

## 1.0 Objetivo

Establecer una metodología común de trabajo para el ensayo con Líquidos Penetrantes Visibles, como apoyo para la inspección ultrasónica.

## 2.0 Desarrollo

Para el ensayo con Líquidos Penetrantes Visibles, se debe considerar lo siguiente:

- Preparación inicial de la pieza.
- Limpieza de zonas de ensayo.
- Aplicación de líquido penetrante.
- Tiempo de penetración.
- Remoción de exceso de penetrante.
- Tiempo de secado.
- Aplicación de revelador.
- Tiempo de revelado.
- Evaluación y registro de indicaciones.
- Limpieza final (si es requerida).

Equipamiento:

- Kit de inspección por líquidos penetrantes.

### 2.1 Procedimiento para ensayo por Líquidos Penetrantes Visibles

En este instructivo se explican las operaciones básicas de la prueba, la influencia de la temperatura, la corrección de las deficiencias para la realización de la prueba y el modo de registro de los datos pertinentes de la prueba. Es importante destacar que la aplicación del método para la inspección por líquidos penetrantes siempre debe hacerse sobre la base de la norma o especificación para el producto a ser inspeccionados, debe contener todos los parámetros esenciales de la prueba.

La información técnica a continuación se basa en el Código ASME Sección V del artículo 6.

- **Preparación de la superficie**

El primer paso a seguir en la realización de la prueba es comprobar el estado de la superficie de la pieza. Debe estar libre de residuos, suciedad, aceite, grasa y otros contaminantes que pueden obstruir las aberturas que se busca detectar.

Si la superficie es lisa, se facilitará la preparación previa. Es el caso de las piezas mecanizadas, lijadas, etc. Este factor es inherente al proceso de fabricación.

Superficies excesivamente ásperas requieren una preparación previa más eficaz, debido a que las irregularidades de la superficie perjudican la aplicación del penetrante, eliminación del exceso y por lo tanto el resultado final.

Las irregularidades dificultan la remoción, especialmente en el método manual. Además del enmascaramiento de los resultados, existe la posibilidad de que partes de los productos de limpieza queden adheridos a la pieza (pañó pelusa).

En la operación de pulido, se debe contemplar un cuidado especial. Se debe evitar causar, por ejemplo, surcos en la pieza, error muy común en la preparación de soldadura.

	Nombre	Cargo	Firma	Fecha
Elaborado por	Ing. Gastón Urrutia D.	Especialista UT Nivel II		21-07-2015
Revisado por	Ing. Pedro Parra R.	Especialista UT Nivel III		21-07-2015
Aprobado por	Ing. Pedro Parra R.	Especialista UT Nivel III		21-07-2015



Fotografía N° 1: Inspección del bloque del motor – Fase de limpieza

- **Métodos de limpieza de superficies**

El éxito del método depende de que los defectos estén abiertos a la superficie. Por lo tanto, es de fundamental importancia la limpieza. Toda forma de corrosión, escoria, pinturas, aceite, grasa, etc. debe ser removida de la superficie.

Uno puede utilizar el solvente que forma parte del "KIT" de ensayo o solventes disponibles en el mercado, o bien otro producto calificado. Es importante recordar que los productos disolventes es difícil de obtener un certificado de contaminantes para su uso en acero inoxidable. En este caso, el removedor del mismo fabricante de productos penetrantes, es el mas indicado o apropiado.

En este caso, se debe dar tiempo suficiente para evaporar el solvente usado de las discontinuidades, ya que su presencia puede perjudicar la prueba. Dependiendo de la temperatura ambiente y el método utilizado, este tiempo puede variar. Puede ser utilizado: desengrase por vapor, para la extracción de aceite, grasa; o limpieza química de solución ácida o alcalina, cepillado rotatorio manual, removedores de pintura, ultrasonido y detergentes.

Piezas limpiadas con productos a base de agua, es muy importante el secado adicional. Estos cuidados también son importantes para evitar la corrosión de las superficies.

El proceso de granallado, lijado y aquellos que eliminan metal (esmerilado) deben evitarse ya que tales procesos pueden bloquear las aberturas a la superficie e impedir la penetración del producto penetrante. Sin embargo, estos métodos de limpieza en algunos procesos de fabricación del material a ensayar pueden ser inevitables e inherentes a estos procesos.

Este paso es muy importante y el operador debe tener en cuenta que el material en el área de interés debe estar sin óxidos o suciedad que pueden enmascarar la observación de la discontinuidad.

- **Temperatura de la superficie y del líquido penetrante**

Es común que la temperatura óptima para la aplicación de penetrante sea 20°C. Las superficies no deben estar bajo los 5°C. Temperaturas ambiente más altas (superiores a 52°C) aumentan la evaporación de componentes volátiles del penetrante. Por encima de un cierto valor (> 100°C) existe el peligro de inflamación del penetrante.

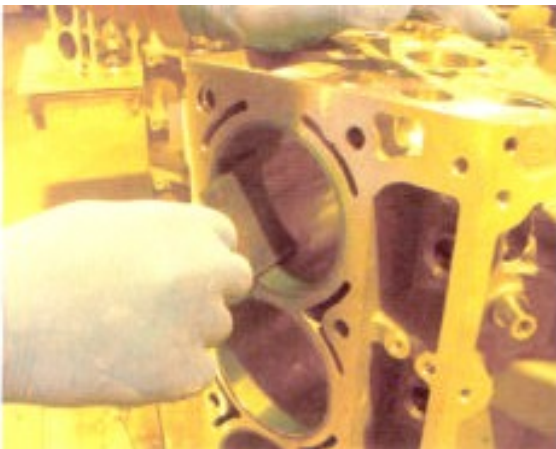
A modo de ejemplo podemos mencionar que el Código ASME Sección. V Artículo 6 recomienda temperaturas de 5 a 52°C y el estándar ASTM E-165 recomienda temperaturas de 10 a 52°C para penetrante visible bajo luz normal y 10 a 38°C para penetrante fluorescente.

La observación y el control de la temperatura, es un factor de gran importancia, que debe estar claramente mencionado en el procedimiento de ensayo.

- **Aplicación de penetrante**

El penetrante se puede aplicar como pulverización (Spray), por brocha, con rodillo de pintura o inmersión de las piezas en tanques. Esto último es válido para piezas pequeñas. En este caso, las piezas se colocan en cestas. Uno debe elegir un proceso para la aplicación generalizada del penetrante, consistente con las dimensiones de las piezas y el medio ambiente en el que se aplica la prueba.

Por ejemplo, para piezas grandes y en interiores, donde el inspector elige el método de aplicación de penetrante en aerosol, seguramente eso será un inconveniente para las personas que trabajan cerca del lugar, así como para el propio inspector.



Fotografía N° 2: Aplicación de penetrante con brocha

- **Tiempo de penetración**

Es el tiempo necesario para que el penetrante ingrese al interior de las discontinuidades. Este tiempo varía dependiendo del tipo de penetrante, material a ensayar, temperatura, y debe estar en conformidad con una norma de inspección aplicable del producto que se está ensayando.

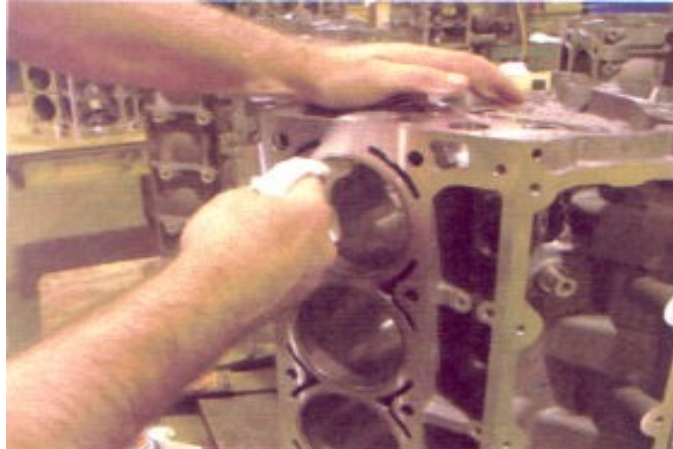
La Tabla 2, describe los tiempos mínimos de penetración, sólo como referencia.

Tiempos de penetración correctos deben estar de acuerdo con la norma aplicable de fabricación/inspección del material ensayado. El estándar Petrobras N-1596 establece los límites de un mínimo de 10 minutos y un máximo de 60 minutos como tiempo de penetración.

- **Remoción del exceso de penetrante**

Los penetrante no lavables con agua se utilizan casi siempre para inspecciones in situ y éstos son mejor removidos con paños secos o mojados solvente. Papel seco o un paño seco es adecuado para superficies lisas. La superficie debe estar completamente libre de penetrante, para no enmascarar los resultados.

Uno debe tener cuidado de no utilizar solvente en exceso, ya que esto puede causar el retiro del penetrante de las discontinuidades.



Fotografía N° 3: Limpieza con paño después de un tiempo de penetración de 15 minutos

Generalmente una limpieza gruesa con paño y papel levemente empapado con solvente, seguido de una limpieza fina con paño y papel seco o con poco solvente es satisfactorio.

Cuando las piezas son completamente mojadas con solvente la limpieza manual es lenta y difícil. En este caso, es posible sumergir la pieza en un baño de solvente, con el inconveniente de que el penetrante puede ser removido de las discontinuidades. Este método se debe utilizar con mucho cuidado y teniendo en cuenta esta limitación.



Fotografía N° 4: Remoción de penetrante con paño



Fotografía N° 5: Remoción de penetrante con agua pulverizada (Spray)

Penetrante del tipo post-emulsificado debe ser eliminado después de la aplicación del emulsionante, que puede ser de dos tipos: hidrófilico y lipófilico (Véase la tabla 1).

Tabla 1: Tipos de Líquidos Penetrantes

TIPO (Visibilidad)	MÉTODOS		
	Agua	Post-Emulsificable	Solvente
“TIPO I” (Fluorescente)	A	B (Lipofílico) D (Hidrofílico)	C
“TIPO II” (Luz normal)	A	-	C

Nota: Clasificación conforme Código ASME Sec.V - SE-165 ó ASTM E-165

El estándar Petrobras N-1596 clasifica los productos penetrantes conforme a lo mostrado en la tabla 1a:

Tabla 1a: Productos Penetrantes

Penetrante		Remoción de Exceso de Penetrante		Revelador	
Tipo	Designación	Método	Designación	Forma	Designación
I	Penetrante Fluorescente	A	Agua	a	Seco
II	Penetrante Colorido	B	Emulsificante Lipofílico	b	Soluble en agua
		C	Solvente	c	Suspensión en agua
		D	Emulsificante Hidrofílico	d	Diluido en solvente

El emulsionante hidrofílico es a base de agua, posee la propiedad de tolerancia infinita al agua, por eso es diluido en agua para su aplicación por pulverización (Spray), pero dependiendo de la proporción de agua + emulsionante (generalmente 5%), su sensibilidad puede ser alterada.

Los emulsionantes lipofílicos son a base de aceite en su mayoría y son inflamables (punto de inflamación 125 F [52°C]), con una baja propiedad de tolerancia al agua, debido a esto, se deben diluir con agua en la proporción correcta.

Los emulsionantes presentan una coloración característica para mostrar su aplicación en toda la superficie, y tienen 3 propiedades básicas que son: *actividad, viscosidad, y tolerancia al agua.*

• **Revelación**

La capa de revelador debe ser delgada y uniforme. Se puede aplicar por pulverización (Spray), en el caso de la inspección manual. Las piezas que fueron completamente revestidas con penetrante son más difíciles para colocar una capa uniforme de revelador. El mejor método en este caso es es rociar (Spray). Norma ASTM A-165 permite la aplicación de revelador de diversas formas, por otro lado la norma Petrobras N-1596 no permite el uso de brochas, pinceles y similares para la aplicación del revelador.



Fotografía N° 6: Aplicación de revelador por pulverización con pistola de pintura



Fotografía N° 7: Aplicación de revelador seco con pulverizador manual (aerosol)

Tabla 2 - Tiempos mínimos penetración y revelado recomendado por ASME Sección V Artículo 6 - Tabla 672 y ASTM E-165

Material	Forma	Tipo de Discontinuidad	Tiempo de espera(*) minutos	
			Penetrante	Revelador
Aluminio, El magnesio, acero, bronce, titanio, alta aleación	Fundición y soldaduras	Porosidad, grietas (todas las formas) falta de fusión, gota fría	5	10
	Materiales Forjados-extrusiones, piezas forjadas, planchas	Vueltas Grietas (todas las formas)	10	10
Plásticos	Todas las formas	Grietas	5	10
Vidrios	Todas las formas	Grietas	5	10
Cerámicas	Todas las formas	Grietas, porosidades	5	10

(\*): Para temperaturas de 10 a 52°C. Para temperaturas de 5 a 10°C, el tiempo de penetración mínimo debe ser el doble del tiempo indicado en la tabla.

El estándar Petrobras N-1596 requiere que para la aplicación de revelador a través de la pulverización por medio de aire comprimido, la presión máxima permitida sea de 210 kPa (30 psi). Debe ser prevista la instalación de filtros de aire en la línea, para evitar la contaminación del revelador con agua, aceite o materiales extraños.

- **El secado y la inspección**

Debe ser dado un tiempo suficiente para que la pieza esté seca antes de realizar la inspección. Poco después del comienzo del secado, se debe seguir la evolución de las indicaciones para definir y caracterizar el tipo de discontinuidad y diferenciarlas entre lineal o arredondeadas.

El tiempo de revelado varía en función del tipo de pieza, tipo de defecto a ser detectado y la temperatura ambiente. Las discontinuidades finas y poco profundas, tardan más tiempo para ser observadas, a diferencia de los más grandes que rápidamente manchan el revelador.

El tamaño de la indicación que se está evaluando, es el tamaño de la mancha observada en el revelador, después del tiempo máximo de evaluación permitido por el procedimiento. En general se recomienda el tiempo de evaluación entre 10 a 60 minutos.

- **Iluminación**

Como todos los exámenes depende de la evaluación visual del operador, el nivel de iluminación utilizado es extremadamente importante. La iluminación incorrecta puede inducir a errores en la interpretación. Por otra parte, una iluminación adecuada reduce la fatiga del inspector. La intensidad de la iluminación se define como la cantidad de luz en una segunda unidad de ángulo sólido para una fuente puntual en una dirección dada. La unidad "candela" se define como la intensidad luminosa por 1/600.000 m<sup>2</sup> de superficie de un cuerpo negro a la temperatura de congelación del platino bajo una presión de 101.325 N/m<sup>2</sup>.

- **Iluminación con luz natural (blanca)**

La convencional, su fuente puede ser: luz de sol, lámparas de incandescencia, lámparas fluorescentes o de vapor.

Dirigir la luz a la zona de inspección con el eje de la lámpara formando 90° aproximadamente con respecto a ella y a su mejor alternativa. El fondo blanco de la capa reveladora hace que la indicación se oscurezca.

La intensidad de la luz debe ser adecuada al tipo de indicación que se quiera ver, siendo ideal por sobre los 1000 Lux (de acuerdo a recomendación del Código ASME sección V y ASTM E-165).

- **Iluminación con Luz Ultravioleta -UV (“Luz negra”)**

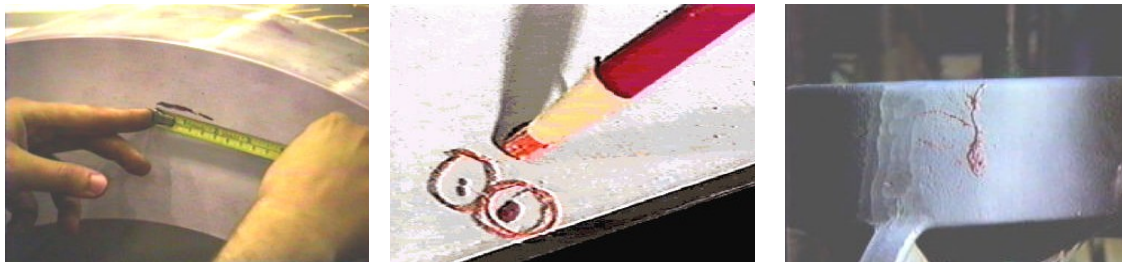
Definimos la luz "negra" como aquella que tiene una longitud de onda más corta que la longitud de onda más corta de la luz visible. Ella tiene la propiedad de causar en ciertas sustancias el fenómeno de la fluorescencia. El material fluorescente contenido en penetrante, tiene la propiedad de absorber la energía que emite luz "negro" en longitudes de onda más largas en la región de la luz visible, por ejemplo verde-amarillo o de color verde azulado. Se utiliza filtros que eliminan la longitud de onda desfavorable (luz visible y luz ultravioleta) permitiendo sólo aquellas longitudes de onda de 3.200-4.000 Å. La intensidad de la luz ultravioleta que uno debe tener para una buena inspección es 1000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . El estándar Petrobras N-1596 requiere que la iluminación normal de la habitación (ambiente) deba ser controlada y no debe ser superior a 10 lux.

- **El color y la fluorescencia**

El color es la sensación visual resultante del impacto de la luz de una cierta longitud de onda sobre la retina del ojo. La observación de las indicaciones debido a discontinuidades en el ensayo, es el resultado de la absorción de la luz. El fenómeno de la fluorescencia se produce cuando los penetrantes fluorescentes absorben la luz de longitud de onda típica, y emiten luz en otras longitudes de onda visibles.

- **Limpieza final**

Después de completar el examen, es necesario en la mayoría de los casos realizar una limpieza final de la pieza, ya que los residuos de la prueba pueden perjudicar su desempeño en las piezas. Una limpieza final con solvente es generalmente satisfactoria. Para las piezas pequeñas sumergiendo las piezas en un baño de detergente solvente, o agentes químicos, es generalmente satisfactoria.



Fotografía N° 8: Registro de resultados

- **Identificar y corregir las deficiencias en el ensayo**

Algunos problemas de deficiencias técnicas del ensayo se enumeran a continuación:

- Preparación inicial de la pieza inadecuada
- Limpieza inicial inadecuada.
- Cobertura incompleta de la pieza con penetrante.
- Remoción del exceso de penetrante inadecuado, causando enmascaramiento de resultados.
- Ecurrimiento de revelador.
- Capa de revelador no uniforme.
- Revelador no agitado correctamente.
- Cobertura incompleta del revelador.

El inspector con experiencia debe paso por paso, evaluar su trabajo e identificar las deficiencias mencionadas arriba. Después de ser detectadas deben ser corregidas inmediatamente.

La deficiencia más común es la remoción incompleta del exceso de penetrante, especialmente en el ensayo manual.

Este es un paso que se debe realizar con el debido cuidado, sobre todo si la superficie es bruta, como es el caso de soldaduras.

- **Registro de resultados**

Los ensayos de las piezas críticas deben tener su resultado además de los datos registrados en el informe de ensayo, con el fin de que exista trazabilidad.






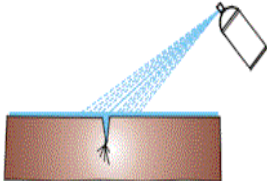


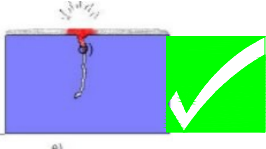

Este registro debe ser realizado durante o inmediatamente después de completado el ensayo.

Es recomendado que el informe contenga:

- Descripción de la pieza, diseño, posición, etc., y fase de fabricación.
- Las variables de la prueba; marca de los productos, número de lote, temperatura la aplicación, tiempo de penetración y de evaluación.
- Resultados del ensayo;
- Fallo / layout de indicaciones;
- Firma del inspector responsable, fecha y hora del ensayo.



**2.2 Resumen de la secuencia del ensayo**

	Preparación inicial de la superficie conforme a procedimiento;
	Tiempo para secado de los productos de limpieza;
	Aplicación de penetrante conforme con las instrucciones del procedimiento;
	Tiempo de penetración, conforme con la indicado en el procedimiento;
	Remoción del exceso de penetrante conforme con las instrucciones del procedimiento;
	Tiempo de secado de los productos de limpieza;
	Aplicación del revelador;
	Tiempo de evaluación de las indicaciones.
	Fallo final y registros.
	Limpieza final, si es requerida.

### 2.3 Evaluación y apariencia de indicaciones

- **Evaluación de las discontinuidades**

La discontinuidad debe ser analizada de acuerdo a algún criterio de aceptación, si es reproble se constituirá en un defecto.

Al analizar una pieza el inspector debe ser consciente de que el ensayo se realizó correctamente y que las discontinuidades se contrastaran con los criterios de aceptación preestablecidos.

- **Factores que afectan las indicaciones**

Varios son los factores que pueden afectar la apariencia de las indicaciones por un ensayo no confiable.

La fuente más común de indicaciones falsa es la remoción inadecuada del exceso de penetrante, que hace a veces imposible la evaluación.

En el caso de los métodos lavable con agua y post emulsificable, el lavado es crucial. Se recomienda el uso de la luz ultravioleta durante el proceso de lavado. Después del lavado, hay fuentes que pueden volver a contaminar la pieza de trabajo, tales como:

- Penetrante en manos del inspector.
- Penetrante de discontinuidades de una pieza que pasa hacia zonas buenas de otra pieza (caso de piezas pequeñas).
- Penetrante en banco de inspección.

Por lo tanto, el manejo cuidadoso de las piezas y sobre todo, la limpieza, son necesarios para que el ensayo tenga éxito.

A pesar de las falsas indicaciones existen las indicaciones no relevantes, que el inspector debe reconocer. Son indicios de algo que existe realmente en el sentido de que son causadas por las discontinuidades de la superficie de la pieza. La mayor parte de ellos son fáciles de reconocer, ya que viene directamente desde el proceso de fabricación.

Ejemplos de estas indicaciones son:

- Pequeñas inclusiones de arena en fundidos.
- Marcas de pulido (esmerilado).
- Depresiones superficiales.
- Imperfecciones de materia prima.

Aunque son fácilmente reconocibles, existe el peligro de que éstos interfieran o enmascaren un defecto. Es necesario que el inspector tenga el cuidado de verificar cuidadosamente antes de aprobar.

### 2.4 Categoría de indicaciones verdaderas

- **Indicaciones de línea continua**

Puede ser causada por grietas, arrugas, arañazos o marcas de herramientas.

Las grietas por lo general aparecen como líneas sinuosas, pliegues de forja tiene la apariencia de líneas finas.

- **Línea intermitente**

Estas pueden ser causadas por las mismas discontinuidades anteriores. Cuando la pieza se vuelve a trabajar por esmerilado, golpeteo, forja, mecanizado, etc., las partes abiertas a la superficie de las discontinuidades pueden ser cerradas.

- **Redondeadas.**

Causadas por porosidad o por grieta muy profunda, resultante de la gran cantidad de penetrante que es absorbida por el revelador.

- **Interrupciones finas y pequeñas.**

Causado por la naturaleza porosa de la pieza o granos excesivamente gruesos de la masa fundida.

- **Defectos**

Por lo general no se definen por lo que es necesario volver a ensayar la pieza.

Cualquier indicación encontrada es llamada “discontinuidad” hasta que se pueda identificar y evaluar el efecto que puede tener sobre la pieza en servicio. Si, de acuerdo a esto, “la discontinuidad” es inaceptable atendiendo a un criterio, será catalogado como un “defecto” (cuando por magnitud o localización provocan la falla de la pieza), ahora, si esa discontinuidad no afecta el rendimiento de la pieza en el servicio al que se destina, se deberá llamar simplemente “**discontinuidad**”.

## 2.5 Tipos y apariencias de las indicaciones por proceso de fabricación

- **Fundición**

Los principales defectos que pueden aparecer en productos de fundición son:

- Grietas de solidificación (rechupes).
- Micro rechupes.
- Porosidad.
- Gota Fría.
- Inclusión de arena en la superficie.
- Burbujas de gas.

- **Piezas forjadas**

Defectos típicos en las forjas son:

- Pliegues ("lap").
- Rupturas - rasgaduras("tear").
- Ranura – aberturas ("burst").
- Delaminación.

- **Laminado**

Los laminados presentan: delimitaciones, defectos superficiales como pliegues de laminación, aberturas, etc.

- **Roscados**

Presentan: Grietas.

- **Materiales no metálicos**

Cerámica: Grietas, porosidad.

- **Soldadura**

Soldadura puede tener:

- Grietas superficiales.
- Porosidad superficial.
- Falta de penetración.
- Mordeduras.

## 3.0 Registros

No aplica.

## 4.0 Anexos

### 4.1 Seguridad y Protección

- **Limpieza**

Podemos decir que las medidas de protección personal contra los posibles problemas de salud causados por los productos utilizados en las pruebas de líquidos penetrantes comenzará con:

- Conocimiento del inspector con respecto al procedimiento del ensayo.
- Organización personal y correcta limpieza de la zona de trabajo.
- Mantener el área limpia y el trabajo organizado es esencial no sólo para la protección personal sino para el éxito del ensayo.

- **Toxicidad, aspiración exagerada, ventilación, manejo**

La toxicidad es la propiedad de causar daño al cuerpo humano por un material. Prácticamente todos los materiales para ensayo con líquidos penetrantes disponibles en la actualidad no presentan grandes problemas de toxicidad, pero es necesario tomar ciertas precauciones.

Una aspiración exagerada de productos volátiles puede causar náuseas y ciertas enfermedades de la piel pueden ocurrir cuando hay un contacto muy prolongado de los productos con ella.

Una precaución básica es mantener una buena ventilación en el lugar de trabajo. Esta condición evita la aspiración excesiva y elimina el problema de una posible inflamación de los gases generados (véase el punto de inflamación).

Como los materiales utilizados en el ensayo tienen propiedades detergentes, tienden a disolver los aceites y grasas. Por lo tanto, el contacto excesivo puede causar aspereza y enrojecimiento de la piel.

Esto puede causar una infección causando irritaciones mas fuertes. Uno debe tener cuidado de lavarse las manos con abundante agua y jabón. Se recomienda el uso de guantes para el contacto prolongado.

Si existe principio de irritación, se debe utilizar localmente una crema o loción en base a grasa animal (lanolina).

- **La luz ultravioleta**

La luz ultravioleta utilizada en los ensayos no presenta problemas graves de salud, ya que su longitud de onda es de alrededor de 320-400 nona-metros, invisibles a nuestros ojos. Cuando se expone a la radiación UV, la piel puede desarrollar cáncer de piel, inflamación en la vista, cataratas y daño en la retina.

#### 4.2 Criterios de aceptación

Los criterios de aceptación de discontinuidades deben seguir la norma o especificación aplicable al producto o componente fabricado y examinado.

Por ejemplo, los criterios de aceptación que siguen es una traducción libre del Código ASME Sección VIII Div. 1 Apéndice 8, que es igual a ASME Sec. VIII Div. 2 art. 9-2 par. 9-230, Sección I, se aplicarán a las soldaduras y componentes inspeccionados por líquidos penetrantes, estándar CCH-70 para componentes hidráulicos aplicables a las superficies fundidas acabadas y Código AWS D1.1.

- **Especificaciones técnicas para examen con líquidos penetrantes bajo ASME SEC.VIII Div.1 AP.8; SEC. VIII DIV 2 ART. 9-2 Par. 9-230 y SEC. 1**

- Evaluación de las indicaciones

Una indicación es la evidencia de una imperfección mecánica.

Sólo indicaciones superiores a 1/16 pulgadas (1,5 mm) deben ser consideradas como relevantes.

(A) Una indicación lineal es aquella que tiene una longitud mayor que tres veces el ancho.

(B) Una indicación redondeada es aquella de forma circular o elíptica que tiene una longitud igual o menor que tres veces el ancho.

(C) Cualquier indicación cuestionable o dudosa, debe ser re-inspeccionada para determinar si las indicaciones relevante están o no presentes.

- Criterios de aceptación

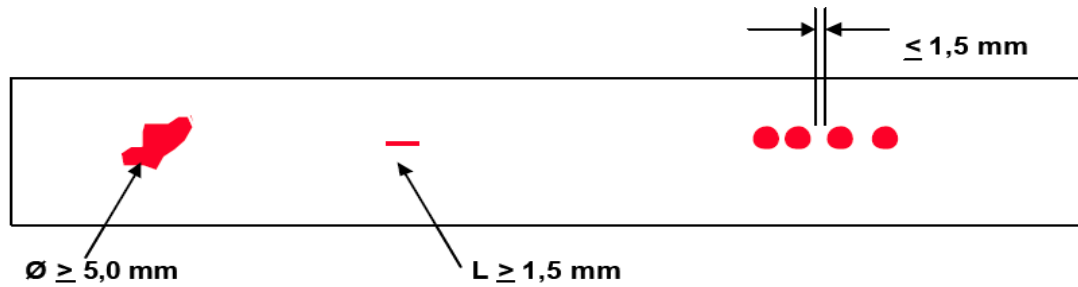
Todas las superficies deben estar libres de:

(A) Indicaciones lineales relevantes.

(B) Indicaciones relevantes redondeadas mayores que 3/16 pulgadas (5,0 mm).

(C) Cuatro o más indicaciones relevantes redondeadas alineadas separadas por 1/16 pulgada (1,5 mm) o menos (de borde a borde).

(D) Una indicación de un defecto puede ser mayor que el defecto, sin embargo, el tamaño de la indicación es la base para la evaluación de la aceptación.



- **Especificaciones técnicas para examen con líquidos penetrantes bajo estándar- CCH-70 / PT 70-3 Specification For Inspection Of Steel Castings For Hydraulic Machines (Especificaciones para la inspección de aceros fundidos para maquinas hidráulicas)**

Esta norma es utilizada generalmente en la inspección de piezas de fundición para uso en componentes hidráulicos en estado acabado, o para la inspección de áreas abiertas para las reparaciones.

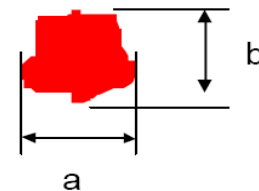
- Evaluación de las indicaciones  
Indicaciones aisladas por debajo de 1,5 mm no deben ser consideradas para efecto de evaluación.
- Indicaciones Lineales:  
Indicaciones cuya longitud sea mayor o igual a tres veces el ancho serán consideradas como lineal.

$$a \geq 3 \cdot b$$



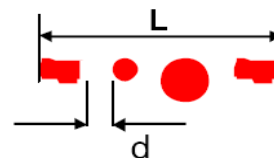
- Indicaciones Redondeadas:  
Indicaciones cuya longitud sea menor que tres veces el ancho serán consideradas como redondeadas.

$$a < 3 \cdot b$$



- Indicaciones Alineadas:  
Son indicaciones agregadas en una línea L con dimensiones superiores a 1,5 mm redondeadas, separadas entre sí por 2 mm o menos.

$$d \leq 2 \text{ mm}$$



- **Criterios de aceptación**

La zona inspeccionada es evaluada y clasificada por comparación con cinco clases de calidad numeradas de 1 a 5, en orden decreciente de calidad.

La zona de referencia para la evaluación es de 1 dm<sup>2</sup> (100 cm<sup>2</sup>) en la forma cuadrada o rectangular con el lado no superior a 250 mm.

- Clase 1 de Calidad
  1. Ninguna indicación redondeada con dimensión a > 3 mm.
  2. Ninguna indicación lineal.
  3. Ninguna indicación alineada.
  4. El área total de la indicación menor o igual a 10 mm<sup>2</sup> / dm<sup>2</sup>
- Clase 2 de Calidad
  1. Ninguna indicación redondeada con dimensión a > 4 mm.
  2. Ninguna indicación lineal.
  3. Ninguna indicación alineada.
  4. El área total de la indicación menor o igual a 20 mm<sup>2</sup> / dm<sup>2</sup>
- Clase 3 de Calidad
  1. Ninguna indicación redondeada con dimensión a > 5 mm.
  2. Ninguna indicación lineal.
  3. Ninguna indicación alineada.
  4. El área total de la indicación menor o igual a 50 mm<sup>2</sup> / dm<sup>2</sup>
- Clase 4 de Calidad
  1. Ninguna indicación redondeada con dimensión a > 6 mm.
  2. Ninguna indicación lineal.
  3. Ninguna indicación alineada con L > 10 mm.
  4. El área total de la indicación menor o igual a 125 mm<sup>2</sup> / dm<sup>2</sup>
- Clase 5 de Calidad
  1. Ninguna indicación redondeada con dimensión a > 8 mm.
  2. Ninguna indicación lineal con a > 7 mm.
  3. Ninguna indicación alineada con L > 10 mm.
  4. El área total de la indicación menor o igual a 250 mm<sup>2</sup> / dm<sup>2</sup>

- **Criterios de aceptación para soldaduras conforme a Código AWS D1.1**

Los criterios de aceptación de acuerdo con AWS D1.1 son los mismos para inspección visual y se presentan a continuación. Código AWS D1.1 requiere que la aplicación del ensayo se realice de acuerdo con ASTM E-165.

Traducción libre de la Tabla 6.1 del AWS D1.1: 2002

<b>Categoría de la discontinuidad y Criterios para la Inspección</b>	<b>Conexiones no tubulares sometidas a carga estática.</b>	<b>Conexiones no tubulares sometidas a carga Cíclica.</b>	<b>Conexiones tubulares (sometidas a todo tipo de carga)</b>								
<b>(1) Prohibición de Grietas</b> Cualquier grieta es inaceptable, independientemente de su tamaño y ubicación	X	X	X								
<b>(2) Fusión entre el metal base y de soldadura</b> Debe existir fusión entre la parte adyacente del metal base y la soldadura	X	X	X								
<b>(3) Cráter</b> Todos los cráteres se llenarán hasta lograr el tamaño de la soldadura especificada, a excepción de los extremos de soldaduras de filete intermitentes fuera de su longitud efectiva.	X	X	X								
<b>(4) Perfiles de soldadura</b> Los perfiles de la soldadura deben cumplir con 5.24. de AWS D1.1	X	X	X								
<b>(5) Tiempo de Inspección</b> La inspección visual de las soldaduras en todos los aceros puede empezar inmediatamente después que se ha completado y se enfriado a temperatura ambiente la soldadura. Criterios para la aceptación de aceros ASTM A514, A517 y A 709 Grado 100 y 100W deben basarse en la inspección visual no realizada antes de las 48 horas de haber completado la soldadura.	X	X	X								
<b>(6) Soldadura tamaño inferior (Subdimensionadas)</b> El tamaño de la soldadura de filete en cualquier tramo continuo puede ser menor que el valor nominal especificado (L) sin corrección por los siguientes valores de (U): LU <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Tamaño nominal específico de soldadura (mm)</td> <td>reducción permitida de L (mm)</td> </tr> <tr> <td>&lt;=5</td> <td>&lt;=2</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>&lt;=2.5</td> </tr> <tr> <td>&gt;= 8</td> <td>&lt;=3</td> </tr> </table> En todos los casos, la parte de superposición no debe exceder de 10% de la longitud de la soldadura. En soldadura de flanges, la superposición no es permitida en los extremos de una longitud igual a dos veces el ancho del flange.	Tamaño nominal específico de soldadura (mm)	reducción permitida de L (mm)	<=5	<=2	6	<=2.5	>= 8	<=3	X	X	X
Tamaño nominal específico de soldadura (mm)	reducción permitida de L (mm)										
<=5	<=2										
6	<=2.5										
>= 8	<=3										
<b>(7) Socavadura/Mordedura</b> (A) Para el material de menos de 1 pulgada [25 mm] de espesor, la socavadura no podrá exceder de 1/32 pulgadas [1 mm], con la siguiente excepción: socavadura no podrá exceder de 1/16 pulgadas [2 mm] para cualquier longitud acumulada de 2 pulgadas [50 mm] en cualquier tramo de 12 pulgadas [300 mm]. Para el material igual o mayor de 1 pulgada [25 mm] de espesor, socavadura no podrá exceder de 1/16 pulg [2 mm] para cualquier longitud de soldadura.	X	NA	NA								
(B) En miembros principales, socavaduras no deben ser superior a 0,01 pulgadas (0.25 mm) de profundidad cuando la soldadura es transversal a esfuerzos de tracción en cualquier condición de carga de diseño. Las socavaduras no deben ser de más de 1/32 de pulgada. (1 mm) de profundidad para todos los casos.	NA	X	X								
<b>(8) Porosidad</b> (A) Las soldaduras de ranura CJP en las juntas a tope transversal a la dirección de esfuerzo de tracción calculada no tendrán porosidad tubular visible. Para el resto de soldaduras de ranura y para soldaduras de filete, la suma de la porosidad tubular visible de 1/32 pulgadas [1 mm] o más de diámetro no excederán de 3/8 pulgadas [10 mm] en cualquier pulgada lineal de soldadura y no excederán 3/4 de pulgada [20 mm] en cualquier longitud de soldadura de 12 pulgadas [300 mm].	X	NA	NA								
(B) La frecuencia de la porosidad tubular en soldaduras de filete no excederá de uno por cada 4 pulgadas [100 mm] de longitud de soldadura y el diámetro máximo no deberá exceder 3/32 de pulgada [2.5 mm]. Excepción: para soldaduras de filete que conectan atiesadores de red, la suma de los diámetros de la porosidad tubular no deberá exceder de 3/8 de pulgada [10 mm] en cualquier pulgada lineal de soldadura y no excederá de 3/4 pulg [20 mm] en cualquier soldadura de 12 pulgadas [300 mm] de Longitud.	NA	X	X								
(C) Soldaduras de ranura CJP en las juntas a tope transversal a la dirección de esfuerzo de tracción calculada no tendrá ninguna porosidad tubular. Para el resto de las soldaduras de ranura, la frecuencia de la porosidad tubular no excederá de una cada 4 pulgadas [100 mm] de longitud y el diámetro máximo no deberá exceder de 3/32 pulgada [2.5 mm].	NA	X	X								

Nota General: Una "X" indica aplicabilidad para el tipo de conexión, NA indica no aplicabilidad.

**Control de Revisiones:**

Revisión	Fecha de Vigencia	Descripción	Responsable
----------	-------------------	-------------	-------------