7 m LEO	
4	CUERPO EXTERIOR	1		SA-080-C 1/2" x 10' x 7 m LEO	
3	TAMPA EXTERIOR	2		SA-080-C 1/2" x 10' x 7 m LEO	
2	CUERPO INTERIOR	1		SA-080-C 1/2" x 10' x 7 m LEO	
1	TAMPA INTERIOR	2		SA-080-C 1/2" x 10' x 7 m LEO	

ESTE PLANO ES PROPIEDAD DE CAMEL SA Y NO DEBE SER REPRODUCIDO NI COPIADO SIN EL AUTORIZADO POR LA EMPRESA.

TITULO: ARREGLO GENERAL CON CALCULOS S.T.P.S. TANQUE HORIZONTAL PYSEMI-REMOLQUE 2 EJES.

DRUJO QUE SUSTITUYE AL DRUJO No. \_\_\_\_\_

REV

## **CAPITULO III**

**Prueba hidrostática al recipiente sujeto a presión.**

## **CAPITULO III                    Prueba hidrostática al recipiente sujeto a presión.**

### **3.1 Requerimientos para realizar la prueba de taller**

Para realizar la prueba de taller a un recipiente sujeto a presión, es necesario que la empresa solicite a la Dirección General de Inspección Federal del Trabajo la inspección del equipo por conducto de un Inspector Federal, el cual es el encargado de verificar que la prueba sea efectuada de acuerdo a lo establecido por la propia Secretaria, además de la revisión de planos y equipos de seguridad con que cuente el recipiente sujeto a presión.

Es necesario que la empresa sea la encargada de solicitar la visita del inspector debido a que al no tratarse de una inspección periódica o de verificación la Secretaria esta impedida de realizar la prueba.

Al solicitar la prueba la empresa tiene que proporcionar los planos (copias) y dar aviso si el equipo va a ser vendido o utilizado en el domicilio donde se desarrolle la prueba.

Los requisitos para realizar la inspección de taller son:

El inspector federal del trabajo levantará un acta circunstanciada donde conste el resultado de la inspección considerando los siguientes elementos.

Mencionar claramente sin abreviaturas y con letra, el lugar, el día y hora donde el inspector inició la diligencia, es importante que el inspector se constituya en el centro de trabajo a la hora indicada en el citatorio y con la fecha, pues si no coincide la empresa tiene la facultad de posponer o cancelar la visita.

Mencionar la razón social y el domicilio del centro de trabajo y asentar que son los mismos que indican en la orden de visita pues si estos no son los mismos la inspección no es válida también tiene que mencionar la forma en que se cercioro que fueran correctos.

Precisar el número, la fecha y la autoridad que emite la orden de visita, su alcance y el tipo de inspección que se va a desarrollar, es importante que el inspector mencione que se deja el original en poder del representante legal de la empresa.

Asentar el fundamento legal que contiene la orden de visita sin omitir ninguno de los artículos ni normas que le dan validez a la inspección.

Anotar el nombre y cargo del inspector actuante y debe describir su identificación (credencial) señalar para tal efecto la autoridad que la expide, número, fecha de expedición, vigencia así como nombre y firma.

Indicar el nombre y puesto del representante legal de la empresa, su identificación así como describir el documento con el que acredita su personalidad y así mismo anotar el nombre del representante de los trabajadores su identificación y documento con el que acredite su personalidad, por lo general se acredita con la hoja de liquidación del seguro social o las hojas de alta de cada trabajador.

Solicitar la presencia de los representantes de la comisión mixta de seguridad e higiene, señalando la parte por la que intervienen así como su identificación y el documento con que acredite su personalidad, siendo esta el acta de recorrido mensual de la citada comisión correspondiente al mes anterior al de la fecha de la visita.

Solicitar al representante de la empresa designe libremente a dos testigos de asistencia y, apercibirlo que en caso de no hacerlo el inspector designado los nombrara anotando al final del acta sus firmas y cargos que ocupan en la empresa.

El inspector debe asentar el resultado de la inspección por rubros describiendo cada uno en forma clara y precisa, complementándola con copias sobre las pruebas no destructivas que se hubiera practicado al equipo, complementando esta información mediante el interrogatorio a dos trabajadores que intervinieron en la construcción del equipo, sobre las condiciones de seguridad e higiene de las áreas donde se fabricó el equipo y si la empresa les proporciona los elementos de seguridad propios de su labor.

Previo al cierre del acta se da uso de la voz a los participantes para que manifiesten lo que a su derecho convenga iniciando el representante de la empresa, seguido del representante de los trabajadores y por último a los miembros de la comisión mixta de seguridad e higiene.

Se indica que se da por terminada la inspección previa lectura del documento, el acta se firma por las personas que intervinieron al margen y al calce, haciéndoles entrega de una copia a las partes que intervinieron.

### **3.2. Preparación del equipo para prueba de taller.**

El equipo al momento de la inspección debe estar desconectado en su totalidad de conexiones eléctricas y mecánicas a excepción de un manómetro para verificar la presión de la prueba y acoplado únicamente a la tubería para llenar el tanque para la prueba.

En la figura (10) se muestra la parte trasera del tanque y la forma en que se desarrolla la prueba. El equipo se encuentra taponado en "A" que corresponde a indicadores de nivel y presión; "B" es la válvula para el llenado la cual se encuentra abierta y no se debe de cerrar en el transcurso de la prueba "C" es la tubería para el acoplamiento de la bomba y el tanque "D" Manómetro para registrar la presión (este manómetro es opcional) pues la presión que importa es la que soporta el tanque en su interior; "E" Bomba manual de desplazamiento positivo de un pistón, se recomienda que sea de este tipo debido a la facilidad de uso ya que se puede ir regulando la presión para llegar a la presión de prueba en forma paulatina; "F" deposito de agua para alimentación de la bomba; "G" válvula de desfogue; "H" Manómetro para verificar la presión del equipo en el momento de la prueba.

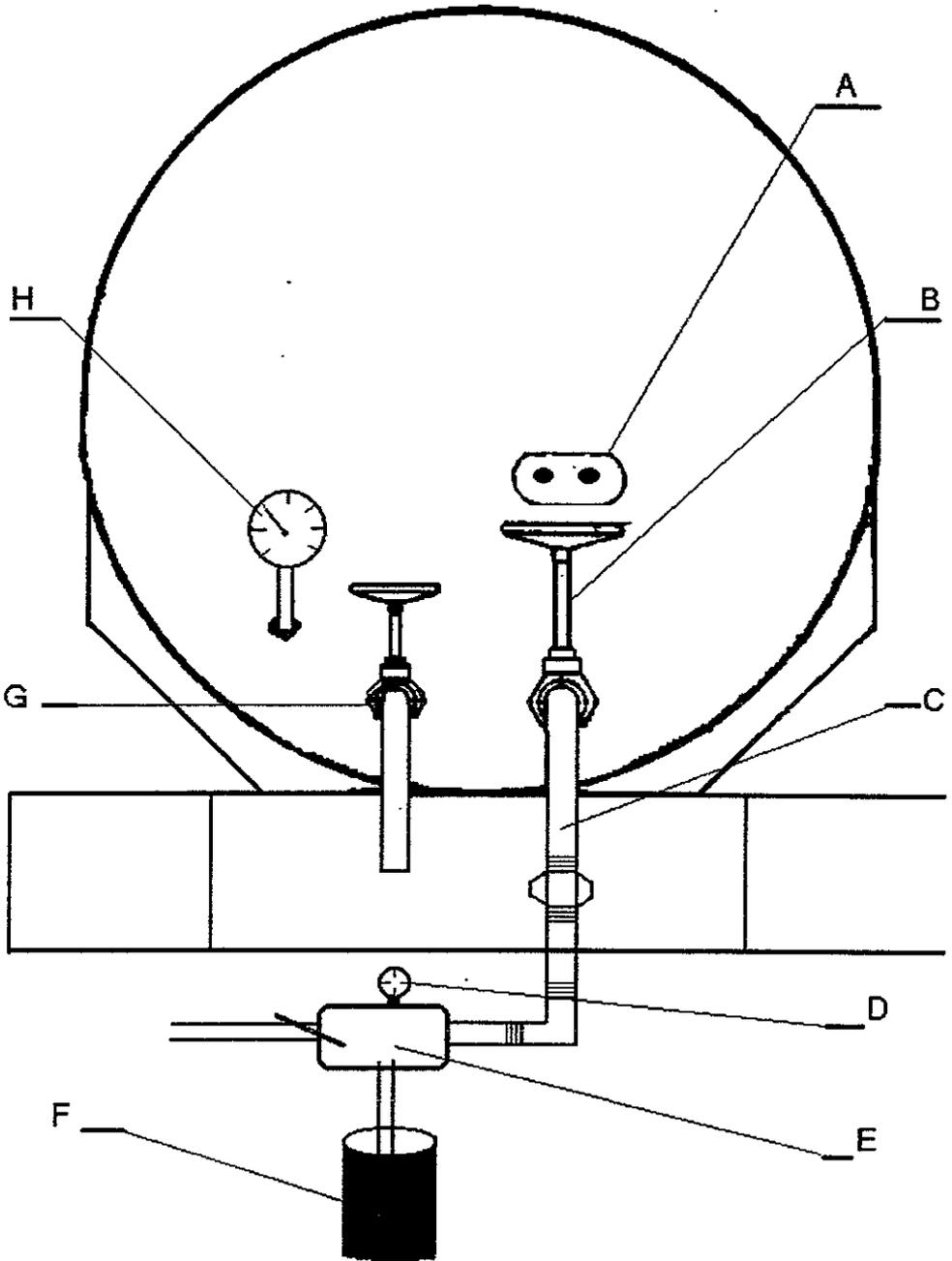


FIGURA 10

### 3.3. Prueba de taller.

Cuando se comienza la prueba hidrostática tienen que estar presentes el representante legal o algún empleado designado por él para el desahogo de la inspección, siendo por lo general el Gerente o Jefe de manufactura o taller. Por la dimensión del equipo, ya se encuentra lleno de agua a una presión de 1 ó 2 kg/cm<sup>2</sup>. Para el caso de este trabajo la presión de prueba es de 4.74 kg/cm<sup>2</sup>, con un margen de 10% cuando se llega a esta presión se cierra la válvula "B" para mantener la presión y es cuando el inspector se cerciora que no existen fugas (lagrimeo) o deformaciones en el cuerpo del tanque; si se presenta fuga en las partes que son acoplamientos del tanque por ejemplo tubos para llenado o desfogue; bases para bridas o manómetros se considera que la prueba es satisfactoria siempre que el representante se comprometa a reparar el desperfecto. En caso que se presente alguna fuga en las uniones soldadas o en de la lámina la prueba es no satisfactoria y se asienta en el acta el lugar o lugares donde presenta la falla, en caso de que se presente alguna deformación en el cuerpo del tanque tampoco es satisfactoria.

En caso de que la prueba sea satisfactoria el inspector asienta en el acta el resultado y extiende un acta técnica en la cual se describen los datos de equipo así como sus características y si va ha ser vendido o a utilizarse en la empresa.

Si la prueba es no satisfactoria se manifiesta en el acta a que presión comenzó a presentar fuga o deformación, especificando el lugar o lugares donde se presente la falla para cuando se solicite nuevamente la prueba el inspector actuante verifique que la reparación ya se ha efectuado.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

En estos casos se extiende además del acta una cintila en la cual se manifiesta que la Secretaría no se hace responsable por el mal uso del equipo en caso de que no se repare y al utilizarlo presente algún tipo de falla.

En caso de ser satisfactoria la prueba, se extiende un acta técnica con la cual el fabricante puede vender o operar el equipo. Cumpliendo con este requisito lo establecido por la Secretaria del Trabajo y Previsión Social.

## CONCLUSIONES.

El realizar la prueba hidrostática a los recipientes sujetos a presión, puede parecer un trámite innecesario en virtud que cualquier fabricante al construir un equipo de estas características le realiza pruebas al material que va a utilizar y al momento de la fabricación también realiza para cerciorarse de la eficiencia de la soldadura.

El solicitar a la Secretaría de Trabajo y Previsión Social que se realice la prueba podría resultar un trámite innecesario, que no tendría razón de ser, si al vender el equipo tanto el vendedor como el que compra el equipo estuvieran de acuerdo en las características y calidad del equipo. Esto podría generar que al fabricar los equipos sin ningún control en cuanto a normas de construcción de diseño y operación se originaran problemas que afecten a los trabajadores que tengan contacto con los equipos.

Por estas razones de seguridad y control de los equipos desde 1954 la construcción y operación quedan establecidas en el reglamento para generadores de vapor y recipientes sujetos a presión y desde 1996 Por la norma oficial mexicana 122 con ello se ha buscado que tanto para el diseño como para la operación se siga un solo método de diseño.

La prueba hidrostática sigue siendo la forma más barata y más sencilla de cerciorarse de la correcta fabricación de un tanque ya que al ser el agua la base para la prueba no implica un gasto mayor, la bomba manual se puede construir fácilmente y al someter el equipo a una presión mayor a la de operación se da un margen de seguridad además de los aditamentos que después forman parte del equipo como válvula de seguridad o nivel de presión.

Mucha gente no acepta o ve con escepticismo que alguna entidad gubernamental tenga que verificar este rubro. Pero para alcanzar un grado importante de desarrollo se tiene que seguir ciertas normas y la Secretaría es la encargada de verificar que estas se lleven a cabo.

**BIBLIOGRAFIA.**

Manual de recipientes a presión, diseño y cálculo.

Eugene F. Megyesy.

Grupo Noriega Editores. Limusa.

Materiales y procesos de manufactura para ingenieros

Lawrence E. Doyle

Prentice Hall Hispanoamericana S.A.

Inspección radiografica de las uniones soldadas.

Alfonso Ruiz Rubio

Urmo, S.A. de Ediciones.

Soldadura; Normas para su evaluación y graduación.

Guillermo Fernández Flores.

Editorial Continental