

INSPECCION POR LIQUIDOS PENETRANTES.
Relator: Pablo Padron.



INTRODUCCIÓN

Desde hace tiempo los Ensayos no Destructivos han sido ampliamente utilizados en la inspección de partes y componentes sin dañar su utilidad.

Existen diferentes tipos de Ensayos no destructivos que se utilizan de acuerdo con el objetivo específico de la inspección:

Inspección Visual, Líquidos Penetrantes, Partículas Magnéticas, Inspección por Ultrasonido, Inspección Radiográfica, Electromagnetismo (Corrientes de Eddy), Neutrografía, etc.

La prueba por Líquidos Penetrantes es un método que permite localizar y detectar discontinuidades superficiales, aun en piezas de geometría complicada. A pesar de que este método sólo detecta discontinuidades superficiales, es una prueba efectiva, confiable, rápida y fácil de aplicar a una gran variedad de materiales, además de ser relativamente económica.

El método consiste en aplicar un líquido con un color determinado sobre la superficie de la pieza a inspeccionar. Después de transcurrido el tiempo necesario para permitir que se introduzca el líquido en la discontinuidad, se limpia la superficie para eliminar el exceso de penetrante. Posteriormente se aplica un revelador, que es una sustancia de color contrastante al del penetrante que absorbe el líquido alojado en las discontinuidades; al extraerlo, produce una indicación o marca visible de la discontinuidad.

Breve Historia de la Inspección por Líquidos Penetrantes.

La inspección por Líquidos Penetrantes es uno de los métodos más antiguos de Pruebas no Destructivas. Se basa en el proceso del "Aceite y Blanqueador" empleado antiguamente para probar partes de acero, particularmente en la industria ferroviaria.

Este método consistía preparar la superficie, al remover de ella en lo posible la tierra, grasa, óxido, escamas, etc.; después la pieza era remojada en petróleo (el cual actuaba como penetrante) el tiempo suficiente para que entrara a cualquier discontinuidad abierta a la superficie; la pieza era extraída del petróleo y se limpiaban los residuos sobre la superficie (el único penetrante que quedaba en la pieza era el de las discontinuidades) y se cubría con una lechada de cal (que actuaba como revelador); posteriormente se hacía vibrar la pieza, de tal forma que el penetrante saliera de las discontinuidades donde se había alojado. De este modo se obtenía una mancha oscura sobre un fondo blanco. Este método permitía detectar grietas grandes; por lo que resultaba impráctico para discontinuidades pequeñas.

Evolución del ensayo

- Inicio de Inspección de Piezas con Kerosene.
- Desarrollo de una solución Blanca para dar contrastes.
- Aparece el concepto de Sensibilidad. (Vibración en Piezas)
- Desarrollo de Penetrantes Fluorescentes.
- Desarrollo de Penetrantes Visibles
- Invención de los Penetrantes Lavables con Agua con 1942.
- Reveladores en Polvo (secos).
- Los Reveladores Húmedos aparecen en 1944.
- En 1963 se crea el concepto de Emulsificador, siendo el Hidrofílico el primero en desarrollarse.

Definición de END

Los métodos de Ensayos No Destructivos (END) permiten obtener información de piezas o partes de una estructura metálica o no metálica, sin alterar sus condiciones de utilización o aptitud de servicio; es decir no provocan daños en el material, ni perjudican o interfieren con el uso futuro de las piezas o partes inspeccionadas.

Los métodos de END se aplican en diferentes etapas del proceso productivo, pudiendo ser éstas, el control de materia prima, durante el proceso de fabricación, así como en el ensayo final del producto y control en servicio.

Requisitos de calificación y certificación



DOCUMENTOS APLICABLES:

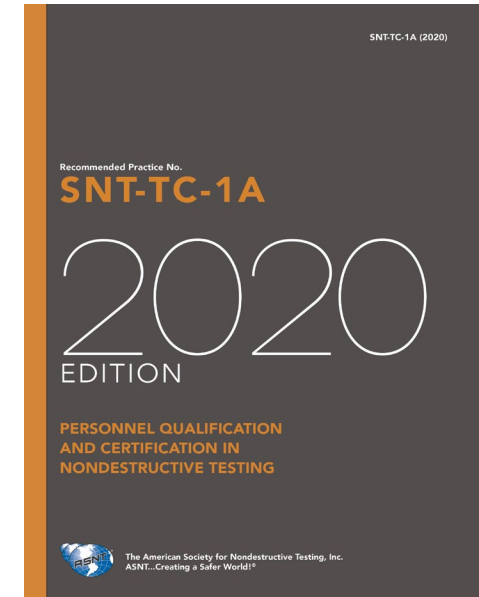
1. Práctica recomendada SNT-TC-1A
2. ANSI /ASNT **CP**-189
3. ISO.

REQUISITOS PARA LA CALIFICACION

1. Horas de entrenamiento
2. Aprobación de los exámenes: general, específico y práctico
3. Nivel de escolaridad
4. Experiencia.
5. Exámenes físicos: agudeza visual cercana y discriminación del color.

PRÁCTICA RECOMENDADA SNT-TC-I A CUALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL PERSONAL EN PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

- **1.0 Alcance**
- 1.1 Se reconoce que la efectividad de las aplicaciones del ensayo no destructivo depende en las capacidades del personal quienes son responsables de, y realizar, los PND. Esta práctica recomendada ha sido preparada para establecer directrices para la calificación y certificación del personal de PND cuyos trabajos específicos requieren de conocimiento apropiado del principio básico subyacente de los ensayos que realizan, presencian, monitorean, o evalúan.
- 1.2 Este documento proporciona directrices para el establecimiento de un programa de calificación y certificación.
- 1.3 Estas directrices han sido desarrolladas por la Sociedad Americana para Pruebas No Destructivas, Inc., para ayudar a los empleadores a reconocer los factores esenciales que deben ser considerados en el personal calificado que participa en cualquiera de los métodos PND enumerados en la **Sección 3**.
- 1.4 Se reconoce que estas directrices pueden no ser apropiadas para ciertas circunstancias y/o aplicaciones del empleador. Al desarrollar una práctica escrita como se requiere en la Sección 5, el empleador debería revisar las recomendaciones detalladas presentadas en este documento y modificarlas, según sea necesario, para cumplir requerimientos particulares. Dicha modificación puede alterar, pero no eliminará, las disposiciones básicas del programa, tales como la capacitación, experiencia, pruebas y la recertificación. La justificación técnica de apoyo para la modificación de recomendaciones detalladas se debe proporcionar en un anexo a la práctica escrita.
- 1.5 El uso de certificaciones centrales de terceros (por ejemplo, ACCP, ASNT PND Nivel II y otros programas de certificación de terceros reconocidos internacionalmente) se pueden usar en lugar de los exámenes del empleador, según corresponda, siempre que no exista un conflicto con el código o estándar de la industria que rige.
 - 1.5.1 Para las exámenes específicas y prácticas del Nivel II, el Nivel III en PND debería asegurar que el contenido de estas exámenes satisface los requerimientos en las secciones 8.4 y 8.5, respectivamente del programa del empleador.
 - 1.5.2 El uso de certificaciones centrales de terceros que satisfagan los requerimientos de las exámenes realizado por el empleador deberán ser documentadas en la práctica escrita del empleador.



PRÁCTICA RECOMENDADA SNT-TC-I A CUALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL PERSONAL EN PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

• 2.0 Definiciones

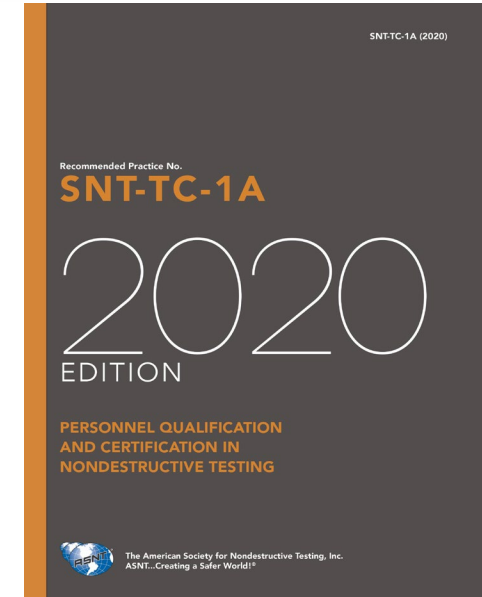
- 2.1 Los términos incluidos en este documento se definen a continuación:

- **2.1.1 Calibración, Instrumento:** La comparación de un instrumento con, o el ajuste de un instrumento hasta una referencia conocida(s) a menudo rastreable con el instituto Nacional del país aplicable o cuerpo de Normas. (Ver también Normalización, Instrumento).
- **2.1.2 Certificación:** testimonio escrito de calificación.
- **2.1.3 Autoridad de la certificación:** la persona o personas designadas adecuadamente en la práctica escrita para firmar las certificaciones en nombre del empleador.
- **2.1.4 Agencia de certificación:** el empleador del personal que está siendo certificado.
- 2.1.5 Examinación a libro cerrado: un examen administrado sin acceso al material en referencia a excepción de los materiales suministrados con o en la examinación (Ver 8.1.3.).
- **2.1.6 Comparable:** estar en un nivel equivalente o similar de responsabilidad y dificultad de NDT como se determina por el Nivel III en PND del empleador.
- 2.1.7 Velocidad de Detección: El número o porcentaje de indicaciones falsas permitidas así definidas por el Nivel III en PND.
- **2.1.8 Documentado:** La condición de ser en forma escrita.
- **2.1.9 Empleador:** la entidad corporativa, privada o pública que emplea personal directamente por un sueldo, salario, honorarios, u otras consideraciones. Esto incluiría a empelados que obtienen su persona de fuerza laboral suplementaria calificada a través de agencias de empleo, que suministran el uso y certificación de aquellos empleados suplementarios es dirigida en la práctica escrita del empleador.
- **2.1.10 Experiencia:** actividades de trabajo realizadas en un método PND específico bajo la dirección de Supervisión calificada que incluye el desempeño del método PND y las actividades relativas, pero sin incluir el tiempo dedicado a los programas de capacitación organizados.
- 2.1.11 Indicaciones Falsas: Cuando una indicación y / o unidad de clasificación se identifica incorrectamente como un defecto.
- 2.1.12 Unidad de Calificación: Una muestra o probeta de calificación que se puede dividir en secciones llamadas unidades de calificación, que no tienen que ser de igual longitud o estar igualmente espaciadas. Las unidades de calificación son defectuosas y no defectuosas y el porcentaje de unidades de clasificación defectuosas / y no defectuosas deberían ser aprobadas por el Nivel III en PND.



PRÁCTICA RECOMENDADA SNT-TC-I A CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL PERSONAL EN PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

- **2.0 Definiciones**
- **2.1.13 Certificación limitada:** los métodos de prueba no destructivos pueden subdividirse en disciplinas o técnicas limitadas para satisfacer los requerimientos específicos del empleador; Estas son certificaciones Nivel II en PND, pero con un alcance limitado.
- **2.1.14 Método:** Una de las disciplinas de las PND; por ejemplo, prueba por Ultrasonido, dentro del cual diversas técnicas de pruebas pueden existir.
- **2.1.15 Pruebas no destructivas:** Un proceso que involucra la inspección, prueba o evaluación de materiales, componentes y ensamblajes para detectar discontinuidades de materiales, propiedades y problemas de máquina sin dañar o destruir aún más la capacidad de servicio de la pieza. A lo largo de este documento, el término PND se aplica igualmente a los métodos de inspección de PND utilizados para las aplicaciones de inspección de materiales, detección de fallas o aplicaciones de mantenimiento predictivo (PdM).
- **2.1.16 Agencia externa:** una compañía o individuo que proporciona servicios de Nivel III en PND y cuyas calificaciones proporcionan estos servicios y han sido revisadas por el empleador que participa en la empresa o particular.
- **2.1.17 Instrucción Personalizada:** Puede consistir de un aula mixta, laboratorio supervisado, y/o suministros de cursos híbridos en línea basados en competencias. El contenido modular se cubre a través de una presentación en línea, en el aula, y/o grupos pequeños. La instrucción personalizada también permite a los estudiantes alcanzar competencias usando estrategias que se alinean con su conocimiento, destrezas y estilos de aprendizajes
- **2.1.18 Calificación:** habilidad demostrada, conocimiento demostrado, capacitación documentada y experiencia documentada requerida para que el personal realice adecuadamente las tareas de un trabajo específico.
- **2.1.19 Práctica recomendada:** un conjunto de guías para ayudar al empleador a desarrollar procedimientos uniformes para la calificación y certificación del personal de END para satisfacer las Requerimientos específicos del empleador.
- **2.1.20 Estandarización, Instrumento:** El ajuste de un instrumento de PND que usa una norma de referencia apropiada, para obtener o establecer una respuesta conocida y reproducible. (Esto es por lo general realizado antes de la examinación, pero puede ser llevada a cabo en cualquier momento que exista preocupación acerca de la examinación o respuesta del instrumento. (Ver también Calibración, Instrumento)
- **2.1.21 Técnica:** una categoría dentro de un método PND; por ejemplo, pruebas de espesor por ultrasonidos.
- **2.1.22 Empresa de terceros (Third-Party):** Una compañía u organización, sin una práctica escrita establecida, que provee fuerza laboral suplementaria al empleador; por ejemplo, una empresa de personal temporal.
- **2.1.23 Capacitación:** un programa organizado desarrollado para impartir el conocimiento y las habilidades necesarias para la calificación.
- **1.2.24 Práctica escrita:** un procedimiento escrito desarrollado por el empleador que detalla los requerimientos para la calificación y certificación de sus empleados.



3.1 La Calificación y Certificación del Personal de PND en concordancia con esta Práctica Recomendada es aplicada a cada uno de los siguientes Métodos:

3.0 Nondestructive Testing Methods

3.1 Qualification and certification of NDT personnel in accordance with this Recommended Practice is applicable to each of the following methods:

Acoustic Emission Testing

Electromagnetic Testing

Ground Penetrating Radar

Guided Wave Testing

Laser Methods Testing

Leak Testing

Liquid Penetrant Testing

Magnetic Flux Leakage Testing

Magnetic Particle Testing

Microwave Technology Testing

Neutron Radiographic Testing

Radiographic Testing

Thermal/Infrared Testing

Ultrasonic Testing

Vibration Analysis

Visual Testing

Prueba de Emisión Acústica

Prueba Electromagnética

Prueba de Geo-radar

Prueba de Ondas Guiadas

Métodos de Pruebas Laser

Pruebas de Fugas

Pruebas de Líquidos Penetrantes

Fuga de Campo Magnético

Prueba de Partículas Magnetizables

Tecnología de Microondas

Prueba de Radiografía por Neutrones

Prueba Radiográfica

Prueba Térmica/Infrarroja

Prueba Ultrasónica

Análisis Vibracional

Prueba Visual

PRÁCTICA RECOMENDADA SNT-TC-I A CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL PERSONAL EN PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

- **4.0 Niveles de Calificación**
- 4.1 Hay tres niveles básicos de calificación. El empleador puede subdividir estos niveles para situaciones. donde se consideren necesarios niveles adicionales para habilidades y responsabilidades específicas.
- 4.2 Mientras se encuentre inicialmente en proceso de ser capacitado, calificado y certificado, ¡un individuo! debería ser considerado un aprendiz. Un aprendiz debería trabajar con un individuo certificado. El aprendiz no debería realizar, interpretar, evaluar o informar de forma independiente los resultados de cualquier prueba PND.
- 4.3 El conocimiento técnico recomendado y los conjuntos de habilidades para los tres niveles básicos de calificación son como sigue:
- 4.3.1 Nivel I en PND. Un individuo Nivel I en PND, debería tener suficiente conocimiento técnico y habilidades para ser calificado para ejecutar de manera apropiada las calibraciones específicas en PND específicas y evaluaciones específicas para la determinación de la aceptación o rechazo según instrucciones escritas y para registrar resultados. El nivel I en PND debería recibir la instrucción necesaria y supervisión de un individuo certificado nivel II o III en PND.
- **4.3.2 Nivel II en PND.** Un individuo Nivel II en PND debería tener suficiente conocimiento técnico y habilidades para ser calificado para configurar y calibrar equipos e interpretar y evaluar resultados con respecto a los códigos, normas y especificaciones aplicables. El Nivel II en PND debería estar completamente familiarizado con el alcance y las limitaciones de los métodos para los cuales debe ejercer la responsabilidad asignada para la capacitación en el trabajo y la orientación de los aprendices y Personal Nivel I en PND. El Nivel II en PND debería poder organizar e informar los resultados de pruebas en PND.
- 4.3.3 Nivel III en PND. Un individuo Nivel III en PND debería tener suficiente conocimiento técnico y habilidades para ser capaz de desarrollar, calificar y aprobar procedimientos, establecer técnicas de aprobación, Interpretar códigos, normas, especificaciones y procedimientos; y designar los métodos, técnicas y procedimientos de PND particulares que se utilizarán. El Nivel III en PND debería ser el responsable de las operaciones de PND para los cuales fue calificado y asignado y debe ser capaz de interpretar y evaluar los resultados en términos de los Códigos, normas y especificaciones existentes. El Nivel III en PND debería tener antecedentes suficientes en práctica de materiales aplicables, fabricación y tecnología de productos para establecer técnicas y para ayudar a establecer los criterios de aceptación cuando no hay otra cosa disponible. El nivel III en PND debería estar familiarizado en términos generales con otros Métodos de PND apropiados, como se demuestra en un examen Nivel III ASNT básico u otros medios. El nivel III en PND, en los métodos en los cuales se certificó, debería tener suficientes conocimientos técnicos y habilidades para ser capaz de entrenar y examinar personal en niveles I, II y III en PND para la certificación en dichos métodos.



PRÁCTICA RECOMENDADA SNT-TC-I A CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL PERSONAL EN PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

5.0 Práctica Escrita

- 5.1 El empleador deberá establecer una práctica escrita para el control y administración de la capacitación, el examen y la certificación del personal de PND.
- 5.2 La práctica escrita del empleador debería describir la responsabilidad de cada nivel de certificación para determinar la aceptabilidad de los materiales o componentes de acuerdo con los códigos, normas, especificaciones y procedimientos aplicables.
- 5.3 La práctica escrita del empleador debería describir los requisitos de capacitación, experiencia y examen para cada nivel de certificación por método y técnica, según corresponda.
- 5.4 La práctica escrita del empleador debería identificar las técnicas de la prueba dentro de cada método de prueba aplicable a su alcance de las operaciones.
- 5.5 La práctica escrita del empleador deberá ser revisada y aprobada por el Nivel III en END del empleador.
- 5.6 La práctica escrita del empleador deberá mantenerse en el archivo.

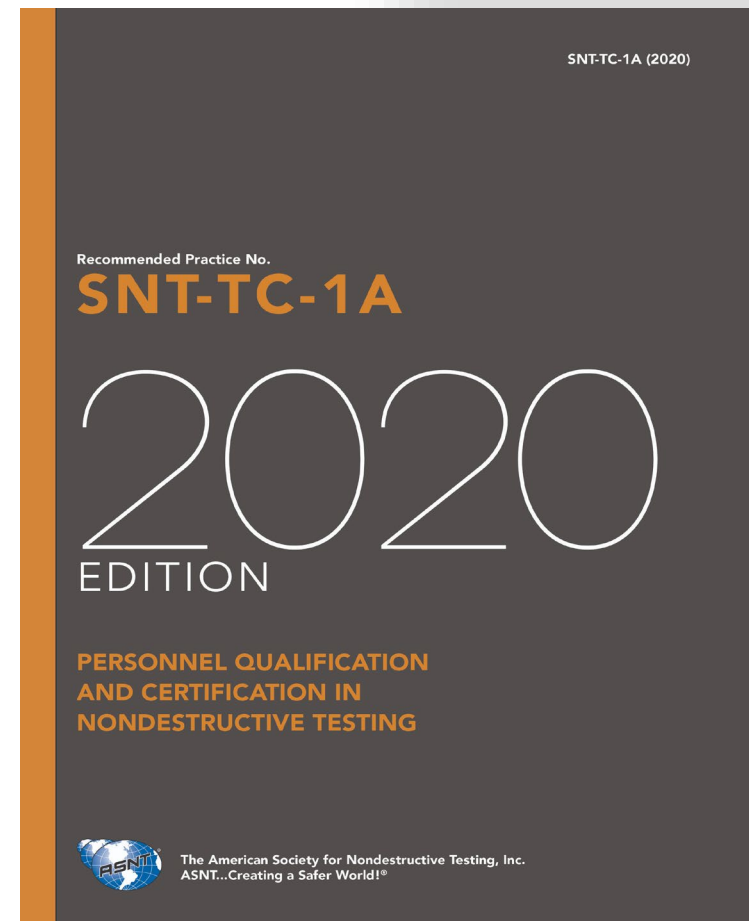
6.0 Requisitos de Educación, Capacitación y Experiencia para la Calificación Inicial

- 6.1 Los candidatos para la certificación en PND deberían tener suficiente educación, capacitación y experiencia para asegurar la calificación en aquellos métodos de END en los que se les está considerando para la certificación. La documentación de la certificación previa puede ser utilizada por un empleador como evidencia de la calificación para los Niveles comparables de la certificación.
- 6.2 La capacitación documentada y/o la experiencia obtenida en posiciones y actividades comparables a las de los Niveles I, II y/o III antes del establecimiento de la práctica escrita del empleador pueden considerarse para satisfacer los criterios de la Sección 6.3.
- 6.3 Para ser considerado para la certificación, un candidato debe cumplir uno de los siguientes criterios para el nivel PND aplicable:



Tabla 6.3.1A: Entrenamiento Inicial Recomendado y Niveles de Experiencia

MÉTODO DE EXAMINACIÓN	NIVEL EN PND	TÉCNICA	HORAS DE ENTRENAMIENTO	EXPERIENCIA	
				HORAS MÍNIMAS EN EL MÉTODO	HORAS TOTALES EN PND
Emisión Acústica	I		40	210	400
	II		40	630	1200
Electromagnético	I	Medición de campo CA	40	210	400
	II		40	630	1200
	I	Corriente de Eddy	40	210	400
	II		40	630	1200
	I	Campo remoto	40	210	400
	II		40	630	1200
Georadar	I		8	60	120
Ondas guiadas	I		40	420	800
	II		40	240	460
Métodos laser	I	Rugosimetría	8	70	130
	II		24	140	260
	I	Holografía/ Xerografía	40	210	400
	II		40	630	1200
Prueba de fugas	I	Prueba de la burbuja	2	3	15
	II		4	35	80
	I	Cambio de presión	24	105	200
	II		16	280	530
	I	Diodo de alógeno	12	105	200
	II		8	280	530
	I	Espectrometría de masa	40	280	530
	II		24	420	800
Prueba de Líquidos Penetrantes	I		4	70	130
	II		8	140	270
Fuga de Flujo magnético	I		16	70	130
	II		12	210	400
Partículas magnetizables	I		12	70	130
	II		8	210	400
Tecnología de microondas	I		40	210	400
	II		40	630	1200
Radiografía por neutrones	I		28	420	800
	II		40	1680	2400
Prueba radiográfica	I	Radiográfica	40	210	400
	II		40	630	1200
	I	Radiografía computarizada	40	210	400
	II		40	630	1200
	I	Tomografía computarizada	40	210	400
	II		40	630	1200
	I	Radiografía digital	40	210	400
	II		40	630	1200
Térmica/Infrarrojo	I		32	210	400
	II	Diagnóstico de edificios	34	1260	1800
	II	Electricidad y mecánica	34	1260	1800
	II	Ensayos de materiales	34	1260	1800
Prueba ultrasónica	I		40	210	400
	II		40	630	1200
	II	Captura de matriz completa	80	320	n/a
	II	Prueba ultrasónica de arreglo de fases	80	320	n/a
	II	Tiempo de difracción de vuelo	40	320	n/a
Análisis vibracional	I		24	420	800
	II		72	1680	2400
Prueba visual	I		8	70	130
	II		16	140	270



PRÁCTICA RECOMENDADA SNT-TC-I A CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL PERSONAL EN PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

- Tabla 6.3.1A Notas:
- **1.0** Una persona puede estar calificada directamente para Nivel II en PND sin tener el tiempo como certificado Nivel I en PND, siempre que la capacitación y experiencia recomendadas consista en la suma de las horas recomendadas para el Nivel I y Nivel II en PND.
- **2.0** Para la certificación de Nivel III en PND, la experiencia debe consistir en la suma de las horas para el Nivel I y el Nivel II en PND, más el tiempo adicional en 6.3.2 (Lamina siguiente) según corresponda. El entrenamiento formal debe consistir en el entrenamiento de Nivel I y Nivel II en PND, más cualquier entrenamiento formal adicional como se define en la práctica escrita del empleador.
- **3.0** Las horas de entrenamiento enumeradas **pueden ajustarse** como se describe en la práctica escrita del empleador dependiendo del nivel de educación real del candidato, por ejemplo. bachillerato, licenciado en ingeniería, etc.
- 4.0 La capacitación debe ser descrita en la práctica escrita del empleador. Las horas de entrenamiento de Partículas Magnetizables se pueden contar para las horas de entrenamiento de Fuga de Flujo Magnético como se define en la práctica escrita del empleador.
- 5.0 Si una persona actualmente está certificada en una técnica ET y se utilizó un formato de curso completo para cumplir con los requisitos iniciales en esa técnica, las horas de entrenamiento mínimas para calificar en otra técnica ET en el mismo nivel de PND pueden reducirse hasta un 40 por ciento si así definido en la práctica escrita del empleador. Si una persona está certificada en una técnica de ET, la experiencia mínima para calificar para otra técnica de ET en el mismo nivel o en el siguiente nivel puede reducirse hasta en un 50 por ciento si así se define en la práctica escrita del empleador.
- **6.0** Mientras cumple con el requisito de experiencia total en PND, la experiencia puede obtenerse en más de un (1) método, sin embargo, se deben cumplir las horas mínimas para cada método.
- 7.0 Si una persona actualmente está certificada en una técnica de Pruebas radiográficas y se utilizó un formato de curso completo para cumplir con los requisitos iniciales en esa técnica, las horas de entrenamiento adicionales mínimas para calificar en otra técnica en el mismo nivel deben ser 24 horas (de las cuales al menos 16 horas debe ser familiarización con el equipo). El esquema de capacitación debe ser como se define en la práctica escrita del empleador. Si una persona está certificada en una técnica, la experiencia adicional mínima requerida para calificar para otra técnica en el mismo nivel puede reducirse hasta en un 50 por ciento, según se define en la práctica escrita del empleador.
- 8.0 Independientemente de la capacitación recomendada para las certificaciones de Nivel I y II, se requiere que el aprendiz reciba capacitación sobre seguridad radiológica según lo exige la jurisdicción reguladora.
- 9.0 Si una persona actualmente está certificada en una técnica térmica / infrarroja y se utilizó un formato de curso completo para cumplir con los requisitos iniciales en esa técnica, las horas de entrenamiento adicionales mínimas para calificar en otra técnica en el mismo nivel deben ser 20 horas (de las cuales al menos 16 horas debe ser de familiarización de la técnica específica). El esquema de capacitación debe ser como se define en la práctica escrita del empleador. Si una persona está certificada en una técnica, la experiencia adicional mínima requerida para calificar para otra técnica en el mismo nivel puede reducirse hasta en un 50 por ciento, según se define en la práctica escrita del empleador.
- 10.0 La Difracción en Tiempo de Vuelo y el Arreglo de Fase requieren la certificación ultrasónica de nivel II como requisito previo. PND aplicable:



PRÁCTICA RECOMENDADA SNT-TC-I A CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL PERSONAL EN PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS



6.3.1 Niveles PND I y II

- La Tabla 6.3.1 A Enumera las horas de capacitación y experiencia recomendadas para ser consideradas por el empleador al establecer las prácticas escritas para la calificación inicial de individuos PND Nivel I y Nivel II en PND. La Tabla 6.3.1 B enumera las horas iniciales de entrenamiento y experiencia, que pueden ser consideradas por el empleador para aplicaciones limitadas específicas según lo definido en la práctica escrita del empleador.
- Las certificaciones limitadas deberían aplicarse a las personas que no cumplan con la capacitación y experiencia completas de la Tabla 6.3.1 A. Las certificaciones limitadas emitidas en cualquier método deben ser aprobadas por el Nivel III en PND y documentadas en los registros de certificación.

6.3.2 Nivel III en PND

- 6.3.2.1 Tener un título de bachillerato o media (o superior) en ingeniería o ciencias, más un año adicional de experiencia más allá de los requisitos del Nivel II en PND en una asignación comparable a la de un Nivel II en PND en los métodos PND aplicables, o:
- 6.3.2.2 Haber completado con calificaciones aprobatorias al menos dos años de ingeniería o estudios de ciencias en una universidad, colegio o escuela técnica, más dos años adicionales de experiencia más allá de los requisitos del Nivel II en PND en una tarea al menos comparable a la de Nivel II en PND en el (los) método (s) PND aplicables, o:
- 6.3.2.3 Tener cuatro años de experiencia más allá de los requerimientos del Nivel II en PND en una asignación al menos comparable a la de un Nivel II en PND en el (los) método (s) PND aplicables.
- Los requisitos anteriores del Nivel III en PND pueden ser reemplazados parcialmente por la experiencia como Nivel II en PND certificado o por asignaciones al menos comparables al Nivel II en PND como se define en la práctica escrita del empleador.



PRÁCTICA RECOMENDADA SNT-TC-I A CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL PERSONAL EN PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS



- **7.0 Programas de Entrenamiento**

- 7.1 El personal que se considera para la certificación inicial debería completar una capacitación organizada suficiente. La capacitación organizada puede incluir capacitación dirigida por un instructor, instrucción personalizada, virtual dirigida por un instructor, o capacitación basada en la web. La capacitación basada en la computadora y en la web debe hacer un seguimiento de las horas y contenido de la capacitación con los exámenes de los estudiantes de acuerdo con 7.2. La capacitación lo suficientemente organizada deberá ser tal que garantice que el alumno esté completamente familiarizado con los principios y las prácticas del método de PND especificado en relación con el nivel de la certificación deseada y, aplicable a los procesos a utilizar y los productos a probar. Todos los programas de capacitación deberían ser aprobados por el Nivel III en PND responsable del método aplicable.
- 7.2 El programa de capacitación debería incluir exámenes suficientes para asegurar la comprensión de la Información necesaria.
- 7.3 Esquemas recomendados del curso de capacitación y referencias para el personal de los niveles I, II y III en PND, que pueden utilizarse como material de origen técnico, se encuentran en ANS/AISNT CP-105: ASNT Estándar Tópico [Esquemas para la calificación del personal de pruebas no destructivas.
- 7.4 El empleador que compra servicios de capacitación externos es responsable de garantizar que dichos servicios cumplan con los requisitos de la práctica escrita del empleador.



PRÁCTICA RECOMENDADA SNT-TC-1 A CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL PERSONAL EN PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS



- **8.0 Examinaciones**
- 8.1 Administración y Calificaciones
- 8.1.1 Todas las preguntas del examen de calificación deben ser aprobadas por el Nivel III en PND, responsable del método aplicable.
- 8.1.2 Un Nivel III en PND debería ser responsable por la administración y calificación de las exámenes especificadas en la Sección 8.3 hasta 8.8 para el Nivel I y Nivel II, u otro personal Nivel III. La administración y calificación de los exámenes pueden ser delegadas a un representante calificado del Nivel III en PND y así registrado. Un representante calificado del empleador puede realizar la administración real y la calificación de los exámenes de nivel III de PND especificados en 8.7.
- 8.1.2.1 Ser designado como representante calificado del nivel III en PND para la administración y calificación de PND Nivel I y Nivel II para las exámenes de calificación del personal, la persona designada debería tener documentación, instrucción apropiada por el Nivel III en PND en la correcta administración y calificación de los exámenes de calificación antes de realizar y calificar los exámenes de calificación independientes para personal de PND. Adicionalmente, el examen práctico debería ser administrado por una persona. certificado en el método PND aplicable como Nivel II o III en PND.
- 8.1.3 Todos los exámenes escritos Nivel I, II y III en PND deben ser de libro cerrado, excepto que sea necesario la información, tales como gráficos, tablas, especificaciones, procedimientos, códigos, etc., se pueden proporcionar con o en el examen. Las preguntas escrita del empleador. que utilizan dichos materiales de referencia deberían requerir un entendimiento de la información en lugar de simplemente localizar la respuesta apropiada.



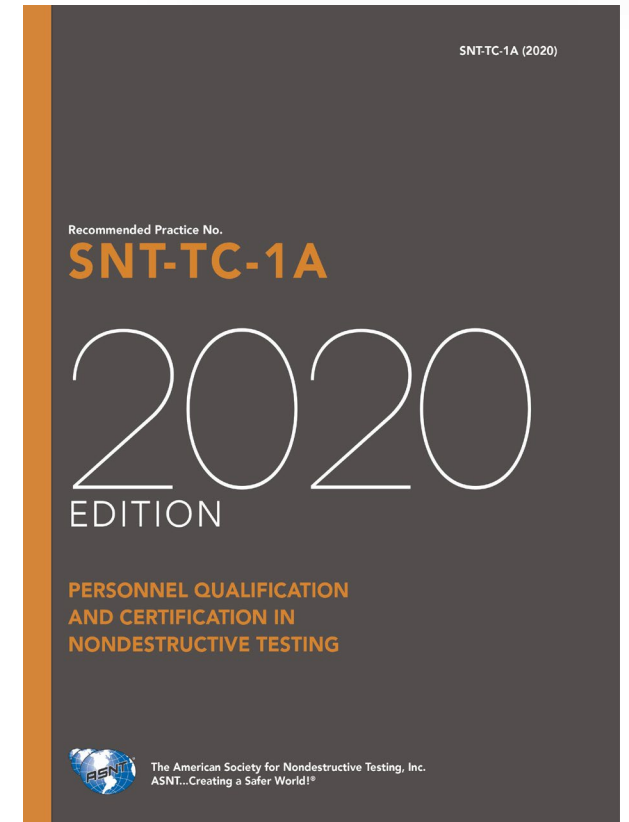
PRÁCTICA RECOMENDADA SNT-TC-1 A CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL PERSONAL EN PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS



- 8.1.4 Para el personal Nivel I y Nivel II en PND, una calificación compuesta debería ser determinada mediante un promedio simple de los resultados de las exámenes general, específico, y práctica descritas anteriormente. Para el personal Nivel III, la calificación compuesta debería ser determinada mediante un promedio simple de los resultados de las exámenes básicas, métodos, y específicas descritas anteriormente
- 8.1.5 Las exámenes administrados por el empleador para la calificación resultarían en aprobar una calificación compuesta de al menos el 80%, sin examen escrito individual que tenga una calificación de aprobación menor del 70%. La examen práctica debería tener una aprobación de al menos el 80%.
- 8.1.6 Cuando una examen es administrado y calificado por el empleador por una agencia externa y la agencia externa califica los resultados solo de aprobación y fracaso, en un reporte certificado, entonces el empleador puede aceptar la calificación aprobada como el 80% para una examen particular.
- 8.1.7 El empleador que adquiere servicios externos es responsable de asegurar que los servicios de examen cumplen con los requerimientos de la práctica escrita del empleador.
- 8.1.8 En ningún caso será una examen administrado por uno mismo o por un subordinado.

8.2 Exámenes de la Visión

- 8.2.1 Agudeza visual cercana. La examen debería asegurar la agudeza a la distancia cercana correcta o natural, en al menos un ojo tal como la persona que aplica es capaz de leer un mínimo de número 2 Jaeger o tipo y tamaño equivalente de letra a la distancia designada en la carta, pero no menor que 12 in. (30.5 cm) en una carta de ensayo Jaeger estándar. Esto debería ser administrado anualmente.
- 8.2.2 La diferenciación del contraste de color. La examen debería demostrar la capacidad de distinguir y diferenciar el contraste entre colores y sombras de gris usados en el método cuando es determinado por el empleador. Esto debería ser dirigido en la certificación inicial y a intervalos de cinco años después de eso.
- 8.2.3 Exámenes Visuales expiran en el último mes de vencimiento.



PRÁCTICA RECOMENDADA SNT-TC-I A CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL PERSONAL EN PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS



8.3 General (Escrita- para Niveles I y II en PND)

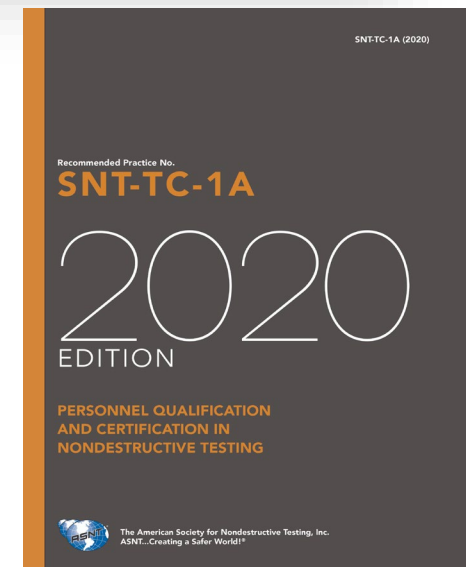
- 8.3.1 Las exámenes generales deberían direccionar los principios básicos del método aplicable.
- 8.3.2 En la preparación de las exámenes, el Nivel III en PND debería seleccionar o inventar preguntas apropiadas que cubran el método aplicable de la calificación requerida por la práctica escrita del empleador.
- 8.3.3 Ver Apéndice A para las preguntas de ejemplos.
- 8.3.4 El número mínimo de preguntas que sería dada es mostrada en la tabla 8.3.4
- 8.3.5 Un Certificado Nivel II ACCP válido o Nivel II en PND ASNT puede ser aceptado que cumpla con los criterios de examinación general para cada método aplicable si el nivel III en PND ha determinado que los exámenes ASNT cumplan con los requisitos de la práctica escrita del empleador.

8.4 Específico (Escrito - para Niveles I y II en PND)

- 8.4.1 El examen específico debe abordar el equipo, los procedimientos de operación y las Técnicas en PND que el individuo puede encontrar durante las asignaciones específicas al grado requerido por la práctica escrita del empleador.
- 8.4.2 El examen específico también debe cubrir las especificaciones o códigos y los criterios de aceptación utilizados en los procedimientos de PND del empleador.
- 8.4.3 Número mínimo de preguntas que serían dadas se muestra en la Tabla 8.3.4.
- 8.4.4 Un Certificado Nivel II ACCP o Nivel II ASNT válido en PND, puede ser aceptado que cumpla con los criterios de examinación específica para cada método aplicable si el Nivel III en PND ha determinado que las exámenes ASNT cumplen con los requerimientos de la práctica escrita del empleador.

8.5 Práctico (Para Nivel I y II PND)

- 8.5.1 El candidato debería demostrar estar familiarizado con el equipo de PND y ser capaz de operarlo lo necesario, registrar y analizar la información resultante al grado requerido.
- 8.5.2 Al menos una muestra o componente con falla debería ser probado y los resultados de la PND analizada por el candidato.
 - 8.5.2.1 El examen práctico de arreglo de fases y tiempo de vuelo. Las muestras defectuosas utilizadas para los exámenes prácticos deben ser representativas de los componentes y / o configuraciones que los candidatos deberían estar probando bajo este aval y aprobado por el Nivel III en PND.
 - 8.5.2.2 Para la Certificación de Interpretación Limitada de Películas, el examen práctico debería consistir en la revisión y calificación de un número suficiente de radiografías para demostrar el desempeño satisfactorio para la aprobación del Nivel III en PND.
- 8.5.3 La descripción de la muestra, el procedimiento PND, incluidos los puntos de control, y los resultados del examen deben ser documentados.
- 8.5.4 Examen Práctico Nivel I en PND. La competencia debería demostrarse en la ejecución de la técnica en PND aplicable en una o más muestras o problemas de máquinas aprobados por el Nivel III en PND y en la evaluación de los resultados según el grado de responsabilidad descrito en la práctica escrita del empleador. Al menos en diez (10) puntos de control diferentes requieren de una comprensión de las variables de la prueba y los requerimientos procedimentales del empleador deberían ser Incluido en este examen práctico. El candidato debería detectar todas las discontinuidades y condiciones especificadas por el Nivel III en PND.
- Nota: Si bien es normal calificar la práctica en un percentil, los exámenes prácticos deben contener puntos de control que, si no se completan con éxito, resultará en la reprobación del examen.
- 8.5.5 El examen Práctico del Nivel II en PND. La competencia debería ser demostrada en seleccionar y realizar la técnica PND aplicable dentro del método e interpretar y evaluar los resultados en una o más muestras o problemas de máquinas aprobados por el Nivel III en PND. Al menos en diez (10) puntos de control diferentes requieren de una comprensión de las variables de la prueba y los requerimientos procedimentales del empleador deberían ser Incluido en este examen práctico. El candidato debe detectar todas las discontinuidades y condiciones especificadas por el nivel III en PND. La práctica escrita debería direccionar la velocidad de detección, así como también el número máximo de indicaciones falsas aceptables. Un ejemplo de una lista de verificación de la examinación práctica se adjunta como Apéndice B a esta práctica recomendada. La lista de verificación de ejemplo se ha proporcionado como guía para el desarrollo de exámenes prácticos para cualquier método o nivel.



PRÁCTICA RECOMENDADA SNT-TC-1 A CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL PERSONAL EN PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS



8.8 Reexaminación

- 8.8.1 Aquellos que fallan en alcanzar las calificaciones requeridas deberían esperar al menos treinta (30) días o recibir entrenamiento adicional apropiado determinado así por el Nivel III antes de la reexaminación.

9.0 Certificación

- 9.1 La Certificación del personal en PND en todos los Niveles de Calificación es responsabilidad del empleador.
- 9.2 La Certificación del personal debería estar basada en la demostración de la calificación satisfactoria en concordancia con la Sección 6, 7, y 8 como fue descrita en las practica escrita del empleador.
- 9.3 A la opción del empleador, una agencia externa poder ser contratada para proveer los servicios de un Nivel III en PND. En tales instancias, la responsabilidad de la certificación de los empleados deberá ser retenidas por la duración especificada por el del empleador
- 9.4 Los registros de Certificación del personal deberían ser mantenidos en archivos por el empleador según la duración especificada en la práctica escrita del empleador e incluiría lo siguiente:
 - 9.4.1 Nombre del Individuo certificado.
 - 9.4.2 Nivel de certificación, en el método de PND y/o técnica, así aplicable.
 - 9.4.3 Formación y experiencia educacional de los individuos certificados.
 - 9.4.4 Declaración que indique la culminación satisfactoria del entrenamiento en concordancia con la práctica escrita del empleador.
 - 9.4.5 Los resultados de las exámenes visuales prescritas en 8.2 para el periodo de examen normal.
 - 9.4.6 Copia(s) de la examinación normal o evidencia de la culminación exitosa de las exámenes.
 - 9.4.7 Otras evidencias disponibles de las calificaciones satisfactorias cuando tales calificaciones son usadas en vez de las calificaciones prescritas en 8.7.3.2 o como se describió en la práctica escrita del empleador.
 - 9.4.8 Calificación(s) compuestas o evidencia apropiada de las calificaciones.
 - 9.4.9 La firma del Nivel III en PND que verificó las calificaciones del candidato para la certificación.
 - 9.4.10 Fecha de la certificación y/o recertificación.
 - 9.4.11 Fecha de caducidad de la certificación.
 - 9.4.12 Firma de la autoridad calificadora del empleador.
- 9.5 La Certificación certifica y las tarjetas de cartera de bolsillo. Las siguientes recomendaciones se consideran la mejor practica y deberían seguirse:
 - 9.5.1 El nombre legal del empleador debería ser identificado de forma clara seguido por el número de documento y número de revisión/edición de la práctica recomendada.
 - 9.5.2 El certificado indicaría "SNT-TC-1A "por los cuatro dígitos del año de la edición aplicable de la SNT-TC-1A que la práctica escrita desarrolló y siguió.
 - 9.5.3 Nombre completo legal del individuo certificado en el alfabeto latino básico ISO. También se pueden utilizar caracteres adicionales cuando sea habitual para adaptarse a los idiomas locales.
 - 9.5.4 El nivel de certificación, la técnica y/o método de PND, así aplicable y las limitaciones (Si existen).
 - 9.5.5 Las limitaciones y la autorización de la Certificación deberían estar claramente definidas, cuando sea apropiado para el empleador, lo que puede incluir restricciones en las formas del producto, sectores industriales, códigos, normas, y procedimientos de examinación.

PRÁCTICA RECOMENDADA SNT-TC-I A CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL PERSONAL EN PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS



10.0 Evaluación de la habilidad Técnica

- 10.1 El personal en PND puede ser re-examinado en cualquier momento según discreción del empleador y pueden tener sus certificados extendidos o revocados.
- 10.2 Periódicamente, como fue definido en la práctica escrita del empleador, el personal Nivel I y II en PND debería re-evaluado por el Nivel III en PND administrando una examinación práctica. La examinación practica debería seguir el formato y las guiaturas descritas en la sección 8.5.

11.0 Servicio Interrumpido

- 11.1 La práctica del empleador debería incluir las reglas que rigen los tipos y la duración de los servicios interrumpidos que requiere reexaminación y recertificación.
- 11.2 La práctica escrita debería especificar los requerimientos para la reexaminación y/o recertificación para el servició interrumpido.

12.0 Recertificación

- 12.1 Todos los niveles del personal de PND deberá ser recertificado periódicamente en concordancia con uno de los siguientes criterios:
 - 12.1.1 La evidencia de desempeño técnico satisfactorio continua.
 - 12.1.2 La reexaminación en aquellas porciones de las reexaminaciones en la sección 8 considerado necesario por el nivel III en PND del empleador
- 12.2 Los intervalos de recertificación máxima recomendada son de 5 años para todos los niveles. Las certificaciones expiran en el último día del mes de la caducidad.
- 12.3 Cuando se agregan nuevas técnicas a la práctica escrita del empleador, el personal de nivel III en PND debería recibir entrenamiento aplicable, tomar exámenes aplicables y obtener la experiencia necesaria, tales que el nivel III en PND cumpla con los requerimientos de la nueva técnica según tabla 6.3.1, antes de sus próximas fechas de recertificaciones, en el método aplicable,

13.0 Terminación

- 13.1 La certificación del empleador deberá ser considerada revocada cuando el empleo se ha terminado.
- 13.2 Un Nivel I, II, o III en PND, cuyas certificaciones han sido canceladas pueden ser certificados por el nivel III en PND anterior por un nuevo empleador, basado en la examinación, según se describe en la sección 8, siempre que todas las condiciones siguientes se cumplan para la satisfacción del nuevo empleador
 - 13.2.1 El empleado tiene comprobante de certificación previa.
 - 13.2.2 El empleado estaba trabajando en la capacidad certificada dentro de los seis (6) meses de la finalización.
 - 13.2.3 El empleado está siendo certificado dentro de seis meses de finalización.



Clasificación de los END

Se pueden clasificar según sus fundamentos, aplicaciones o su estado actual de desarrollo.

SEGÚN SU FUNDAMENTACION:

Se basan esencialmente en las aplicaciones de uno o varios de los siguientes fenómenos físicos:

- Ondas electromagnéticas (comprendiendo fenómenos basados en las propiedades eléctricas y/o magnéticas de las muestras.)
- Ondas elásticas o acústicas
- Emisión de partículas subatómicas.
- Otros fenómenos, tales como los de capilaridad, estanqueidad, absorción, etc.

Clasificación de los END

SEGÚN SUS APLICACIONES:

De manera general se puede decir que las aplicaciones de los métodos de END permiten realizar estudios de defectología, hacer mediciones y caracterizar materiales.

- Defectología: Detección, ubicación y evaluación de: discontinuidades, impurezas, corrosión, fugas; puntos calientes, etc.
- Metrología: Medición de: espesores de material base de ambos lados y de un solo lado, de recubrimientos, de dureza, controles de nivel, etc.
- Caracterización de materiales: Determinación de características físicas, mecánicas, químicas.

Para realizar un END

- Pieza a inspeccionar.
- Materiales y equipo a emplear
- Procedimiento Escrito .
- Personal calificado y certificado Nivel Requerido
- Norma técnica que respalda el procedimiento

Etapas básicas de una inspección

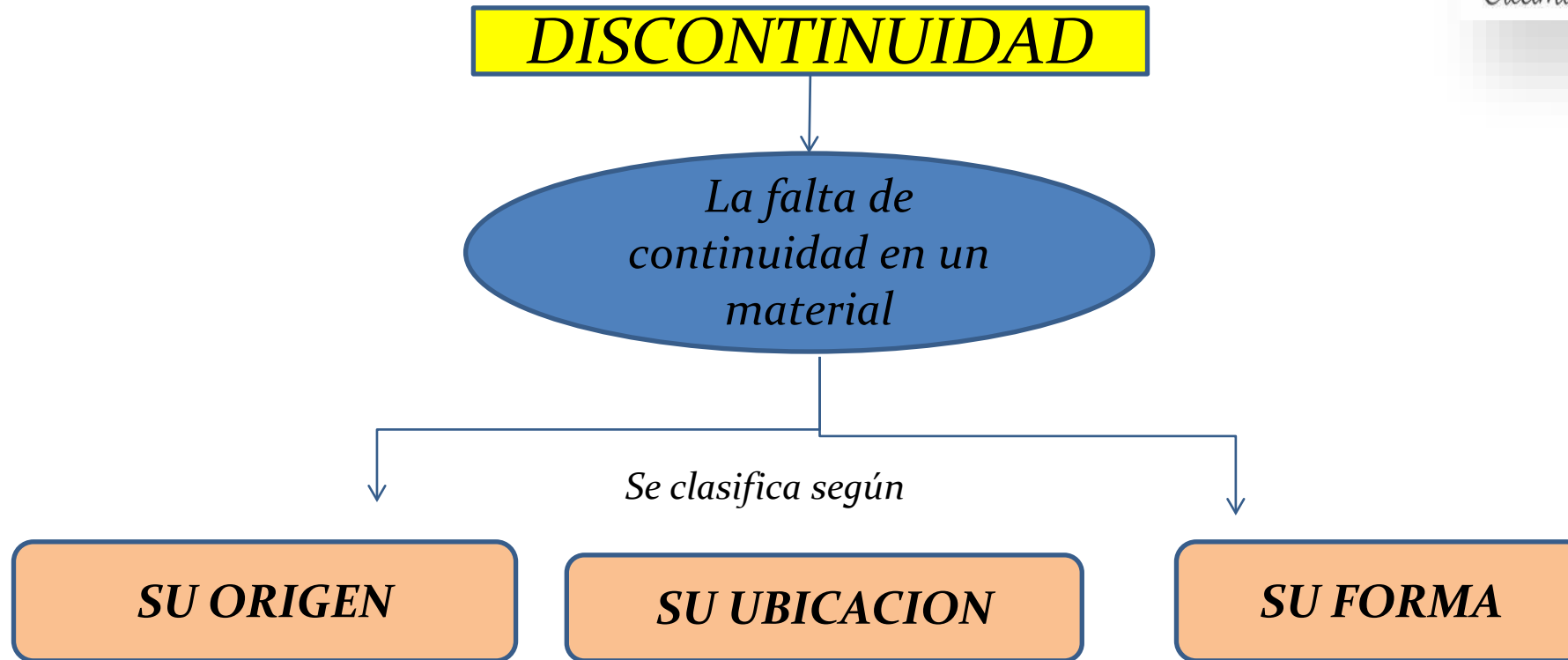
Selección del método

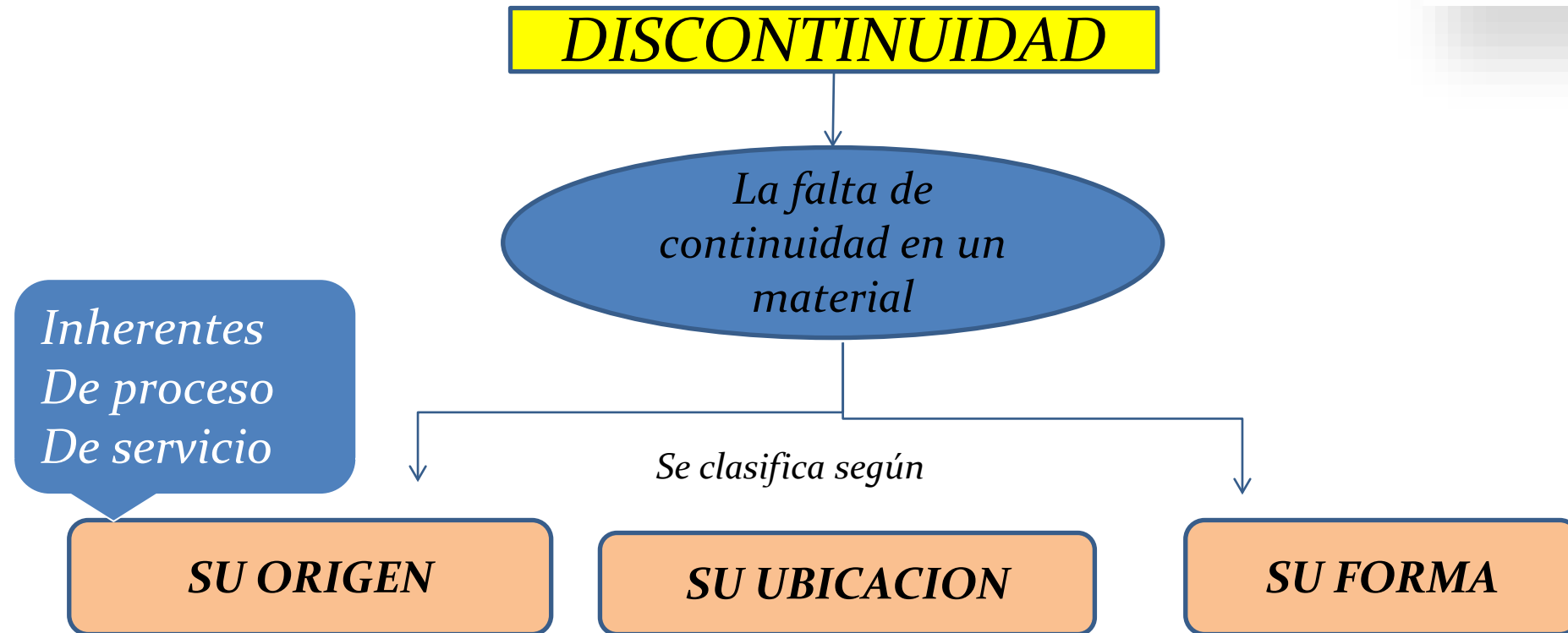
Obtención de una indicación



Evaluación de la indicación.

Interpretación de una indicación.

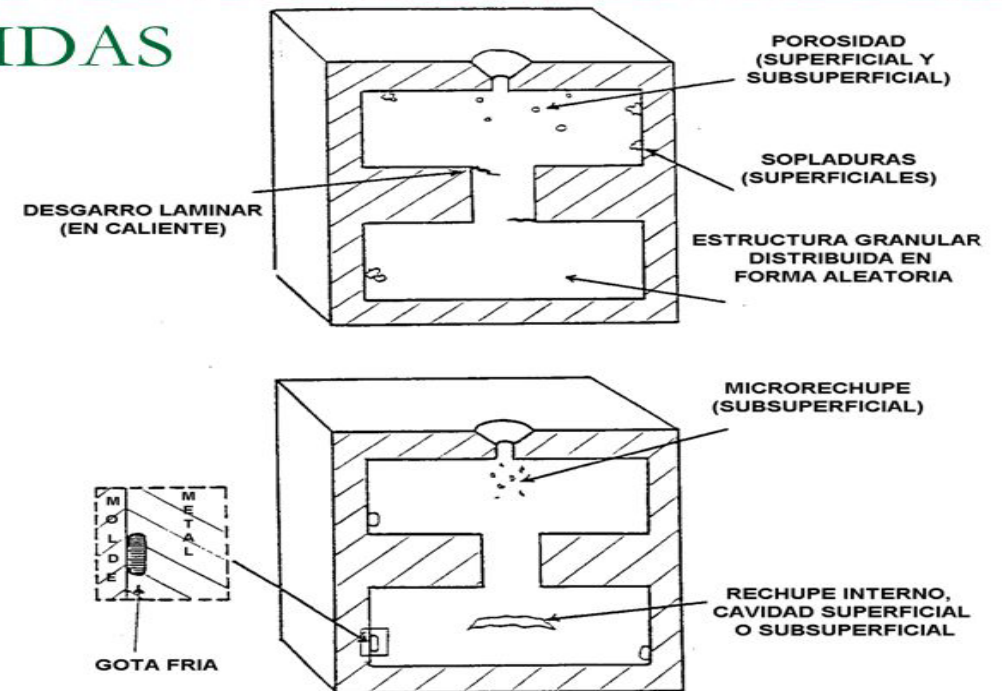




Clasificación de las discontinuidades

Discontinuidades inherentes: son aquellas relacionadas con el proceso de fundición y la solidificación, bien sea de un lingote (inclusiones, porosidad, rechupes, grietas, segregación) o de una pieza fundida (porosidad, desgarramientos, cortes fríos, inclusiones, grietas, agujeros de soplado).

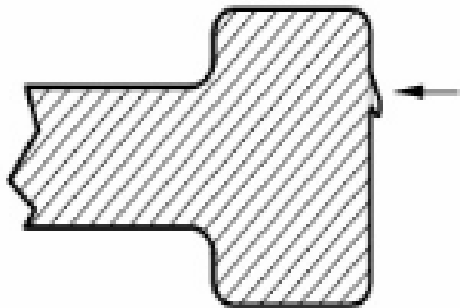
DISCONTINUIDADES EN PIEZAS FUNDIDAS



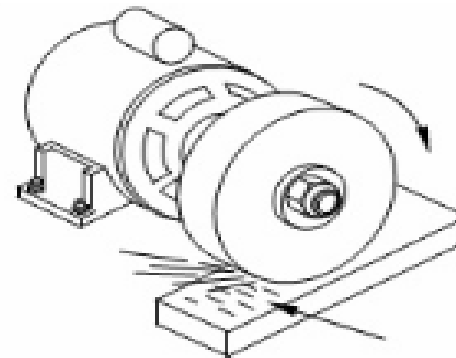
SI SE SALPICA O DEPOSITA UNA GOTA DE METAL EN EL BORDE DEL MOLDE, ESTE SOLIDIFICA ANTES QUE EL RESTO DE LA MASA LIQUIDA QUE AL NO VOLVER A FUNDIRSE PRODUCE UN DEFECTO SUPERFICIAL, YA QUE LA GOTA NO SE INTEGRA AL RESTO DE LA PIEZA FUNDIDA

Clasificación de las discontinuidades

Discontinuidades de proceso: producidas en procesos de conformado o secundarios. En la forja: rupturas internas, pliegues y grietas; laminaciones, costuras y grietas.



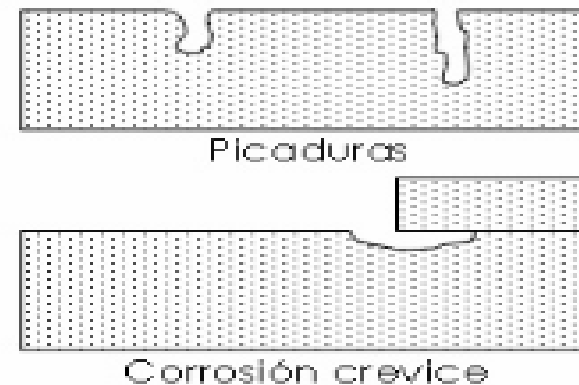
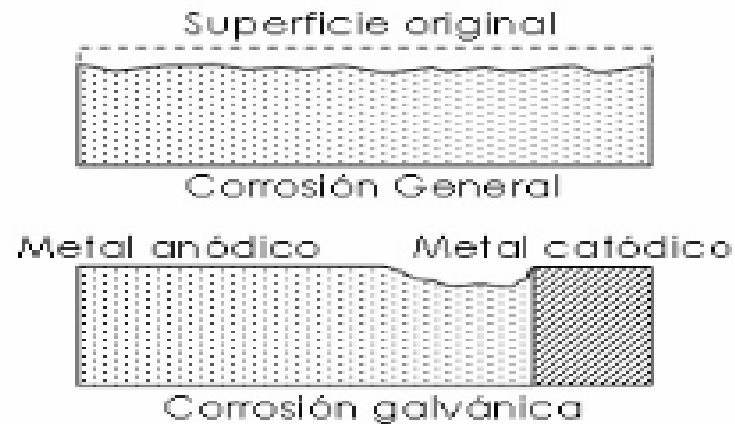
Traslape de forja

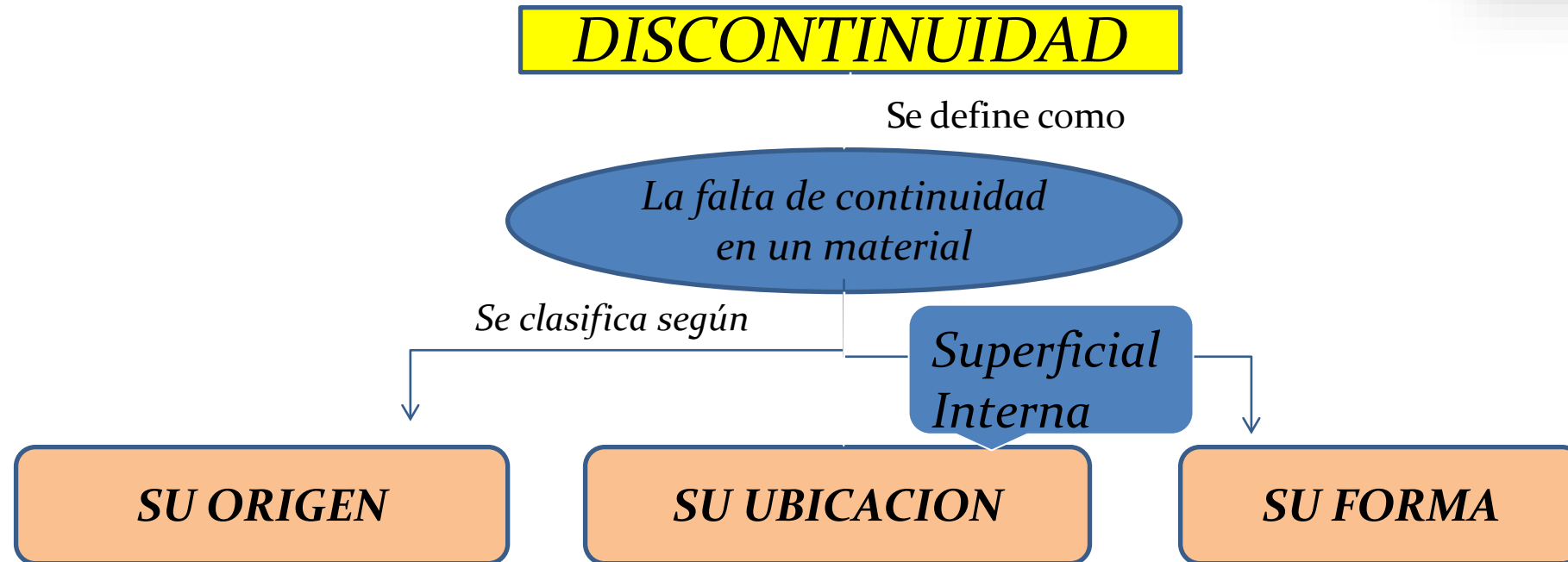


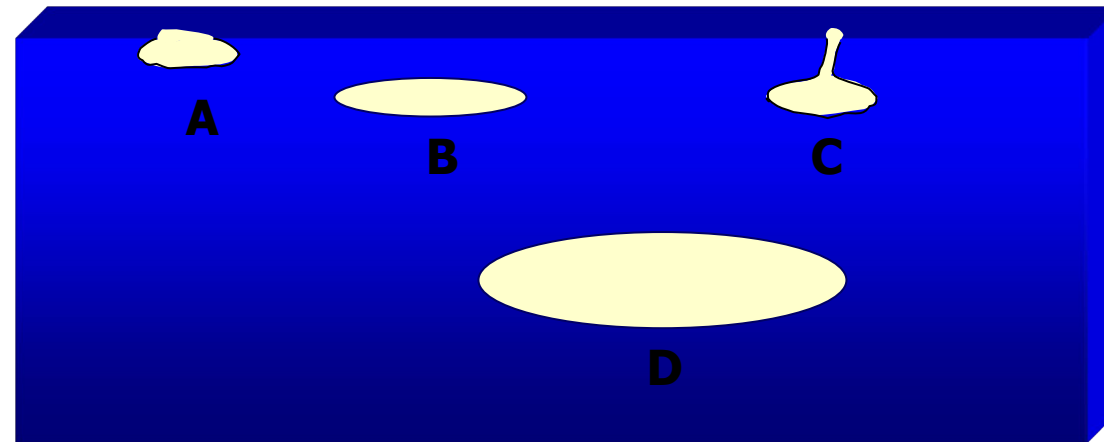
Grietas por esmerilado

Clasificación de las discontinuidades

Discontinuidades de servicio: aquellas producidas por las condiciones de trabajo: corrosión, fatiga, desgaste.







- a) *Discontinuidad superficial.*
- b) *Discontinuidad sub-superficial.*
- c) *Discontinuidad sub-superficial abierta a la superficie.*
- d) *Discontinuidad interna.*

DISCONTINUIDAD

Se define como

La falta de continuidad
en un material

Se clasifica según

SU ORIGEN

SU UBICACION

SU FORMA

Volumétrica
Linial.



La Sociedad Americana de la Soldadura en su estándar AWS A3.0 describe la porosidad como una cavidad formada por gases atrapados durante el proceso de solidificación. Puede pensarse simplemente que estos se deben a bolsas o puntos de gases que se presentan dentro del metal solidificado debido a que su forma es esférica. La porosidad normalmente es considerada como una discontinuidad que representa poco peligro según su tamaño ya que pueden generar concentradores de esfuerzo.

DISCONTINUIDAD

Se define como

*La falta de continuidad
en un material*

Se clasifica según

SU ORIGEN

SU UBICACION

SU FORMA

genera

**INDICACIONES
FALSAS**

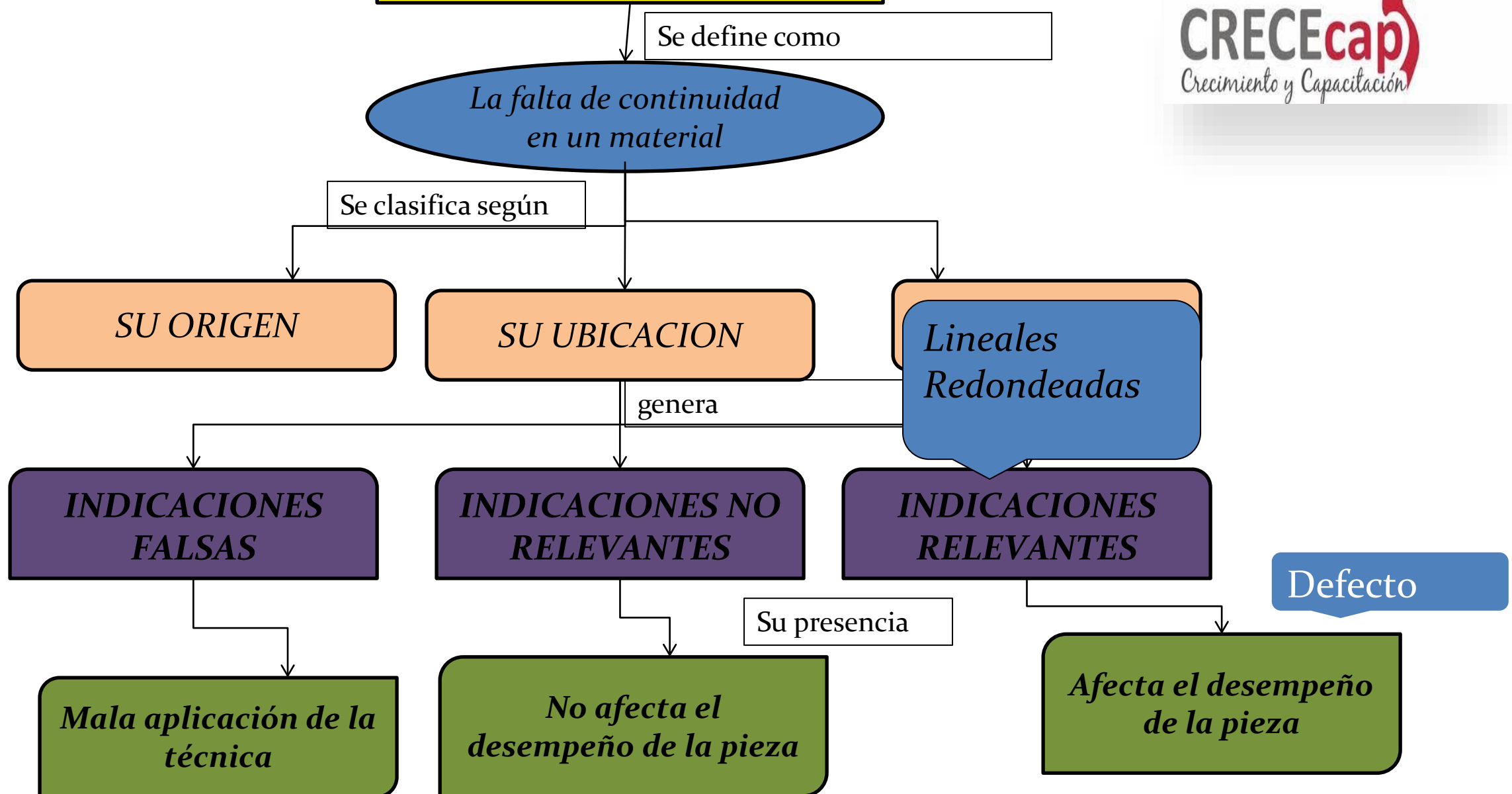
**INDICACIONES NO
RELEVANTES**

**INDICACIONES
RELEVANTES**

Clasificación de una indicación

- **Indicaciones Relevantes:** *aquellas producidas por una discontinuidad que afecta el desempeño de la pieza. Para determinar su importancia se debe de interpretar la indicación y evaluar la discontinuidad.*
- **Indicaciones No Relevantes:** *producidas por la estructura del material o por la configuración de la pieza, también se producen algunas características del material*
- **Indicaciones Falsas:** *aquellas que aparecen durante la inspección y que pueden ser provocadas por una mala aplicación del método.*

DISCONTINUIDAD



Un DEFECTO es una discontinuidad que interfiere con la funcionabilidad de una pieza.



!CUIDADO!

- *NO TODAS LAS INDICACIONES SON DISCONTINUIDADES*
- *NO TODAS LAS DISCONTINUIDADES SON DEFECTOS*
- *NO TODAS LAS DISCONTINUIDADES PRODUCEN INDICACIONES*

LIQUIDOS PENETRANTES

DEFINICIÓN:

Es un método utilizado para la detección de discontinuidades superficiales, siempre y cuando éstas se encuentren abiertas a la superficie y el material no sea poroso.

Se utiliza una tinta contenida en un fluido la cual penetra dentro de las discontinuidades superficiales mediante la acción capilar. El penetrante atrapado incrementa la visibilidad de la discontinuidad por medio de un contraste visual que se genera entre la discontinuidad y su alrededor.

LIQUIDOS PENETRANTES

El objeto del método de Líquidos Penetrantes es detectar grietas, porosidades, traslapes, costuras y otras discontinuidades superficiales rápida y económicamente con un alto grado de confiabilidad.

Este método puede aplicarse a materiales metálicos; por ejemplo: fundiciones de acero, aluminio y sus aleaciones; en materiales no metálicos como vidrio, cerámica, plásticos, etc.:

LIQUIDOS PENETRANTES

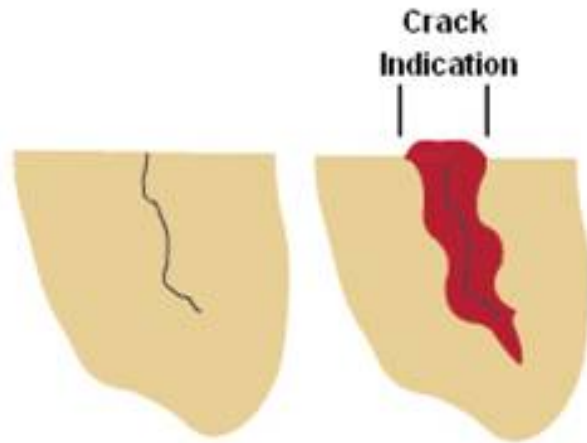
El método consiste en aplicar un líquido con un color determinado sobre la superficie de la pieza a inspeccionar.

Después de transcurrido el tiempo necesario para permitir que se introduzca el líquido en la discontinuidad, se limpia la superficie para eliminar el exceso de penetrante.

Posteriormente se aplica un revelador, que es una sustancia de color contrastante al del penetrante que absorbe el líquido alojado en las discontinuidades; al extraerlo, produce una indicación o marca visible de la discontinuidad.

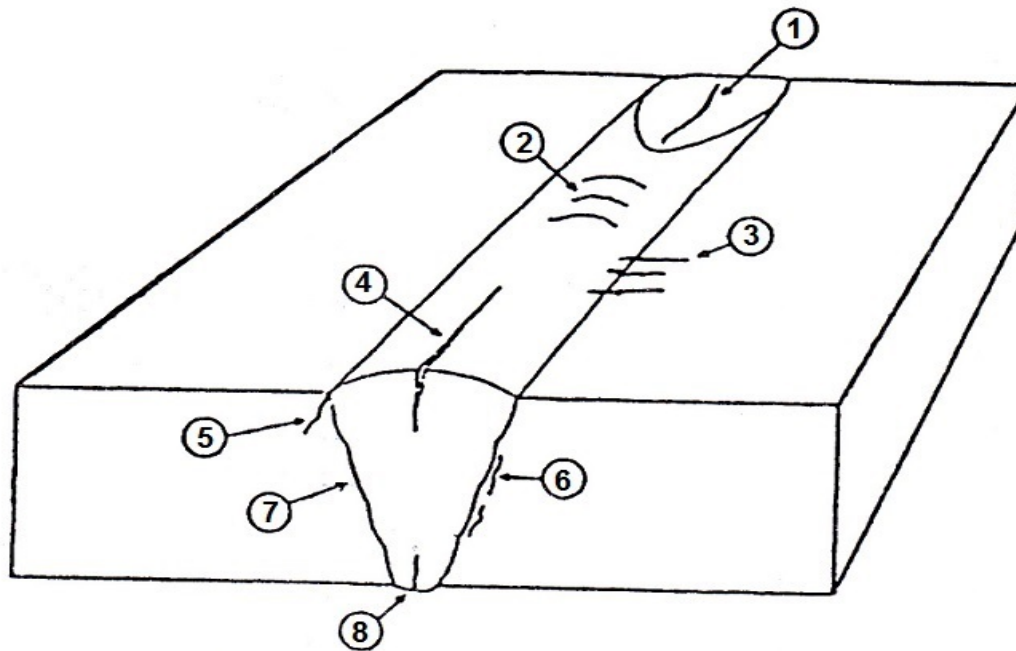
LIQUIDOS PENETRANTES

- Es un método no destructivo que se basa en los principios de la inspección visual.
- Es un método de examinación que aumenta la visibilidad de discontinuidades muy pequeñas que el ojo humano no es capaz de detectar sin ningún medio de ayuda



Aplicabilidad del ensayo

- Este ensayo es aplicable para la detección de discontinuidades abiertas a la superficie tales como: falta de fusión, corrosión, grietas, pliegues, cortes fríos y porosidad.



TIPOS DE GRIETAS:

- 1.- Grieta en el cráter
- 2.- Grieta transversal en el metal de aporte
- 3.- Grieta transversal en la zona afectada térmicamente (Z.A.T.)
- 4.- Grieta longitudinal en el metal de aporte
- 5.- Grieta en el borde del cordón de soldadura
- 6.- Grieta bajo cordón en la zona afectada térmicamente (Z.A.T.)
- 7.- Grieta en la línea de fusión
- 8.- Grieta en la raíz de la soldadura

Ventajas del ensayo

- Fácil y Rápido de implementar.
- Método muy sensible para determinar discontinuidades superficiales.
- El ensayo es aplicado en materiales Ferrosos, no Ferrosos, Aleaciones, Cerámicos, Vidrios y Materiales Orgánicos.
- Es una técnica de Inspección Económica.
- Piezas de forma compleja son cubiertas de penetrante con facilidad.
- Es adecuado para detectar discontinuidades superficiales muy pequeñas.

Ventajas del ensayo

- Posibilidad de utilizar equipos portátiles.
- Magnificación de las indicaciones permitiendo determinar ubicación, orientación y tamaño de la discontinuidad.
- Facilidad para analizar piezas en serie.
- El criterio de Sensibilidad del Ensayo varía según la selección del Penetrante, Técnica y Revelador.
- Aprobación por Documentos como ASME y ASTM.

Limitaciones del ensayo

- *Solo detecta indicaciones abiertas a la superficie.*
- *La pieza a inspeccionar debe estar limpia y libre de residuos orgánicos e inorgánicos.*
- *Operaciones Mecánicas tales como granallado, abrasivos, esmerilado, están restringidas debido a que puede cerrarse la discontinuidad.*
- *Los Penetrantes, Reveladores, Solventes y Emulsificadores pueden causar daño en la piel.*
- *La inspección depende de la habilidad del penetrante para entrar y salir de la discontinuidad.*
- *Normalmente los penetrantes son aceitosos y difíciles de remover, sobre todo en piezas porosas o con recubrimientos.*
- *Pueden atacar materiales no metálicos como gomas o plásticos.*
- *Por su naturaleza aceitosa deben ser completamente removidos de superficies que están en contacto con oxígeno líquido o gaseoso.*

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

- La inspección por líquidos penetrantes requiere, además de que las discontinuidades se encuentren en la superficie, para que el penetrante tenga una vía de acceso; por lo que es esencial una buena limpieza del elemento o pieza para obtener resultados confiables.
- Se debe tenerse extremo cuidado para asegurar que las piezas estén limpias y secas.
- Las partes deberán estar libres de sucio, polvo, óxidos, aceites y grasas para poder así realizar una inspección confiable.
- El proceso de limpieza deberá remover los contaminantes de la superficie de la parte y las discontinuidades y no deberá sellar ninguna discontinuidad.

La pre limpieza es el paso más importante en el método de líquidos penetrantes



Limpieza y preparación de la superficie

- La preparación apropiada es crítica, ya que el éxito de la inspección depende de que el penetrante pueda entrar en la discontinuidad y salir de ella.
- La presencia de contaminantes puede: interferir con la entrada y salida del penetrante, generar background, o producir resultados erróneos.
- Antes de cada prueba de líquido penetrante, la superficie a examinar y todas las áreas adyacentes dentro de al menos 1 pulgada (25 mm) deben estar secas y libres de suciedad, grasa, pelusa, escamas, fundente de soldadura, salpicaduras de soldadura, pintura, aceite y otros elementos extraños. Materia que podría oscurecer las aberturas de la superficie o interferir de otra manera con la prueba.

Limpieza y preparación de la superficie

La elección de un método de limpieza adecuado se basa en factores como:

- (1) Tipo de contaminante que se eliminará, ya que ningún método elimina todos los contaminantes igualmente bien.*
- (2) Efecto del método de limpieza en las piezas.*
- (3) Practicidad del método de limpieza de la pieza (por ejemplo, una gran parte no se puede poner en un pequeño desengrasante o limpiador ultrasónico).*
- (4) Requisitos de limpieza específicos del comprador.*
- (5) Tipo de contaminante (aceite ligeros o pesados, carbón, barnices, escamas, óxidos, productos de corrosión, agua, humedad, residuos de procesos de limpieza o de inspecciones anteriores)*
- (6) Material de la pieza (limpiadores ácidos y alcalinos atacan aleaciones no ferrosas – el acero se fragiliza con limpiadores ácidos – limpiadores con sulfuros y halógenos pueden atacar al Ti y aleaciones de Ni).*
- (7) Condición superficial de la pieza*
- (8) Accesibilidad y geometría*
- (9) Grado de limpieza*
- (10) Disponibilidad y adecuación de la facilidad*

Limpieza y preparación de la superficie

- Los métodos de limpieza son:
 1. Limpieza con detergente.
 2. Limpieza con solvente.
 3. Desengrasado con vapor.
 4. Limpieza alcalina.
 5. Limpieza ultrasónica.
 6. Removedor de pintura.
 7. Limpieza mecánica.
 8. Lavado con ácido.

Limpieza y preparación de la superficie

Limpieza con detergente: los limpiadores con detergente son compuestos solubles en agua no inflamables que contienen tensioactivos especialmente seleccionados para humedecer, penetrar, emulsionar y saponificar varios tipos de suciedad, como grasa y películas aceitosas, fluidos de corte y maquinado etc.

Limpiadores detergentes puede ser de naturaleza alcalina, neutra o ácida, pero no debe ser corrosivo para el artículo examinado.

Las propiedades limpiadoras de las soluciones detergentes facilitan la eliminación completa de la suciedad y la contaminación de la superficie y las áreas vacías, preparándolas para absorber el penetrante. El tiempo de limpieza debe ser el recomendado por el fabricante del compuesto de limpieza.



Limpieza y preparación de la superficie

Limpieza con solvente: existe una variedad de limpiadores con solvente que se pueden utilizar eficazmente para disolver suciedades como grasa y películas aceitosas, ceras, selladores, pinturas y materia orgánica en general.

Estos solventes deben estar libres de residuos, especialmente cuando se usan como solvente para limpieza manual o como solvente desengrasante para tanques de inmersión. Los limpiadores solventes no se recomiendan para eliminar óxido e incrustaciones, fundente, salpicaduras de soldadura, suciedades inorgánicas en general. Algunos solventes de limpieza son inflamables y pueden ser tóxicos. Observe las instrucciones y notas de precaución de todos los fabricantes.



Limpieza y preparación de la superficie

Desengrase por vapor-El desengrase por vapor es un método preferido para eliminar la suciedad de tipo aceite o grasas superficiales y de las discontinuidades abiertas.

No eliminará las suciedades de tipo inorgánico (corrosión, sales, etc.), y puede no eliminar las suciedades de tipo resinoso (revestimientos de plástico, barniz, pintura, etc.).

Debido al corto tiempo de contacto, el desengrasado puede no desengrasar y puede que no limpie por completo las discontinuidades profundas, por lo que se recomienda un remojo posterior con disolventes y una inmersión posterior con disolvente.



Limpieza y preparación de la superficie

Limpieza alcalina:

(a) Los limpiadores alcalinos son soluciones acuosas no inflamables que contienen detergentes especialmente seleccionados para humedecer, penetrar y emulsionar diversos tipos de suciedad. Las soluciones alcalinas calientes también se utilizan para eliminar el óxido y desincrustación para eliminar las incrustaciones de óxido que pueden enmascarar discontinuidades de la superficie. Los compuestos limpiadores alcalinos deben utilizarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Las piezas limpiadas por el proceso de limpieza alcalina deben ser enjuagadas completamente libres de limpiador y secadas a fondo antes del proceso de prueba de penetración (la temperatura de la pieza en el momento de la aplicación del penetrante no debe superar los 52 °C [125 °F]).

(b) La limpieza con vapor es una modificación del método de limpieza alcalina con tanque caliente, que puede utilizarse para la preparación de piezas grandes y poco manejables. Elimina la suciedad inorgánica y muchas suciedad orgánica de la superficie de las piezas, pero puede no llegar al de las discontinuidades profundas, y se recomienda un remojo posterior con disolvente.



Limpieza y preparación de la superficie

Limpieza por ultrasonidos: este método añade la agitación por ultrasonidos a la limpieza con disolventes o detergentes para mejorar la limpieza y reducir el tiempo de limpieza. Debe utilizarse con agua y detergente si la suciedad a eliminar es inorgánica (óxido suciedad, sales, productos de corrosión, etc.), y con disolvente orgánico si la suciedad a eliminar es orgánica (grasa y películas aceitosas, etc.).

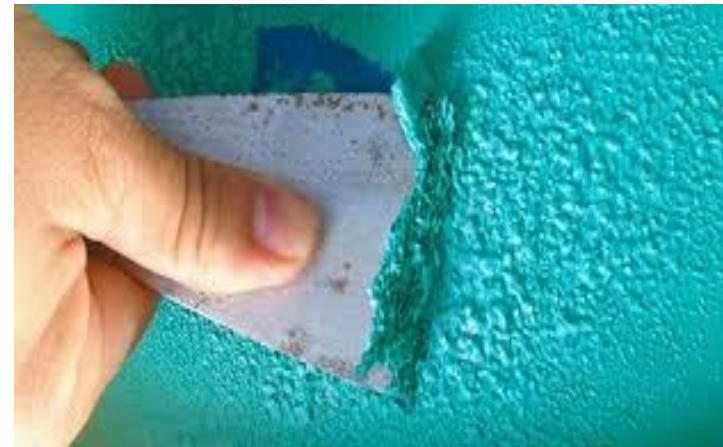
Después de la limpieza por ultrasonidos, las piezas deben aclararse completamente del limpiador, secarlas bien y enfriarlas a una temperatura mínima de 125 °F [52 °C], antes de aplicar el penetrante.



Limpieza y preparación de la superficie

Removedor de la pintura: Las películas de pintura pueden eliminarse eficazmente con un removedor de pintura con disolvente de adhesión o con decapantes alcalinos. En la mayoría de los casos, la película de pintura debe ser eliminada completamente para exponer la superficie del metal. Los decapantes de pintura al disolvente pueden ser del tipo espesado de alta viscosidad para su aplicación con pulverizador o brocha o pueden ser del tipo bicapa de baja viscosidad para su aplicación con tanque de inmersión.

Ambos tipos de decapantes al disolvente se utilizan generalmente a temperatura ambiente, tal y como se reciben. Los decapantes alcalinos de tanque caliente deben utilizarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Después de la eliminación de la pintura, las piezas deben ser enjuagadas a fondo para eliminar toda la contaminación de las aberturas vacías, secarlas completamente y enfriarlas a un mínimo de 52 °C [125 °F] antes de antes de la aplicación del penetrante.



Limpieza y preparación de la superficie

Limpieza mecánica y acondicionamiento de superficies

Procesos de eliminación de metales como el limado, el pulido, el raspado fresado mecánico, taladrado, escariado, esmerilado, lijado, corte con torno, desbarbado por volteo o por vibración, y el chorreado abrasivo, incluidos los abrasivos como las perlas de vidrio arena, óxido de aluminio, granalla metálica, etc., se utilizan a menudo para eliminar suciedades como el carbón, el óxido y arenas adheridas a la fundición, así como para desbarbar o producir el efecto cosmético deseado en la pieza. Estos procesos pueden disminuir la eficacia de los ensayos con líquidos penetrantes al manchando o descascarillando las superficies metálicas y rellenando las discontinuidades de la superficie, especialmente en el caso de los metales blandos, como el aluminio, el titanio, el magnesio, etc.



Limpieza y preparación de la superficie

Lavado con ácido- Las soluciones ácidas inhibidas (las soluciones de decapado se utilizan habitualmente para decapar las superficies de las piezas).

El decapado es necesaria para eliminar las incrustaciones de óxido, que pueden enmascarar discontinuidades de la superficie y evitar la entrada de penetrantes. Las soluciones ácidas y los decapantes también se utilizan de forma rutinaria para eliminar el metal que se desprende de las discontinuidades de la superficie. Tales Estos grabadores deben utilizarse de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes. recomendaciones del fabricante.



¿Como Trabajan los Líquidos Penetrantes?

Con una alta humectabilidad es aplicado penetrante a la superficie de un componente que será ensayado.

El líquido “penetra” en las discontinuidades abiertas a la superficie por medio de la acción capilar .

El exceso de penetrante es removido de la superficie y luego es aplicado un revelador para extraer el penetrante atrapado en la discontinuidad.

Con una adecuada técnica de inspección visual, las indicaciones visibles de cualquier discontinuidad abierta vienen a ser mucho mas visibles.



Principios físicos relacionados con el ensayo.

El ensayo por líquidos penetrantes se basa fundamentalmente en que un determinado líquido (penetrante) tenga las características siguientes:

- *Capacidad humectante suficiente para mojar la superficie del material sólido que se desea inspeccionar y fluir sobre ella formando una película continua y uniforme.*
- *Poder de penetración que le permita introducirse en las discontinuidades abiertas a la superficie y que normalmente no son visibles a simple vista.*

Principios del ensayo

- ✓ Tensión Superficial: Corresponde a la fuerza del líquido para mantenerse adherido a la superficie.
- ✓ Fuerza de Cohesión: Es la Resultante de la interacción entre las moléculas de un cuerpo para mantenerse unidas, en oposición a fuerzas externas que intentan separarlas.
- ✓ Habilidad de Mojado: Esta habilidad relaciona el Angulo de contacto y la Tensión superficial del fluido, cuando el ángulo de contacto es mayor que 90° el liquido no moja.

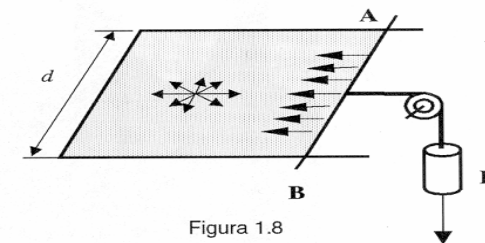
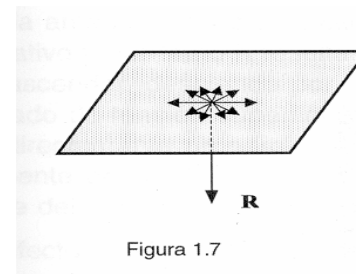
Principios del ensayo

Una consecuencia de las fuerzas de cohesión es la tensión superficial, que se puede definir como la fuerza por unidad de longitud que se ejerce tangencialmente sobre la superficie de separación entre un líquido y un gas.

Debido a la tensión superficial, la superficie de los líquidos se comporta como una membrana elástica con una cierta resistencia a la ruptura.

La tensión superficial se puede medir como se muestra la Figura: supongamos que tenemos por ejemplo una película de agua jabonosa formada sobre un rectángulo, con un lado A desplazable y de longitud d: el conjunto de fuerzas que actúa sobre este lado se equilibra con el peso P; si la tensión superficial por unidad de longitud es G y teniendo en cuenta que la película tiene dos superficies libres (la cara superior y la inferior) se tiene que:

$$2Gd = P \rightarrow G = \frac{P}{2d} \quad P(\text{N}), d(\text{m}), G(\text{N/m})$$

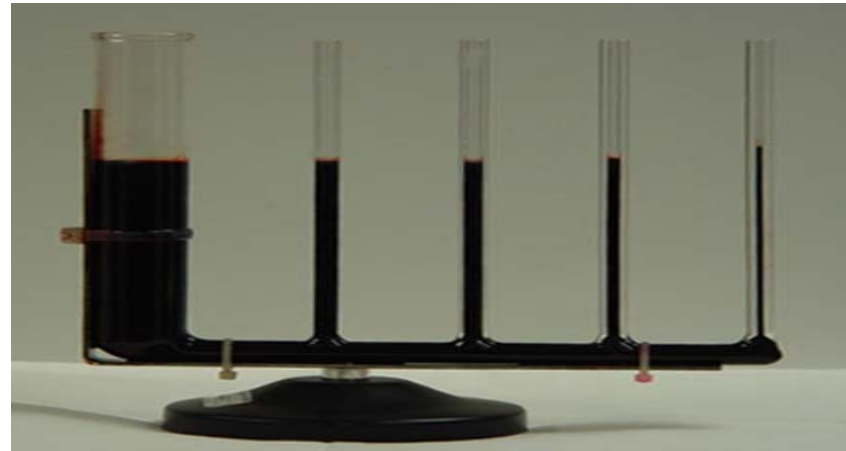


Principios del ensayo

La habilidad de un líquido para cubrir la superficie de una pieza y entrar en una abertura depende de: la acción capilar, la tensión superficial y la habilidad de mojado.

- ✓ Capilaridad: Tendencia de los Líquidos a penetrar en pequeñas aberturas.

Cada paso del proceso del ensayo es realizado para promover la acción capilar. Este es el fenómeno por el cual un líquido se eleva o trepa cuando es confinado dentro de una cavidad pequeña debido a la acción de la tensión superficial y la humectabilidad.



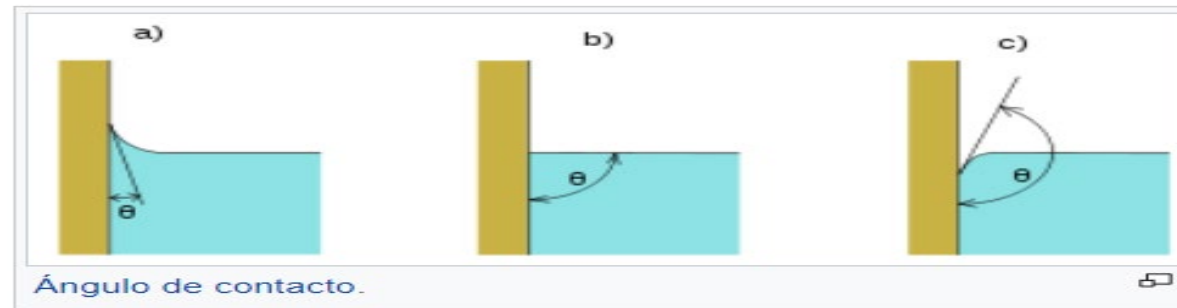
Capilaridad. Ley de Jurin

La capilaridad está estrechamente relacionada con la tensión superficial y el poder humectante.

La ley de Jurin define que la altura que se alcanza cuando se equilibra el peso de la columna de líquido y la fuerza de ascensión por capilaridad. La altura h en metros de una columna líquida está dada por la ecuación

- (a) si el ángulo de contacto α entre el líquido y la pared del tubo capilar es inferior a 90° el líquido moja la pared, asciende por el tubo y forma un menisco cóncavo. la **fuerza resultante F_a** dirigida hacia arriba y que obliga al líquido a ascender por el interior del tubo, es igual al producto de la longitud de la película (longitud de la circunferencia de la sección interior del tubo), por la componente vertical $G \cdot \cos\alpha$ de la tensión superficial:

$$F_a = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot G \cdot \cos\alpha$$



(b) Si $\alpha = 90^\circ$ no moja y no se forma menisco y

(c) si α es superior a 90° el líquido no moja, desciende por el tubo y su menisco es convexo.

Capilaridad. Ley de Jurin

- A esta fuerza ascendente se opone el peso del líquido elevado, que será:
- $P = \pi \cdot r^2 \cdot \rho \cdot g \cdot h$
- Se alcanza el equilibrio cuando sea $F_a = P$ es decir:
- $2 \cdot \pi \cdot r \cdot T \cdot \cos \theta = \pi \cdot r^2 \cdot \rho \cdot g \cdot h$
- Despejando h , la altura de líquido es:

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

donde:

γ = tensión superficial interfacial (N/m)

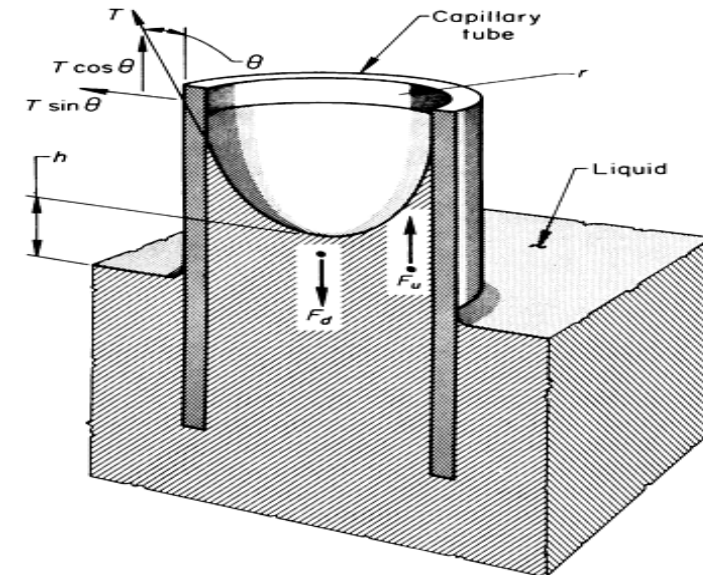
θ = ángulo de contacto

ρ = densidad del líquido h (kg/m³)

g = aceleración debida a la gravedad (m/s²)

r = radio del tubo (m)

- “Los ascensos o descensos de los líquidos por tubos capilares, son inversamente proporcionales a los radios de los tubos”.



Downward force (F_d) is equal to the weight of the liquid column:

$$F_d = 2\pi r^2 h g \rho$$

Upward force (F_u) is equal to the surface tension times the perimeter of the meniscus:

$$F_u = (T \cos \theta) (2\pi r)$$

Where r is the inside radius of the capillary tube, h is the height of the liquid in the tube, g is acceleration due to gravity, ρ is density of the liquid, T is surface tension, and θ is the contact angle.

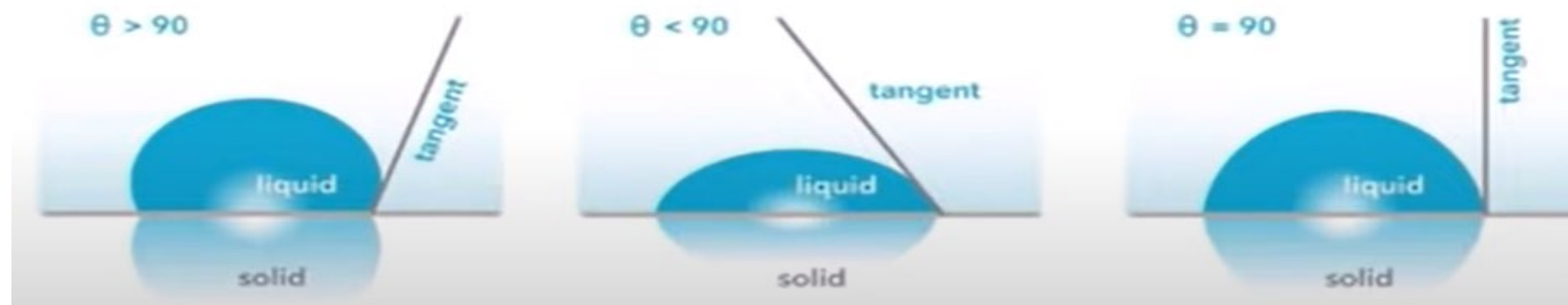
Principios del ensayo

- ✓ Angulo de contacto: Angulo formado entre el líquido penetrante y la superficie en contacto y que depende de la Energía Interfacial y la Tensión Superficial.

Si tenemos una gota de líquido sobre una superficie sólida, las fuerzas de cohesión y de adherencia determinan el ángulo de contacto “ α ” formado por la superficie y la tangente a la superficie del líquido en el punto de intersección de ambas superficies. líquido – sólido

Se pueden presentar los casos siguientes :

- Si el ángulo α es mayor de 90° , el líquido no moja al sólido y su poder humectante es malo.
- Si el ángulo α es menor de 90° , el líquido moja a la superficie y su poder humectante es bueno .
- Si el ángulo α es igual a 90° , el líquido no moja al sólido y su poder humectante es bajo.



Propiedades físicas de los penetrantes.

- ✓ Inerte químicamente: los penetrantes no deben reaccionar con los elementos inspeccionados.
- ✓ Toxicidad: los penetrantes no deben ser tóxicos, pero pueden generar náuseas o dermatitis, en casos extremos puede afectarse el hígado o los riñones.
- ✓ Habilidad solvente: los aceites usados en los penetrantes deben tener buenas propiedades solventes para disolver y mantener la tinta en la solución.
- ✓ Removibles: implica la habilidad del penetrante de ser removido de la superficie para no dejar residuos y la resistencia a ser removido de las discontinuidad.

Propiedades físicas de los penetrantes.

- ✓ Tolerancia al agua: cuando el penetrante se usa en tanques abiertos tiende a contaminarse con agua.
- ✓ Brillo: es una medida de la cantidad de luz visible emitida cuando una tinta fluorescente es expuesta a radiación ultravioleta.
- ✓ Estabilidad ultravioleta: las tintas fluorescentes pierden su habilidad de fluóreser después de exposiciones prolongadas a radiación ultravioleta, la resistencia a esta pérdida es la estabilidad ultravioleta.
- ✓ Sensibilidad del penetrante: es la habilidad para producir indicaciones provenientes de discontinuidades muy pequeñas.

Propiedades físicas

- ✓ Viscosidad: Corresponde a la resistencia que ofrece un fluido a su deslizamiento, depende de la temperatura.
- ✓ Volatilidad: Se caracteriza por la presión de vapor o el punto de ebullición del líquido.
- ✓ Gravedad Especifica: Corresponde a la relación entre las densidades del penetrante y la del agua destilada a 15.6°C.
- ✓ Flamabilidad: es la temperatura mas baja a la cual los vapores de una sustancia generan ignición cuando son expuestos a una llama (93°C).
- ✓ Estabilidad térmica (de las tintas fluorescentes): pérdida de brillo o color cuando son trabajadas a altas temperaturas.

Que puede ser inspeccionado por líquidos penetrantes?

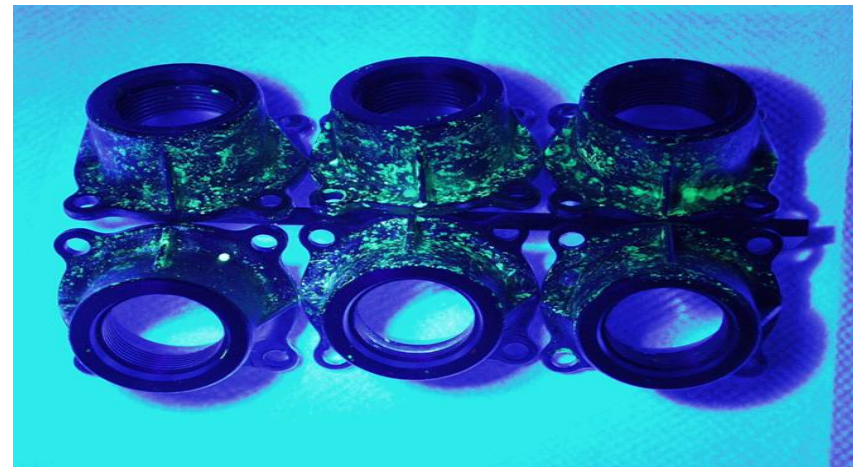
- Casi cualquier material que presente una superficie lisa y no porosa puede ser inspeccionado por líquidos penetrantes.



Que NO puede ser inspeccionado por líquidos penetrantes? .

- Componentes con superficie excesivamente rugosa, como las fundiciones en molde de arena, la cual atrapa y retiene penetrante.
- Cerámicas porosas.
- Madera y materiales fibrosos.
- Partes de plástica que pueden absorber y reaccionar con los materiales penetrantes.
- Componente con recubrimientos que impiden la entrada del penetrante a la discontinuidad

Las discontinuidades tienden a enmascarse por el efecto del sustrato



Clasificación de los materiales

Según E165 / E165M – 18 los penetrantes se clasifican por tipo y nivel de sensibilidad, los removedores se clasifican por método y los reveladores por forma:

CLASIFICACION.			
PENETRANTE	TIPO	I	FLUORECENTES.
		II	VISIBLE.
REMOVEDOR			
REMOVEDOR	METODO	A	LAVABLES CON AGUA
		B	POS EMULSIFICABLES LIPOFILICO.
		C	REMOVIBLES CON SOLVENTE.
		D	POS EMULSIFICABLE HIDROFILICO.
REVELADOR			
REVELADOR	FORMA	A	POLVO SECO
		B	SOLUBLE EN AGUA
		C	SUSPENDIDOS EN AGUA
		D	NO ACUOSOS.

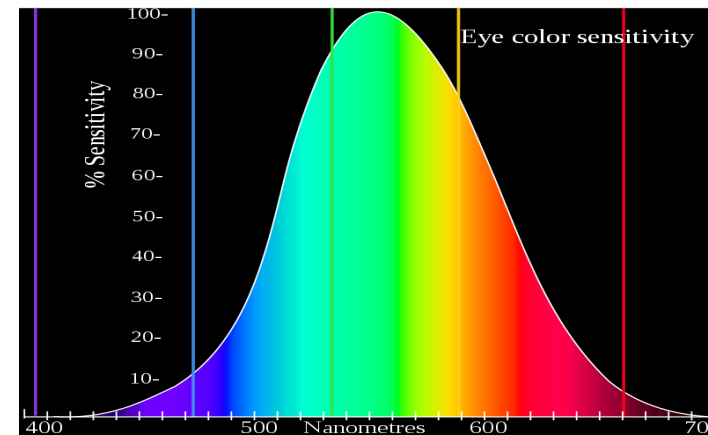
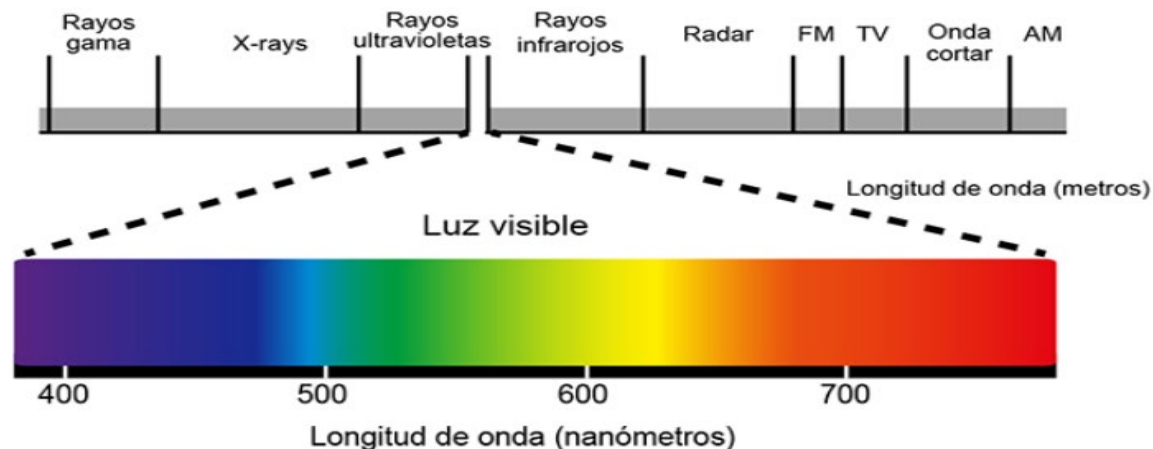
Clasificación de los materiales

- ✓ **Según el tipo:** (especifica el tipo de contraste de la tinta usada)
- **Tipo I:** tinta fluorescente: contiene una tinta que flúorese cuando es expuesta a la radiación ultravioleta de 365nm de longitud de onda, provee una gran sensibilidad para detectar defectos pequeños.
- **Tipo II:** tinta visible: el penetrante contiene una tinta de color la cual usada junto con el revelador genera un gran contraste, son usado bajo luz natural o luz blanca.
- Técnicamente el penetrante, es incoloro, por lo que para su mejor visualización se añaden tientes, de manera de que en la clasificación AMS-2644, cuando se utiliza el termino tipo, se refiere al tiente usado para hacerlo visible.

El espectro visible o luz visible es la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir y traducir en los distintos colores que conocemos. Las radiaciones electromagnéticas tienen distintas frecuencias, de las cuales nuestro ojo es capaz de percibir apenas un segmento, el cual correspondiente a las longitudes de onda entre 380 y 750 nanómetros aproximadamente.

- Los penetrantes visibles son usualmente rojos por que este se mantiene firme y provee un elevado nivel de contraste contra un fondo iluminado.
- El penetrante fluorescente es verde por que el ojo es mas sensible al color verde debido al número y arreglo de los receptores de color en el ojo.

Los pigmentos fluorescentes se seleccionan para que absorban energía en el rango de longitud de onda de 350 a 400 nm y emitan luz en el rango de 475 a 575 nm. La energía emitida se encuentra en el espectro visible en el rango de color de verde a amarillo..



Penetrantes Visibles Vs Fluorescentes.

- Las inspecciones pueden ser realizadas utilizando penetrantes visibles (rojos) o fluorescentes.
- Los penetrantes visibles se inspeccionan bajo luz blanca mientras que los penetrantes fluorescentes se inspeccionan utilizando luz ultravioleta en un área oscura.
- Los penetrantes fluorescentes son mas sensibles que los visibles debido a que el ojo es mas sensible a las indicaciones brillantes sobre un fondo oscuro.



Propiedades de los Penetrantes

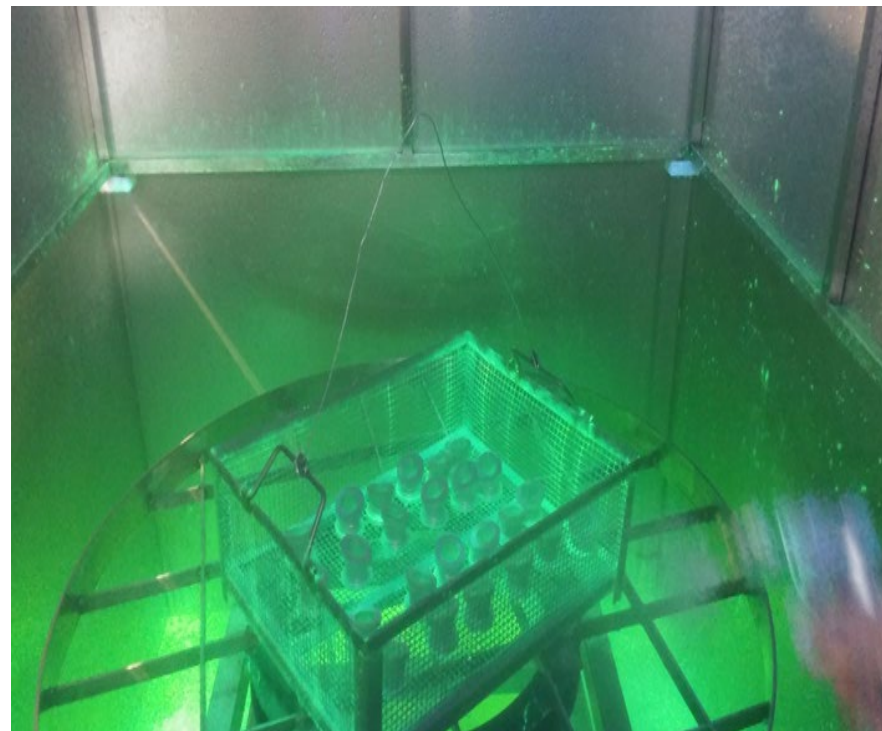
- ✓ Los penetrantes son formulados para que posean un importante número de características.
- ✓ Para un buen desempeño, un penetrante deberá:
- ✓ De fácil extensión sobre la superficie a ser inspeccionada.
- ✓ Que se pueda introducir en las discontinuidades por acción capilar u otro mecanismo.
- ✓ Permanecer en el defecto pero que sea de fácil remoción de la superficie de la parte.
- ✓ Permanecer fluido durante la etapa de aplicación y secado
- ✓ No corroer o dañar las piezas inspeccionadas.
- ✓ Ser altamente visible o fluorescente para producir indicaciones fáciles de ver.
- ✓ No ser dañino para el inspector o para los materiales a ser inspeccionados.

APLICACIÓN DEL PENETRANTE.

- El penetrante se aplica sobre la superficie limpia y seca de la pieza a inspeccionar, por cualquier método que la humedezca totalmente; por ejemplo, inmersión, rociado, vaciado, con brocha, etc.
- Todas las superficies deben cubrirse totalmente para permitir que mediante la Acción Capilar el penetrante se introduzca en las discontinuidades.
- El tiempo de permanencia del penetrante en la superficie de la pieza debe determinarse experimentalmente en algunos metodos.



Aplicación del penetrante



Clasificación de los materiales

La remoción del exceso de penetrante es el paso más importante en el procesamiento de las piezas para su inspección; por ello debe mantenerse estricto control en cuanto a los diferentes parámetros que esta parte del proceso encierra, y de este modo asegurar resultados confiables.

CLASIFICACION.			
REMOVEDOR	METODO	A	LAVABLES CON AGUA
		B	POS EMULSIFICABLES LIPOFILICO.
		C	REMOVIBLES CON SOLVENTE.
		D	POS EMULSIFICABLE HIDROFILICO.
CLASIFICACION.			
REVELADOR	FORMA	A	POLVO SECO
		B	SOLUBLE EN AGUA
		C	SUSPENDIDOS EN AGUA
		D	NO ACUOSOS.

Clasificación de los materiales

Según el método: (especifica el método usado para remover el penetrante)

- **Método A:** lavable con agua: el vehículo del penetrante es base aceite pero contiene un compuesto químico (emulsificador) el cual cuando se mezcla con el aceite del vehículo forma una mezcla que puede ser removida con agua.



Remoción del exceso de penetrante



El exceso de penetrante en la superficie examinada debe eliminarse con agua.

Puede ser quitada manualmente con un spray grueso o limpiando la pieza superficie con un trapo humedecido, equipo de rociado de agua, o por inmersión en agua.

Para inmersión el enjuague de las piezas se sumergen completamente en el baño de agua con aire o agitación mecánica.

El grado y rapidez de la remoción dependen de las características de la boquilla rociadora, a temperatura y presión del agua, duración del ciclo de secado, acabado superficial de la pieza y de las características físicas del penetrante empleado.

El empleo de mezclas de agua con aire a presión tiene la ventaja de ser un método rápido y económico, pues permite dejarlas superficies casi secas después de la limpieza. Para este sistema también debe mantenerse la presión del aire por debajo de los 40 psi y la temperatura del agua entre 10° y 38° C.

Cuando se utiliza penetrante fluorescente, se recomienda efectuar la remoción bajo luz ultravioleta, para asegurar que se ha eliminado todo el exceso de penetrante y evitar al mismo tiempo un sobrelavado.

Remoción del exceso de penetrante



Es importante que la operación de lavado se controle cuidadosamente, para evitar un sobrelavado y garantizar que el penetrante no sea removido de las discontinuidades.

Para ello las boquillas de pulverización deben mantenerse a un mínimo de 12 pulgadas [30 cm] de la superficie cuando no existen limitaciones. Con métodos penetrantes fluorescentes, realice la operación manual de enjuague con luz UV-A para poder determinar cuándo el penetrante superficial se ha eliminado adecuadamente.

Remoción del exceso de penetrante

VENTAJAS

- Adecuado para superficies asperas o rugosas
- Adecuado para ensayos por lotes
- Más económico que los otros métodos

DESVENTAJAS

- Susceptible al sobrelavado
- Método menos sensible
- Requiere de una fuente de agua



Clasificación de los materiales

- ✓ **Según el método:** (especifica el método usado para remover el penetrante)
- **Método B:** postemulsificable lipofílico: utiliza un emulsificador **base aceite** que se aplica después de aplicado el penetrante con el fin de formar una mezcla que pueda ser removida con agua.

Este sistema difiere del lavable con agua en que no puede ser removido directamente con ese medio, pues no contiene un agente emulsificante. Los penetrantes pos emulsificables generalmente tienen alta calidad de penetración. Puesto que los penetrantes utilizados en el proceso pos emulsificable no son lavables con agua, es necesario aplicar sobre las piezas de prueba un emulsificante después de que ha transcurrido el tiempo de penetración y antes del proceso de lavado.

En este método el tiempo de emulsificación es un factor crítico, ya que debe ser el suficiente para que el emulsificante se mezcle con el penetrante en la superficie, pero debe ser el mínimo posible para evitar que se mezcle con el penetrante de las discontinuidades.



Propiedades de los emulsificantes Lipofílicos.

Los emulsificantes lipofílicos poseen tres propiedades básicas, las cuales deben equilibrarse para asegurar las características de uso:

- *Actividad.*
- *Viscosidad.*
- *Tolerancia al agua.*

Estas propiedades deben ser compatibles con las características del penetrante; si éste es altamente insoluble en agua, es necesario utilizar emulsificantes más activos.

*La **actividad** se define como la rapidez con la cual se emulsifica al penetrante, de tal forma que pueda ser removido con agua. Esta interacción se relaciona con la capacidad del emulsificante para actuar como dispersante del aceite contenido en el penetrante.*

*La **viscosidad** puede variar entre 10 y 100 centistokes (= 1 cm²/s). A mayor viscosidad, se dispersa una mayor cantidad de emulsificante debido al drenado en las paredes durante el procesamiento, por lo que es más económico emplear un emulsificante de menor viscosidad para producir los mismos resultados.*

La viscosidad y la actividad están interrelacionadas. Un emulsificante muy activo, pero con baja viscosidad, puede ajustarse mediante la mezcla de éste con uno más viscoso para obtener las características deseadas de lavado.

Por otra parte, un emulsificante muy viscoso se difunde en el penetrante a menor velocidad que un emulsificante poco viscoso. Balanceando la actividad con la viscosidad se obtienen las características adecuadas para lograr un tiempo predeterminado de permanencia del emulsificante.

*La **tolerancia al agua** es otra propiedad importante del emulsificante, pues éste debe tolerarla adición de agua por arriba del 5%.*

En la práctica, generalmente el tanque de emulsificante se encuentra localizado cerca del lugar de lavado. Si por accidente se agrega agua al emulsificante, éste toma una apariencia turbia, lo que es consecuencia del grado de tolerancia al agua.

Agentes Emulsificantes.



Al agregar agua se reduce la actividad y la viscosidad del emulsificante. En cierta forma la reducción de la viscosidad se compensa con la pérdida de actividad.

Se puede efectuar una prueba de comparación entre el emulsificante recién preparado y el emulsificante sin diluir para determinar el efecto del agua sobre los mismos.

Esta comparación indica cómo afecta a la viscosidad del emulsificante el agregar agua y observar al emulsificante bajo la luz. Si se afecta la viscosidad del emulsificante al agregar agua, se observa que el emulsificante tiende a volverse turbio.

Este experimento puede realizarse también con emulsificante usado, comparándose la cantidad de agua necesaria para enturbiar al emulsificante usado con la cantidad de agua necesaria para enturbiar el emulsificante recién preparado. Hay emulsificantes que muestran una ligera turbiedad antes de alcanzar la tolerancia establecida; la turbiedad es más notable al adicionar más agua. Algunos emulsificantes se espesan pero no se enturbian, otros presentan ambos fenómenos.

Remoción del exceso de penetrante lipofílicos.

El tiempo nominal de emulsión debe ser el recomendado por el fabricante.

El tiempo real de emulsión debe determinarse experimentalmente para cada aplicación específica.

El acabado superficial (rugosidad) de la pieza es un factor importante en la selección y tiempo de emulsión de un emulsionante. El tiempo de contacto se mantendrá en el tiempo mínimo para obtener un fondo aceptable y no deberá **no exceder de 3 minutos.**

Después del tiempo de permanencia tiempo de permanencia del penetrante, el exceso de penetrante en la pieza debe ser emulsionado por inmersión o inundación de las piezas con el emulsionante requerido (el emulsionante se combina con el exceso de penetrante en la superficie y hace que la mezcla se pueda eliminar mediante de agua).

El emulsionante lipofílico no deberá aplicarse por pulverización o cepillo y la pieza o el emulsionante no se agitarán mientras se sumerge.

Tras la aplicación del emulsionante, las piezas se escurrirán y se colocarán de forma que se evite que el que el emulsionante se acumule en la(s) pieza(s).

El tiempo de emulsión comienza en cuanto se aplica el emulsionante.

El tiempo que el emulsionante puede permanecer en la pieza y en contacto con el penetrante depende del tipo de emulsionante empleado.

Remoción del exceso de penetrante lipofílicos.

Post -enjuague: Se puede lograr utilizando inmersión en agua manual, semiautomática, automatizada, equipo de aspersión o combinaciones de los mismos.

Inmersión: para el enjuague posterior por inmersión, las piezas se sumergen completamente en el baño de agua con aire o agitación mecánico. La cantidad de tiempo que la pieza está en el baño debe ser el mínimo requerido para eliminar el penetrante emulsionado.

El rango de temperatura del agua debe ser de a 10 a 38 ° C . Cualquier enjuague de retoque necesario después de un enjuague por inmersión debe cumplir con los requisitos :

Pulverización posterior al enjuague: La emulsificación también se puede lograr mediante enjuague automático con agua pulverizada.

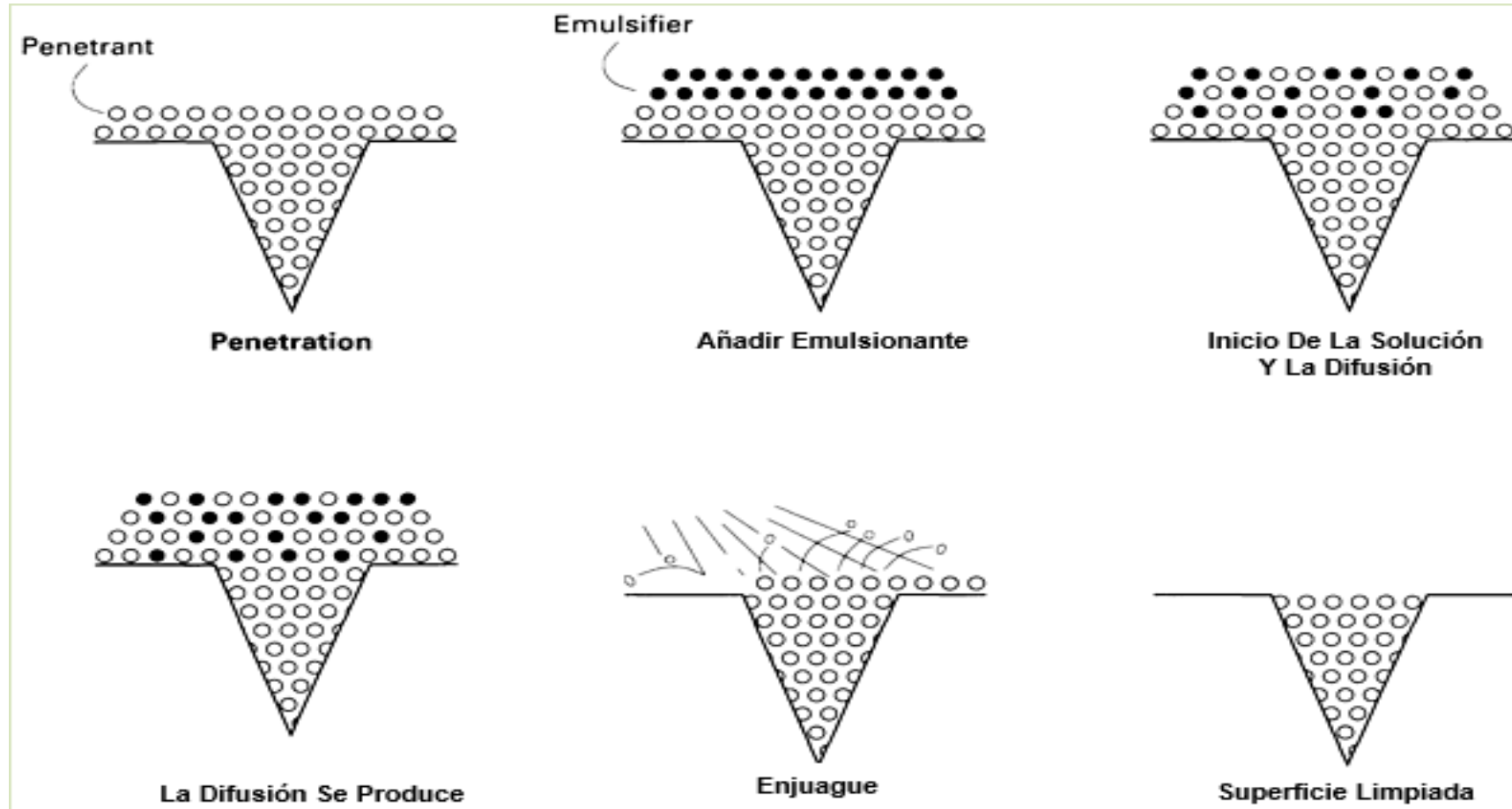
La temperatura del agua debe estar entre 50 y 100 ° F [10 y 38 ° C].

La presión del agua pulverizada presión de pulverización de agua no deberá superar los 275 kPa [40 psi] cuando se manual.

Cuando se utilicen pistolas de pulverización de hidro-aire a presión la presión del aire no debe superar los 172 kPa [25 psi].

Mecanismo de remoción de los penetrantes postemulsificables

- *MODO DE ACCION DEL EMULSIFICADOR LIPOFILICO:*



Pos emulsificables

- *Ventajas*
- *Máxima capacidad de penetración*
- *Mayor Control sobre la Remoción del Penetrante*
- *Desventajas*
- *No adecuado para superficies ásperas o rugosas*
- *Más Costoso*
- *Consume más Tiempo*

Clasificación de los materiales

- **Método C:** removible con solvente: normalmente utiliza un removedor que viene en spray.
- Cuando es necesario inspeccionar superficies tersas o solamente una pequeña sección de la pieza, es conveniente el empleo de penetrantes removibles con solvente. Normalmente se utiliza el mismo solvente para la prelimpieza y para la remoción del exceso de penetrante.



Mecanismo de remoción de los penetrantes removibles con solvente

- Normalmente utiliza un removedor que viene en spray, se humedece un paño para eliminar el exceso de penetrante (preferentemente en una sola dirección) .
- El exceso de penetrante se remueve primero con paño seco y luego con paño humedecido ligeramente con solvente.
- La remoción del exceso de penetrante se produce por la combinación de una acción mecánica y la dilución del penetrante.
- El solvente debe disolver al penetrante, tener baja toxicidad y secar rápidamente.
- Luego se aplica un paño humedecido en solvente para eliminar el remanente de penetrante que haya quedado en superficie.



Mecanismo de remoción de los penetrantes removibles con solvente

- El solvente no debe fluir sobre la pieza y el paño no debe estar empapado del mismo.
- Sobre remoción o limpieza de penetrante indica que la pieza debe ser limpiada y reprocesada.
- Para verificar que la pieza se encuentra libre de penetrante, es recomendable pasar un material absorbente limpio sobre la superficie, el cual debe estar exento de color. En el caso de penetrantes fluorescentes, el exceso de penetrante debe removerse bajo luz ultravioleta siguiendo el procedimiento antes descrito.
- Es importante notar que el exceso de penetrante no debe removerse aplicando directamente el solvente sobre la superficie de la pieza, ya que podría extraer el penetrante de las discontinuidades.



Mecanismo de remoción de los penetrantes removibles con solvente

Ventajas

- Portabilidad
- No requiere suministro de agua

Desventajas

- No adecuado para pruebas en lotes.
- Requiere limpieza manual y consume tiempo.
- Mas costoso que el removible con agua.
- Químicos potencialmente peligrosos.

Clasificación de los materiales

- **Método D:** postemulsificable hidrofílico: utiliza un emulsificador **base agua** que se aplica después de haber sido aplicado el penetrante con el fin de remover el exceso penetrante mediante una acción detergente.



- **Emulsificantes Hidrofílicos**

Tienen alta tolerancia al agua y en la práctica se surten como concentrados líquidos para su dilución posterior en concentraciones del 5 al 50%, para su aplicación en tanques de inmersión y de 0.05% para su aplicación en forma de rocío.

El procedimiento de inspección varía ligeramente cuando se utiliza emulsificante hidrofílico, debido a que se le da un enjuague previo a la pieza, para remover la mayor cantidad posible del exceso de penetrante antes de aplicar el emulsificante.

- **Propiedades de los emulsificantes hidrofílicos.**

El concentrado hidrofílico se diluye rápidamente sin precipitación de sus componentes. El emulsificante concentrado o diluido no debe producir corrosión en el acero de los tanques de almacenamiento.

Los emulsificantes hidrofílicos con frecuencia se drenan a través de los sistemas de desagüe; en este caso, deben ser biodegradables, especialmente libres de espuma. Además, éstos no deben contener compuestos fenólicos, cromatos o algún otro metal pesado, cianuros, sulfatos o hidrocarburos clorinados.

Los emulsificantes hidrofílicos, al igual que los lipofílicos, pueden aplicarse por inmersión, por aspersion mediante aire o por aspersion electrostática; pero no es recomendable el empleo de brocha o rodillo pues es difícil controlar el tiempo de emulsificación.

Emulsificantes Hidrofílicos

Después del tiempo de penetración requerido, las piezas se pueden enjuagar previamente con agua antes de la aplicación del emulsionante hidrófilo.

Este prelavado permite eliminar el exceso de penetrante superficial de las piezas antes de la emulsificación para minimizar contaminación penetrante en el baño de emulsionante hidrófilo, extendiendo así su vida. No es necesario enjuagar previamente una pieza si se utiliza una aplicación por pulverización de emulsionante.

Controles de enjuague previo: se logra un enjuague previo eficaz realizado por aspersión de agua manual, semiautomatizada o automatizada enjuague de la pieza.

La presión del agua pulverizada no debe exceder 40 psi [275 kPa] cuando se utilizan pistolas de pulverización hidráulicas o manuales.

Cuando se utilizan pistolas de pulverización de aire a presión, la presión de aire no debe exceder los 25 psi [172 kPa].

Agua libre de contaminantes que podrían obstruir las boquillas de pulverización o dejar un residuo en la (s) pieza (s) es recomendado.

Emulsificantes Hidrofílicos

Aplicación de emulsionante : la superficie residual en la(s) pieza(s) debe ser emulsionado sumergiendo la(s) pieza(s) en un baño emulsionante hidrófilo agitado o rociando el parte(s) con agua / soluciones emulsionantes haciendo así el penetrante de superficie residual restante lavable con agua para el estación de enjuague final.

El tiempo de emulsificación comienza tan pronto como se aplica emulsionante.

El tiempo de emulsificación debe determinarse experimentalmente para cada aplicación específica.

El acabado superficial (rugosidad de la pieza) es un factor significativo en determinar el tiempo de emulsificación necesario para una emulsión.

El tiempo de emulsificación por contacto debe reducirse al mínimo tiempo posible consistente con un historial aceptable y no **excederá de 2 min.**

Emulsificantes Hidrofílicos

Inmersión: las piezas deben estar completamente sumergido en el baño emulsionante. El hidrofílico la concentración de emulsionante será la recomendada por el fabricante y el baño o la pieza se agitará suavemente con aireo mecánicamente durante todo el ciclo.

Aplicación por pulverización: para aplicaciones por pulverización, todas las partes las superficies deben rociarse uniforme y uniformemente con un solución de agua / emulsionante para emulsionar eficazmente el residuo penetrante en las superficies de las piezas para hacerlo lavable con agua. La concentración del emulsionante para la aplicación por pulverización debe ser de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, pero no excederá del 5%.

La presión del rocío de agua debe ser menor de 40 psi [275 kpa].

Se mantendrá el contacto con el emulsionante al tiempo mínimo para obtener un historial aceptable y no excederá de 2 min.

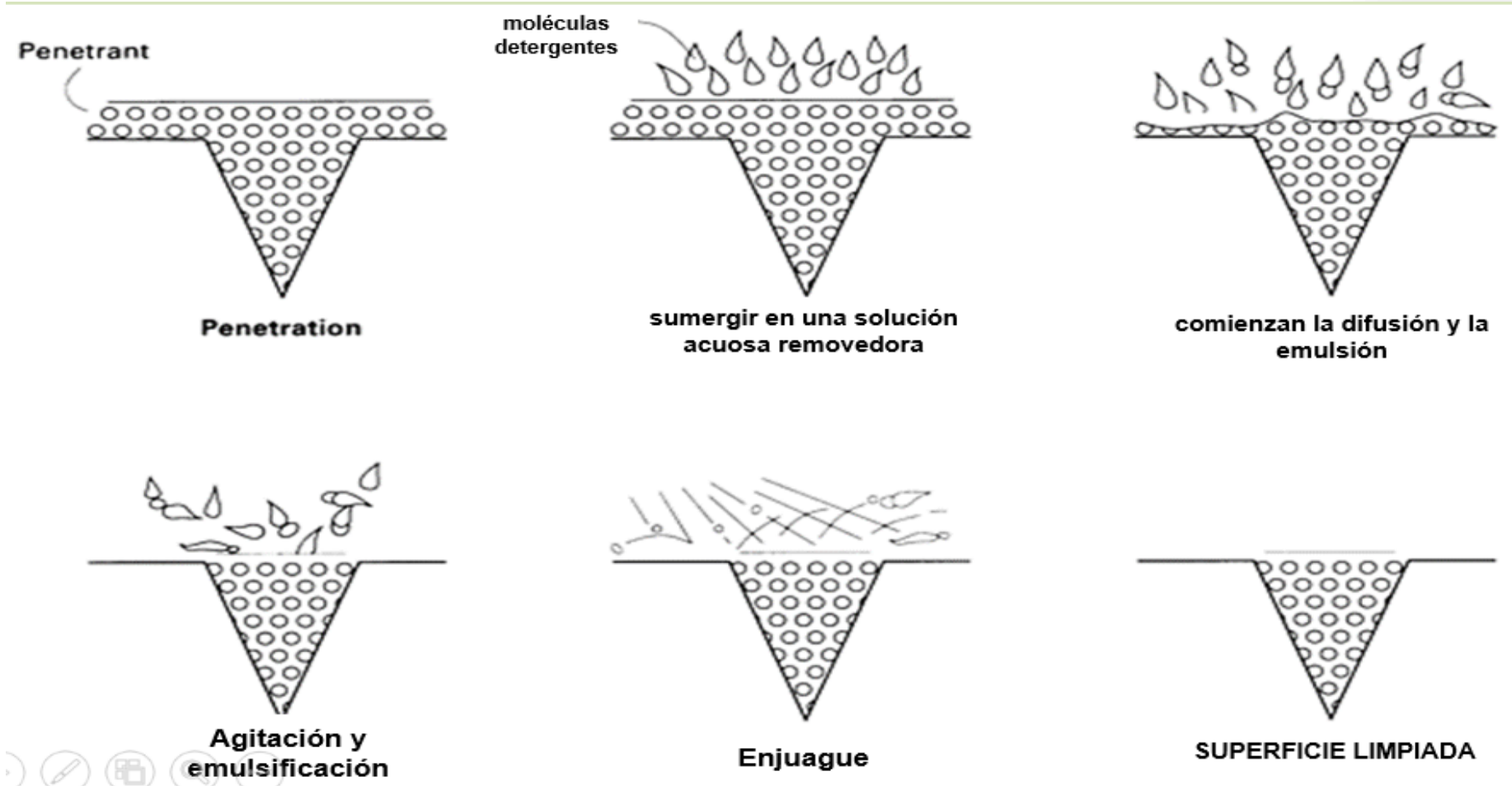
La temperatura del agua debe ser mantenida entre 50 y 100 ° F [10 y 38 ° C]

Mecanismo de remoción de los penetrantes postemulsificables

MODO DE ACCION DEL EMULSIFICADOR HIDROFILICO:

- *El emulsificador hidrofílico es un detergente concentrado, constituido por químicos solubles en agua y agentes no iónico llamados surfactantes.*
- *Se suministra concentrado y se usa mezclado con agua.*
- *El agente del removedor desplaza una pequeña cantidad de penetrante desde la superficie, lo dispersa o lo disuelve, impidiendo que se recombine con el penetrante remanente.*
- *El emulsificador hidrofílico no presenta la difusión.*

Mecanismo de remoción de los penetrantes postemulsificables



SECADO

Independientemente del tipo y método de penetrante utilizado, es necesario secar la superficie de la (s) pieza (s) antes de aplicar reveladores secos o no acuosos o siguiendo la aplicación del revelador acuoso.

Parámetros de secado: los componentes se secarán al aire a temperatura ambiente o en un horno de secado. Temperatura ambiente el secado puede ser ayudado por el uso de ventiladores.

Las temperaturas del horno no exceda los 160 ° F [71 ° C]. El tiempo de secado será solo el necesario para secar adecuadamente la pieza. Los componentes deben ser sacados del horno después del secado. Los componentes no deben colocarse en el horno con agua combinada o acuosa combinada soluciones / suspensiones.

Ventajas y limitaciones de los dos tipos de emulsificantes.

El costo inicial del concentrado hidrofílico es similar al del emulsificante lipofílico; sin embargo, la alta dilución con agua del hidrofílico proporciona considerable reducción del costo. En la práctica, se observa que el tiempo de vida promedio en tanques de ambos emulsificantes es similar, dependiendo de la concentración. Una dilución menor le proporciona mayor tiempo de vida a los emulsificantes hidrofílicos

Los emulsificantes hidrofílicos tienen gran tolerancia al agua, esto permite el prelavado de las piezas, que remueve aproximadamente un 80% del penetrante antes de la emulsificación, con lo cual se reduce considerablemente la contaminación del emulsificante por el penetrante. El agua del prelavado puede recolectarse y separarse para recuperar el penetrante.

La baja viscosidad del emulsificante hidrofílico provoca que éste drene más rápidamente de las piezas, dando como resultado una adherencia mínima del emulsificante hidrofílico con respecto al emulsificante lipofílico de mayor viscosidad.

Los emulsificantes hidrofílicos diluidos no son inflamables y son poco tóxicos. Los emulsificantes lipofílicos tienen un alto punto de inflamación.

En esta página se muestra una tabla comparativa de los dos tipos de emulsificantes.

HIDROFILICO	LIPOFILICO
SE SUMINISTRA COMO CONCENTRADO	SE SUMINISTRA LISTO PARA USARSE
BASE AGUA	BASE ACEITE
BAJA VISCOSIDAD	ALTA VISCOSIDAD
TOLERANCIA LIMITADA AL PENETRANTE	TOLERANCIA LIMITADA AL AGUA (5%)
MISCIBLE EN AGUA EN CUALQUIER CONCENTRACIÓN	MISCIBLE CON EL PENETRANTE EN CUALQUIER CONCENTRACIÓN
APLICADO POR INMERSION O ROCIADO	APLICADO POR INMERSION

EL REVELADOR.

La cantidad de penetrante que emerge de una discontinuidad superficial es muy reducida, por lo que es necesario ampliar su visibilidad.

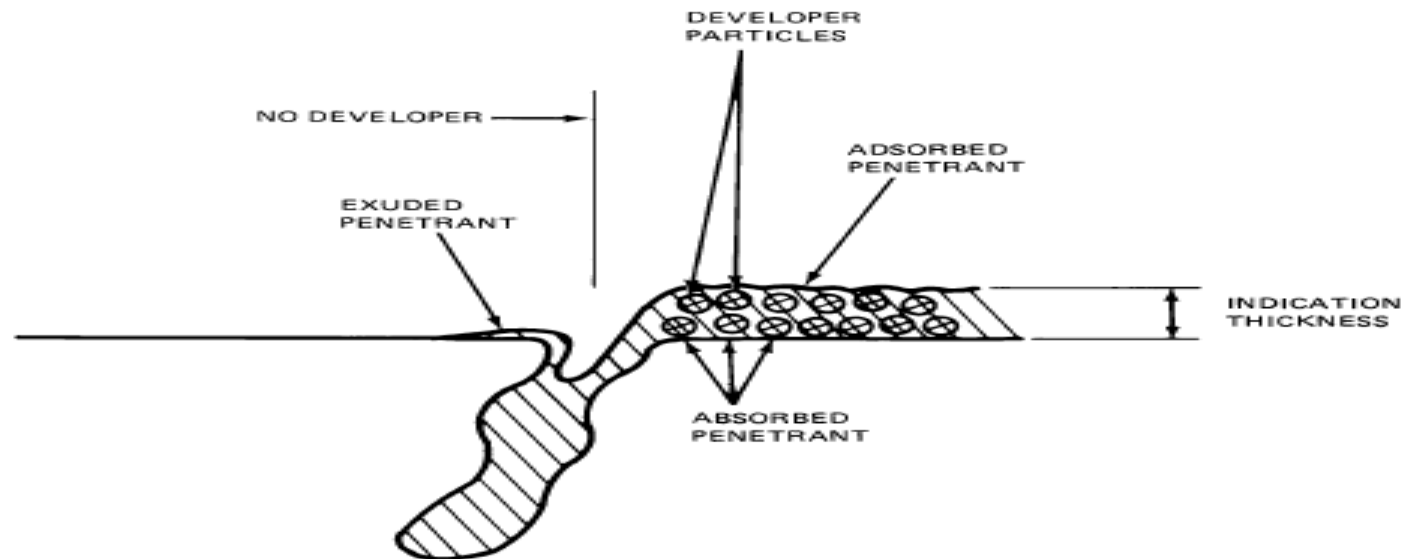
Los reveladores están diseñados de tal forma que extraen el penetrante atrapado en las discontinuidades, para que sean visibles al ojo humano. La acción del revelador es una combinación de tres efectos: solvencia, adsorción y absorción.

El polvo revelador ejerce un efecto adsorcivo y absorcivo sobre los residuos del penetrante, llevándolos hacia la superficie de la pieza.

Cuando el penetrante se dispersa a través del polvo revelador, puede ser fácilmente observado. En el caso de los reveladores en suspensión no acuosa, (a acción solvente juega un papel importante para promover la extracción del penetrante de las discontinuidades y el mejoramiento de las indicaciones.

Mecanismo de acción del revelador

- La acción de revelado es la combinación de dos efectos: la adsorción y la absorción.
- La adsorción se refiere a la acumulación de un líquido sobre la superficie exterior de una partícula debido a fuerzas adhesivas. Esta acción contribuye a que las partículas de revelador se apilen a medida que el penetrante exuda.
- La absorción se refiere a la acción de drenado que ocurre cuando el líquido emerge hacia la partícula absorbente.



Clasificación de los materiales

Existen varios modos de aplicación eficaz de los distintos tipos de desarrolladores, como empolvar, sumergir, inundar o rociar. La forma del revelador, tamaño de la pieza, la configuración y la rugosidad de la superficie influirán en la elección de la aplicación del revelador.

CLASIFICACION.			
REVELADOR	FORMA	A	POLVO SECO
		B	SOLUBLE EN AGUA
		C	SUSPENDIDOS EN AGUA
		D	NO ACUOSOS.

Propiedades de los Reveladores.

El revelador debe poseer las siguientes características para efectuar de forma adecuada su función:

- Alto poder de absorción del penetrante.
- Un tamaño de partícula adecuado, para que el revelador se disperse y exponga el penetrante sobre la mayor área posible, además de producir indicaciones intensas y bien definidas.
- Ser capaz de eliminar colores que Interfieran con el fondo y proporcionar un buen contraste con las indicaciones, especialmente cuando se emplean penetrantes con tinte visible.
- Ser de fácil aplicación.
- Deben formar una capa delgada y uniforme sobre la superficie.
- Gran afinidad con el penetrante.
- No debe ser fluorescente, ni absorber y filtrar la luz ultravioleta empleada para la inspección.
- De fácil remoción después de la inspección.
- No debe Contener ingredientes que dañen las piezas Inspeccionadas o el equipo empleado en el proceso de inspección.
- No deben ser tóxicos para el operador.
- Presentar alto contrasté con el penetrante visible con luz normal.

Función del revelador

- *Mejorar la visibilidad del penetrante, así:*
- *Extrayendo al penetrante atrapado en la discontinuidad.*
- *Esparciendo o dispersando sobre la superficie el penetrante extraído, con el fin de incrementar el tamaño de la indicación.*
- *Mejorando el contraste entre la indicación y el fondo.*
- *Aparece negro azulado bajo la luz UV mejorando el contraste con el amarillo verdoso de la tinta fluorescente.*
- *Provee un gran contraste con la tinta visible.*

Revelador Forma A (polvo seco)

Están constituidos de un polvo fino que, al aplicarse sobre la superficie, tiene la capacidad de adherirse en ella y formar una película muy delgada. La tendencia a fijarse no debe ser excesiva, ya que en el caso de discontinuidades muy finas, el penetrante no puede formar indicaciones nítidas sobre una capa gruesa de polvo.

El color del revelador seco es generalmente blanco. En algunos casos se adiciona un pigmento coloreado en pequeñas cantidades.

En muchos casos la cantidad de polvo adherido a la superficie es tan pequeña que no es necesaria su remoción después de la inspección; especialmente cuando se trabajan piezas fundidas.

Sin embargo, en algunos casos, es esencial la remoción del revelador. En ocasiones es suficiente eliminarlo con agua o con solvente. Los reveladores secos no deben ser higroscópicos, pues durante su manejo y almacenamiento pueden perder su habilidad de fluir al ser humedecidos.

Aplicación Revelador Forma A (polvo seco)

Se deben aplicar después de que la pieza esté seca de tal manera que para asegurar una cobertura completa del área de interés.

Las partes pueden ser sumergido en un recipiente de revelador seco o en un lecho fluido de revelador seco. También se pueden espolvorear con el polvo revelador a través de un bulbo de polvo de mano o un convencional o pistola de polvo electrostática.

Es común y efectivo aplicar polvo seco en una cámara de espolvoreado cerrada, que crea una nube de polvo eficaz y controlada. Otros medios adaptados a la se puede utilizar el tamaño y la geometría de la muestra, siempre que el polvo se aplica uniformemente sobre toda la superficie que se está examinando.

El exceso de polvo revelador puede eliminarse agitando o golpeando ligeramente la pieza, o soplando con baja presión en seco, el aire comprimido no excederá los 5 psi [34 kPa]. Reveladores secos no debe usarse con penetrante Tipo II.



Ventajas Revelador Forma A (polvo seco)

- Fácil de aplicar en piezas muy grandes
- Simple y rápido de usar cuando se inspeccionan pocas piezas
- Fácil de remover después de la inspección
- No se contamina fácilmente
- Recomendado para defectos de gran exudación o en piezas de geometría compleja, agujereadas y rugosas.
- Las indicaciones tienden a permanecer brillantes y definidas ya que el penetrante tiene una cantidad limitada del sitio para expandirse.

Desventajas Revelador Forma A (polvo seco)

- Menor resolución que el revelador húmedo
- Por ser un polvillo puede generar en los usuarios trastornos respiratorios temporales
- No garantiza un cubrimiento completo
- Cuando las superficies son muy lisas no tienen la misma adherencia que los húmedos.

Reveladores Forma B, C (acuosos)

- **Reveladores en solución acuosa.**

Con la utilización de este tipo de reveladores, se han eliminado muchos problemas inherentes a las suspensiones, ya que proveen una capa uniforme y adecuada para la inspección.

Una limitante de este tipo de revelador es que la capa formada en la superficie se compone de material cristalizado que disminuye la capacidad de absorción del penetrante, comparada con la del revelador en suspensión. Además la capa de reveladores más delgada, motivo por el que deben emplearse penetrantes más coloridos o brillantes para poder observar las indicaciones.

Los cambios de concentración debidos a la evaporación son fáciles de llevar a cabo.

Reveladores en suspensión.

Existen dos tipos de reveladores en suspensión, el más empleado es una suspensión de revelador en agua y el otro es una suspensión en un solvente adecuado.

La formulación del material para el revelador en suspensión es más complicada que para el revelador seco. Este debe contener agentes que logren una buena suspensión. Son necesarios agentes dispersantes y agentes que retarden el aglutinamiento, así como inhibidores de la corrosión.

Reveladores en suspensión acuosa.- El revelador suspendido en agua es una solución al problema de agilizar la aplicación en la inspección de piezas de tamaño mediano y pequeño, mediante el proceso fluorescente.

El material para los reveladores en suspensión se suministra como polvo seco, al cual se le adiciona agua, por lo general en porciones de 50 a 150 gramos de polvo por litro de agua. Antes de secarse sobre la superficie de la pieza, la película del revelador debe poseer, en general, las mismas características del revelador seco; esto es, la habilidad de absorber el penetrante que emerge de la discontinuidad.

Aplicación De Reveladores Forma B, C (acuosos)

Se aplicarán reveladores acuosos a la pieza.

Inmediatamente después de eliminar el exceso de penetrante y antes del secado. Los reveladores acuosos se prepararán y se mantendrán de acuerdo con las instrucciones del fabricante y se aplicarán de tal manera que se asegure una cobertura parcial completa y uniforme. Los reveladores acuosos se pueden aplicar rociando, haciendo fluir o sumergiendo la pieza en un baño de revelador preparado.

Sumerja las piezas solo el tiempo suficiente para cubrir todas las superficies de las piezas con el revelador, ya que las indicaciones pueden filtrarse si las piezas se dejan en el baño demasiado tiempo. Después de sacar las piezas del baño de revelador, deje que se escurran.

Drene todo el exceso de revelador de los huecos y las secciones atrapadas para eliminar la acumulación de revelador, que puede ocultar las discontinuidades.

La capa de revelador seca aparece como una capa blanca o translúcida en la pieza.



Se prohíbe el uso de reveladores solubles en agua (Forma B) con penetrantes Tipo II.

Los reveladores (Forma C- suspendidos en agua) se pueden utilizar con penetrantes de Tipo I y Tipo II.

Secado Reveladores Forma B, C (acuosos)

Independientemente del tipo y método de penetrante utilizado, es necesario secar la superficie de la (s) pieza (s) antes de aplicar reveladores secos o no acuosos o siguiendo las aplicación del revelador acuoso.

El tiempo de secado variará con el tipo de secado utilizado y el tamaño, naturaleza, geometría y número de piezas que se están procesando.

Parámetros de secado: los componentes se secarán al aire a temperatura ambiente o en un horno de secado.

Temperatura ambiente el secado puede ser ayudado por el uso de ventiladores.

Las temperaturas del horno no exceda los 160 ° F [71 ° C].

El tiempo de secado será solo el necesario para secar adecuadamente la pieza.

Los componentes deben ser sacadas del horno después del secado.

Los componentes no deben colocarse en el horno con agua combinada o acuosa combinada soluciones / suspensiones.

Revelador Forma D (no acuoso)

- Se aplica sobre el componente seco y en forma de spray
- Se aplica formando una capa delgada y uniforme.
- Si la capa de revelador es demasiado gruesa el componente será limpiado y reprocesado.
- El tiempo mínimo de revelado es de 10 minutos.
- El contenedor debe ser agitado durante la aplicación.
- El solvente se combina con el penetrante diluyéndolo, incrementado así el volumen y disminuyendo la viscosidad del penetrante que exuda de la discontinuidad, mejorando la visibilidad de la indicación.
- Es el revelador de mayor sensibilidad.

Revelador Forma D (no acuoso)

- La técnica de la suspensión en solvente es un medio efectivo para proporcionar una capa ligera de revelador sobre la superficie, ya que los solventes usados son de secado rápido.
- El solvente puede disolver o no al penetrante. En ocasiones, puede servir como solvente parcial para los penetrantes coloreados visibles. Tiene la función de ayudar a extraer el penetrante de la discontinuidad y lo disuelve dándole mayor movilidad y producido una indicación del penetrante más grande y clara. En superficies rugosas, este tipo de reveladores no es adecuado, ya que extrae todo indicio de penetrante de la superficie.
- Los reveladores suspendidos en solventes, generalmente se emplean para mostrar discontinuidades muy finas. Si el rociado se hace en forma rápida y ligera sobre la superficie, el penetrante es extraído de las discontinuidades, pero su difusión es minimizada por la rápida evaporación del solvente. Los solventes utilizados con mayor frecuencia son el alcohol o los solventes clorinados, que tienen la ventaja de no ser inflamables. El keroseno se emplea con menor frecuencia por ser tóxico y altamente inflamable.

Aplicación del Revelador no Acuoso (suspendidos en solvente)

- Este revelador es aplicado por rociado desde aerosoles a la parte totalmente seca y fría.
- Se debe aplicar una delgada capa. La capa debe ser blanca pero aún con cierta transparencia cuando se realiza inspección por tintas visibles y mucho más delgada cuando se utilizan tintas fluorescentes.



Los reveladores se deben aplicar por aspersion, excepto cuando la seguridad o el acceso restringido lo impiden. En tales condiciones el revelador se puede aplicar con brocha. Para penetrantes lavables agua o post emulsionables, el revelador se aplicará sobre una superficie seca. Para penetrantes removible solvente, el revelador se puede aplicar tan pronto como se elimine el exceso de penetrante. El secado será por evaporación normal.

Clasificación de los materiales

- CLASIFICACION DE LOS PENETRANTES:
- ✓ Según el nivel de sensibilidad: (solo aplica para penetrantes Tipo I)
 - Nivel ½: muy bajo.
 - Nivel 1: Bajo
 - Nivel 2: medio
 - Nivel 3: alto
 - Nivel 4: ultra alto

Patrones de prueba

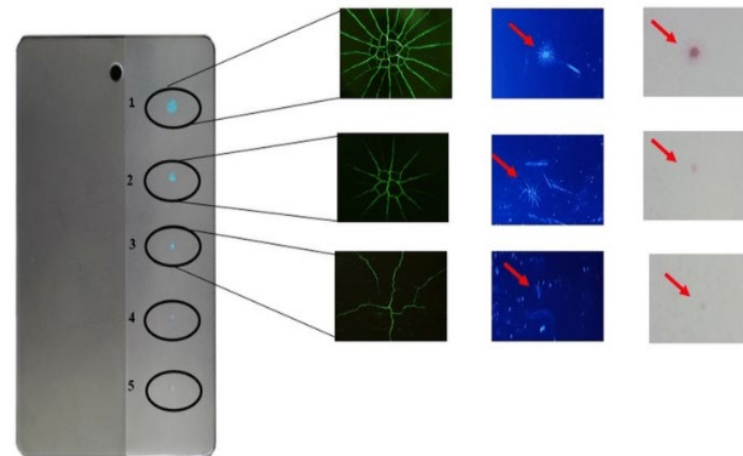
DESIGNACION AMS-2644	DESCRIPCION
SENSIBILIDAD NIVEL 1/2	SENSIBILIDAD ULTRA BAJA
SENSIBILIDAD NIVEL 1	SENSIBILIDAD BAJA
SENSIBILIDAD NIVEL 2	SENSIBILIDAD NORMAL
SENSIBILIDAD NIVEL 3	SENSIBILIDAD ALTA
SENSIBILIDAD NIVEL 4	SENSIBILIDAD ULTRA ALTA

Para efectos de los líquidos penetrantes, solo los **tipo I** (fluorescentes) pueden variar su nivel de sensibilidad, no así con los visibles (**tipo II**)

CUANDO SE REFIERE A VARIACION DE SENSIBILIDAD, SE HABLA DE UNA VARIACION INTENCIONAL YA QUE ALGUNOS PENETRANTES SON MAS SENSIBLES QUE OTROS POR LA NATURALEZA DE SUS COMPONENTES.

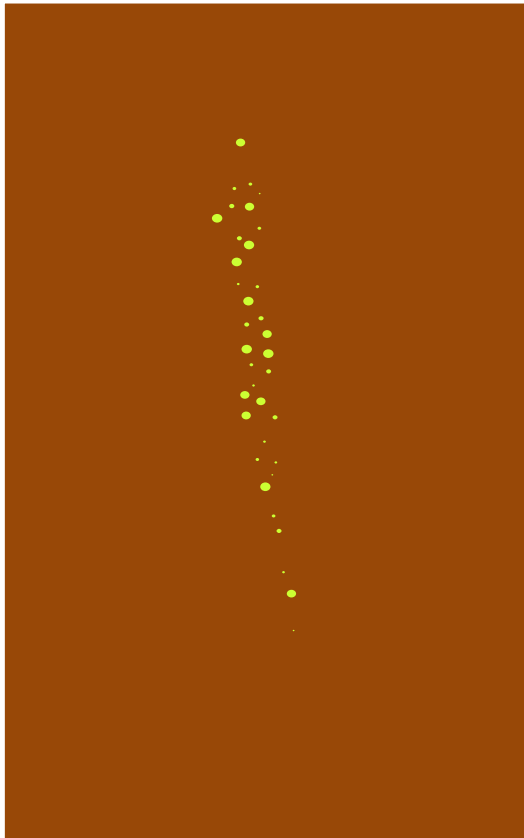
Patrones de prueba

- Cracked nickel-chromium plated panels (Paneles chapados en níquel-cromo agrietados): suministrados en parejas y utilizados para prueba de sensibilidad.
- Quench cracked aluminum block: usados para baja y media sensibilidad.



Mecanismo de acción del revelador

Sin Revelador

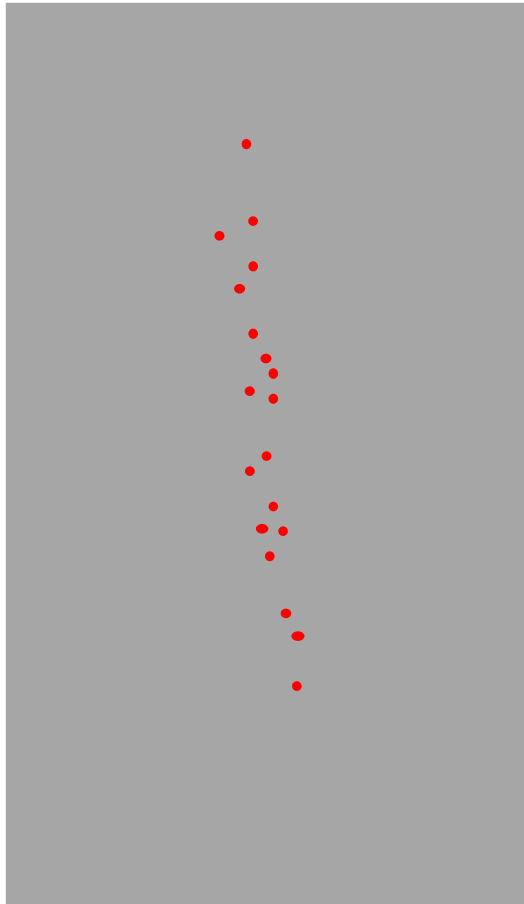


Con Revelador

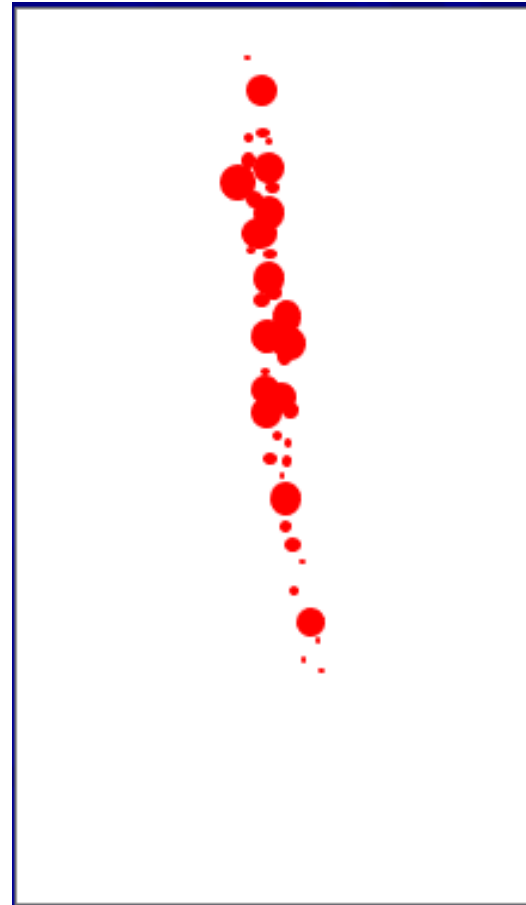


Mecanismo de acción del revelador

Sin Revelador



Con Revelador



Etapas del proceso

- Limpieza y preparación de la superficie.
- Aplicación del penetrante
- Tiempo de penetración
- Remoción del exceso de penetrante
- Secado
- Aplicación del revelador
- Inspección
- Evaluación
- Post-limpieza

TIEMPO DE PENETRACIÓN

➤ Se define como el tiempo necesario para que el penetrante se introduzca en las discontinuidades.

Este tiempo varía de acuerdo a los siguientes factores:

- Tipo de penetrante utilizado.
 - Características del material a inspeccionar.
 - El proceso de fabricación del material.
 - Las posibles discontinuidades a detectar.
 - Temperatura.
- Existen tablas de tiempos de penetración para diferentes materiales y discontinuidades (ver Tabla T672, pag. Sig), recomendados por los fabricantes, en las cuales deben considerarse algunos puntos:
- Los tiempos sugeridos son tiempos mínimos, y debe verificarse que en este período la superficie de la pieza permanezca cubierta con el penetrante.
 - *Si el tiempo es muy corto se reduce la visibilidad de la indicación*

Tiempos de penetración

Table T-672
Tiempos mínimos de permanencia

Material	Forma	Tipo de discontinuidad	Tiempos de permanencia
			[Nota (1)], (minutos)
			Penetrante
Aluminio, magnesio, acero, latón y bronce, titanio y alta temperatura aleaciones	Fundiciones y soldaduras	Cierres fríos, porosidad, falta de fusión, grietas (todas las formas)	5
Herramientas con punta de carburo	materiales forjados — extrusiones, piezas forjadas, placa	Vueltas, grietas	10
plástico	Soldada o soldada	Falta de fusión, porosidad, grietas	5
Vidrio	Todas las formas	Grietas	5
Cerámico	Todas las formas	Grietas	5

NOTA:

(1) Para el rango de temperatura de 50 °F a 125 °F (10 °C a 52 °C). Para temperaturas desde 40 °F (5 °C) hasta 50 °F (10 °C), permanencia mínima del penetrante el tiempo será 2 veces el valor indicado.

Tiempos de penetración



Designation: E165/E165M – 18

TABLA 2 Tiempos mínimos de permanencia recomendados

Material	Forma	Tipo de Discontinuidad	Tiempos de permanencia ^A (minutos)	
			Penetrante ^B	Revelador ^C
Aluminio, magnesio, acero, latón y bronce, titanio y aleaciones de alta temperatura	fundiciones y soldaduras	cierres fríos, porosidad, falta de fusión, grietas (todas las formas)	5	10
Herramientas con punta de carburo	materiales forjados—extrusiones, forjas, placa	vueltas, grietas (todas las formas)	10	10
plástico	todas las formas	falta de fusión, porosidad, grietas grietas	5	10
Vidrio	todas las formas	grietas	5	10
Cerámico	todas las formas	grietas, porosidad	5	10

^A Para un rango de temperatura de 50° a 125 °F [10° a 52 °C]. Para temperaturas entre 40° y 50 °F [4,4° y 10 °C], recomiende un tiempo mínimo de permanencia de 20 min.

^B Tiempo máximo de permanencia del penetrante de acuerdo con 8.5.1.

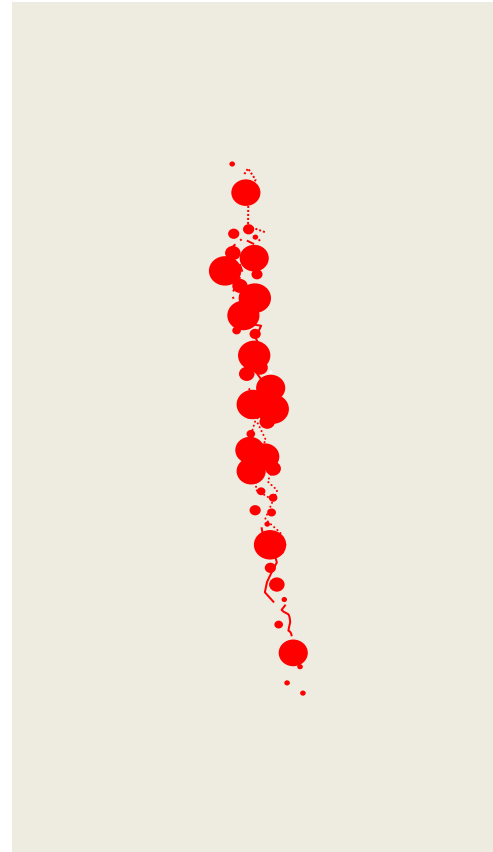
^C El tiempo de revelado comienza tan pronto como el recubrimiento húmedo del revelador se haya secado en la superficie de las piezas (mínimo recomendado). Tiempo máximo de desarrollo de acuerdo con 8.8.5.

Tiempos de penetración

60 Seconds



5 Minute



120 Minutes



Inspección

ASME BPVC.V-2019

ARTICLE 6



Table T-621.1
Requisitos de un procedimiento de examen de líquidos penetrantes

Requisito	Variable esencial	No esencial Variable
Identificación y cualquier cambio en el tipo o grupo familiar de materiales penetrantes, incluidos reveladores, emulsionantes, etc.	X	...
Preparación de la superficie (acabado y limpieza, incluido el tipo de disolvente de limpieza)	X	...
Método de aplicación del penetrante	X	...
Método para eliminar el exceso de penetrante superficial.	X	...
Concentración de emulsionante hidrofílico o lipofílico y tiempo de permanencia en tanques de inmersión y agitación tiempo para emulsionantes hidrofílicos	X	...
Concentración de emulsionante hidrofílico en aplicaciones de pulverización	X	...
Método de aplicación del revelador.	X	...
Períodos de tiempo mínimo y máximo entre pasos y ayudas de secado	X	...
Disminución del tiempo de permanencia del penetrante	X	...
Aumento del tiempo de permanencia del revelador (Tiempo de interpretación)	X	...
Intensidad de luz mínima	X	...
Temperatura de la superficie exterior 40 °F a 125 °F (5 °C a 52 °C) o según lo calificado previamente	X	...
Demostración de rendimiento, cuando sea necesario	X	...
Requisitos de cualificación del personal	...	X
Materiales, formas o tamaños a ser examinados y la extensión del examen	...	X
Técnica de limpieza posterior al examen	...	X

Inspección

Los componentes deben ser inspeccionados antes de que transcurra el máximo tiempo de revelado, monitoreándolos periódicamente, de lo contrario deben ser limpiados y reprocesados.

ASME BPVC.V-2019

ARTICLE 6

Table T-621.3

Límites de tiempo mínimo y máximo para los pasos en los procedimientos de examen penetrante

Paso del procedimiento	Mínimo	Máximo
Secado después de la preparación (T-643)	X	...
Permanencia de penetrante (T-672)	X	X
Eliminación de penetrantes lavable con agua/removible con solvente (T-673.1/T-673.3)
Eliminación de penetrantes con emulsionante lipofílico [T-673.2(a)] XX		
Eliminación de penetrantes con emulsionante hidrofílico [T-673.2(b)]		
Pre-enjuague	...	X
Inmersión	...	X
Pulverizador de agua-emulsionante	...	X
Inmersión en agua o pulverización posterior al enjuague	...	X
Secado después de la eliminación del penetrante (T-674)		
Penetrantes para eliminación de	...	X
solventes Penetrantes lavables con agua y post-emulsionables	...	X
Aplicación de revelador (T-675)	...	X
Tiempo de revelado e interpretación (T-675.3 y T-676)	X	X

T-675 DEVELOPING

The developer shall be applied as soon as possible after penetrant removal; the time interval shall not exceed that established in the procedure. Insufficient coating thickness may not draw the penetrant out of discontinuities; conversely, excessive coating thickness may mask indications.

T-675.3 Developing Time. Developing time for final interpretation begins immediately after the application of a dry developer or as soon as a wet developer coating is dry.

T-653 TECHNIQUES FOR NONSTANDARD TEMPERATURES

When it is not practical to conduct a liquid penetrant examination within the temperature range of 40°F to 125°F (5°C to 52°C), the examination procedure at the proposed lower or higher temperature range requires qualification of the penetrant materials and processing in accordance with [Mandatory Appendix III](#) of this Article.

T-675 Revelador

se aplicará lo antes posible después de la eliminación del penetrante; el intervalo de tiempo no deberá exceder el establecido en el procedimiento. Un grosor de capa insuficiente puede no sacar el penetrante de las discontinuidades; A la inversa, un grosor excesivo del recubrimiento puede enmascarar indicaciones.

T-675.3 Tiempo de revelado. El tiempo de revelado de la interpretación final comienza inmediatamente después de la aplicación de un revelador seco o tan pronto como se haya secado una capa de revelado húmedo se haya secado.

T-653 TÉCNICAS PARA TEMPERATURAS NO ESTÁNDAR

Cuando no es práctico realizar un líquido penetrante dentro del rango de temperatura de 40 ° Fa 125 ° F (5 ° C a 52 ° C), el procedimiento de inspección en el rango de temperatura más bajo o más alto propuesto requiere calificación de los materiales penetrantes y procesamiento en de conformidad con el Apéndice III Obligatorio de este Artículo

(19) **T-676 INTERPRETATION**

T-676.1 Final Interpretation. Final interpretation shall be made not less than 10 min nor more than 60 min after the requirements of T-675.3 are satisfied, unless otherwise qualified under T-653. If bleed-out does not alter the examination results, longer periods are permitted. If the surface to be examined is large enough to preclude complete examination within the prescribed or established time, the examination shall be performed in increments.

T-676 INTERPRETACIÓN

T-676.1 Interpretación final. La interpretación final se hará no menos de 10 min ni más de 60 min después de que se cumplan los requisitos de T-675.3, a menos que se califique de otra manera según T-653. Si el sangrado no altera los resultados del examen, se permiten períodos más largos. Si la superficie a examinar es lo suficientemente grande como para que impida el examen completo dentro del tiempo prescrito o tiempo establecido, el examen se realizará en incrementos.

Inspección Condiciones necesarias.



Si se usan penetrantes Tipo I, el área de inspección debe estar libre de contaminación fluorescente y excesiva luz visible. La luz visible del ambiente no debe superar 2 fc (21.5 lx) y la intensidad de la luz UV-A debe ser superior a $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ (micro vatio por cm^2) en la superficie de la pieza examinada durante toda la prueba a una distancia de 38,1 cm [15 pulg.].

Calentamiento con luz UV-A: a menos que se especifique lo contrario por el fabricante, deje que la luz UV-A se caliente durante un mínimo de 10 minutos antes del uso o medición de su intensidad. Las fuentes LED UV-A no requieren calentamiento.

Los examinadores estarán en un área oscura durante al menos 5 min antes de realizar los exámenes para permitir su ojos para adaptarse a la visión oscura. Gafas o lentes usados por los examinadores no será fotosensibles.

El área de examen debe estar iluminada con luces UV-A que operan en el rango entre 320 nm y 400 nm.

La intensidad de la luz UV-A se medirá con un medidor de luz UV-A antes de su uso, siempre que la potencia de la luz se interrumpe o cambia la fuente, y al finalizar la prueba o serie de pruebas.

Inspección Condiciones necesarias.



Si se usan penetrantes Tipo II, el área de inspección debe tener una intensidad mínima de 100 fc (1076 lx).

La intensidad de la fuente de luz blanca natural o suplementaria, medido con un medidor de luz blanca antes de la evaluación de indicaciones o se utilizará una fuente de luz verificada. Se requiere demostrar la identificación de las fuentes de luz solo una vez, documentada y archivada.

Equipos de inspección

- Pueden ser de dos tipos:

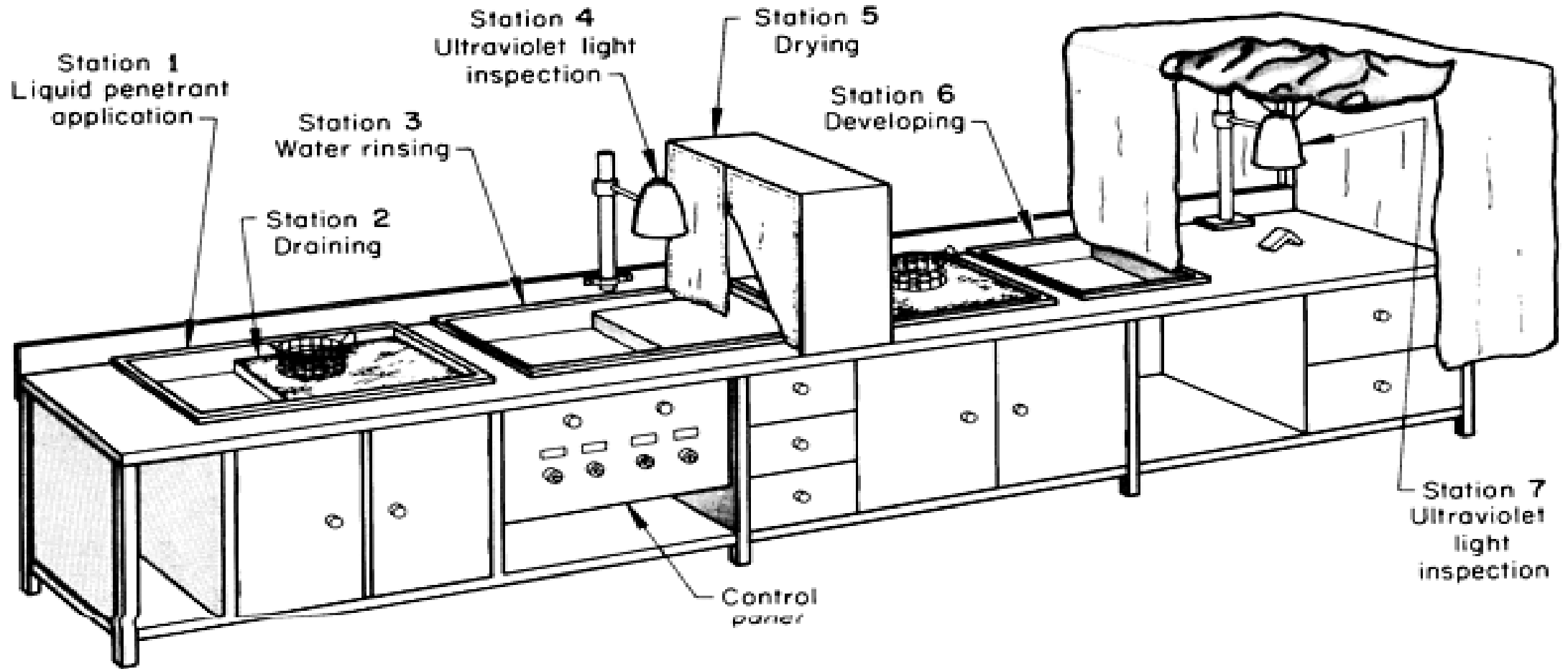
1- Portátil (Kit: penetrante, removedor, revelador, cepillo para aplicación, medidor de intensidad de luz, lámpara de luz UV-A)



2- Estacionario (estaciones modulares: penetrante, drenado, emulsificador, lavado, revelador, horno, inspección)



Equipos de inspección



Equipos de inspección



Equipos de inspección

- LAMPARA DE LUZ UV
- Los materiales fluorescentes responde a una radiación de 365nm de longitud de onda (radiación UV-A), se denomina luz negra porque es invisible en dicho valor.
- Las fuentes de radiación UV-A mas comunes son:
 1. Lámparas incandescentes
 2. Arco de carbón
 3. Lámparas fluorescentes tubulares con filtro
 4. Lámparas fluorescentes tubulares
 5. Lámparas de bulbo de mercurio
 6. Lámparas halógenas

Equipos de inspección

- *LAMPARA DE LUZ UV-A*
- *Las dos primeras no son usadas para inspección de líquidos penetrantes, la luz se produce por el calentamiento de un filamento de tungsteno, emitiendo radiación en un rango tan extenso que cubre la luz visible y el infrarrojo.*
- *Las lámparas fluorescentes tubulares contienen mercurio en su interior, el cual con el paso de la corriente se vaporiza emitiendo radiación ultravioleta de una longitud de onda aproximada a 254nm.*
- *Las lámparas de bulbo de mercurio son utilizadas en la inspección de PT siempre y cuando superen los 100 Watts.*

Inspección para penetrantes Tipo I

- El inspector debe adaptar su visión a la oscuridad por lo menos 1 minuto (ASTM E 1417) o 5 minutos (ASME Sección V art 6) antes de examinar un componente.
- Todas las áreas con fluorescencia deben ser interpretadas.
- Componentes sin indicaciones o con indicaciones no relevantes son aceptados.
- Componentes con indicaciones relevantes son evaluados con respecto a los criterios de aceptación aplicables.
- Componentes con excesiva fluorescencia deben ser limpiados y reprocesados.

Inspección para penetrantes Tipo II

- Todas las indicaciones deben ser interpretadas.
- Indicaciones de color rosado ligero pueden indicar excesiva limpieza.
- Componentes sin indicaciones o con indicaciones no relevantes son aceptados.
- Componentes con indicaciones relevantes son evaluados con respecto a los criterios de aceptación aplicables.

Equipos de inspección



Equipos de prueba

Medidor de intensidad de luz:

Es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente. La unidad de medida es el lux (lx).



Hidrómetro:

Es un instrumento de laboratorio que sirve para medir la densidad o gravedad específica de un líquido



Equipos de prueba

Termómetro de lámina bimetálica o termómetro bimetálico

Es un dispositivo para determinar la temperatura que aprovecha el desigual coeficiente de dilatación de 2 láminas metálicas de diferentes metales unidas rígidamente (lámina bimetálica).



Pirómetro

es un dispositivo capaz de medir la temperatura de una sustancia sin necesidad de estar en contacto con ella.



VERIFICACIONES

- *Penetrante: brillo, removilidad, contaminación, pérdida de sensibilidad, desempeño, contenido de agua y contaminación.*
- *Emulsificador lipofílico: contenido de agua y removilidad.*
- *Emulsificador hidrofílico: concentración y removilidad.*
- *Agua de lavado: temperatura y presión.*
- *Revelador Forma A: condición.*
- *Reveladores Forma B y C: contaminación y concentración.*
- *Lámpara de luz UV-A: intensidad e integridad*
- *Área de inspección: limpieza e iluminación*

CALIBRACIÓN

ASME BPVC.V-2019, ARTICULO 6, T-660

Medidores de luz, luz visible y fluorescente (negra), se calibrarán al menos una vez al año o cuando alguna vez el medidor ha sido reparado.

Si los medidores no han sido en uso durante un año o más, la calibración se debe realizar antes de ser utilizado

Documentos aplicables

- **ESPECIFICACIONES:** Explica los detalles de cómo debe realizarse un trabajo. Escrita por una compañía para un proceso específico. Normalmente contiene: Documentos de referencia, materiales, equipos, calificación de personal, control del proceso, requisitos del procedimiento escrito.
- **CODIGOS:** Un cuerpo de leyes que forma un sistema completo de legislación sobre alguna materia. Define los requisitos técnicos de: diseño, materiales, procesos de fabricación, inspección, etc.
- **NORMA:** Documento que controla y estandariza las prácticas aceptadas para cada método de NDT.

Evaluación

- Componentes con indicaciones relevantes son evaluados con respecto a los criterios de aceptación aplicables.
- Según ASME Sección V, Art 6
- Según AWS D1.1, 8.10.
- ASME B 31.3, (344.4.1).
- Según ASME Sección VIII DV I (8.3)

Process Piping

ASME Code for Pressure Piping, B31

AN INTERNATIONAL PIPING CODE®



Pag 89.

344.4.1 Method. Examination of castings is covered in para. 302.3.3. Liquid penetrant examination of welds and of components other than castings shall be performed in accordance with ASME BPVC, Section V, Article 6.

344.4.2 Acceptance Criteria. Liquid penetrant indications are caused by the bleed-out of a visible or fluorescent dye from a surface discontinuity in the area under test. However, all such indications are not necessarily imperfections, since excessive roughness, poor surface preparation, etc., may produce nonrelevant indications. Inadvertent evidence of penetrant not related to actual bleed-out is classified as a false indication. Indications shall be verified as being relevant, nonrelevant, or false. Additional surface preparation and/or other test methods may be used as needed to verify the relevance of an indication.

An indication of an imperfection may be larger than the imperfection that causes it; however, the size of the indication is the basis for acceptance evaluation. Only indications that have any dimension greater than 1.5 mm ($\frac{1}{16}$ in.) shall be considered relevant.

(a) Indications

(1) A linear indication is one having a length greater than three times its width.

(2) A rounded indication is one of circular or elliptical shape with a length equal to or less than three times its width.

(b) Examination. All surfaces to be examined shall be free of

(1) relevant linear indications

(2) relevant rounded indications >5.0 mm ($\frac{3}{16}$ in.)

(3) four or more relevant rounded indications in a line separated by 1.5 mm ($\frac{1}{16}$ in.) or less, edge to edge

- 344.4.1 Método.

- El examen de las piezas moldeadas se trata en el párr. 302.3.3. El examen de líquidos penetrantes de las soldaduras y de los componentes que no sean piezas fundidas se debe realizar de acuerdo con ASME BPVC, Sección V, Artículo 6.

- 344.4.2 Criterios de aceptación.

Las indicaciones por líquido penetrante son causadas por el sangrado de un tinte visible o fluorescente de una discontinuidad de la superficie en el área bajo prueba. Sin embargo, todas estas indicaciones no son necesariamente imperfecciones, ya que una rugosidad excesiva, una mala preparación de la superficie, etc., pueden producir indicaciones irrelevantes. La evidencia de penetrante no relacionada con un sangrado real se clasifica como una indicación falsa. Se debe verificar que las indicaciones sean relevantes, no relevantes o falsas. Se puede utilizar una preparación adicional de la superficie y/u otros métodos de prueba según sea necesario para verificar la relevancia de una indicación.

Una indicación de una imperfección puede ser mayor que la imperfección que la causa; sin embargo, el tamaño de la indicación es la base para la evaluación de aceptación. Solo se considerarán relevantes las indicaciones que tengan una dimensión superior a 1,5 mm (1/16 pulg.).

(a) Indicaciones

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

(2) Una indicación redondeada es una de forma circular o elíptica con una longitud igual o menor que tres veces su ancho.

b) Examen. Todas las superficies a examinar deben estar libres de

(1) indicaciones lineales relevantes

(2) indicaciones redondeadas relevantes > 5.0 mm (3/16 pulg.)

(3) cuatro o más indicaciones redondeadas relevantes en una línea separada por 1.5 mm (1/16 pulg.) o menos, de borde a borde

SECTION VIII

Rules for Construction of Pressure Vessels

2021ASME Boiler and
Pressure Vessel Code
An International Code

Division 1

ASME
APPROVED FOR CONSTRUCTION**8-3 EVALUATION OF INDICATIONS**

An indication of an imperfection may be larger than the imperfection that causes it; however, the size of the indication is the basis for acceptance evaluation. Only indications with major dimensions greater than $\frac{1}{16}$ in. (1.5 mm) shall be considered relevant.

(a) A linear indication is one having a length greater than three times the width.

(b) A rounded indication is one of circular or elliptical shape with the length equal to or less than three times the width.

(c) Any questionable or doubtful indications shall be reexamined to determine whether or not they are relevant.

8-4 ACCEPTANCE STANDARDS

These acceptance standards shall apply unless other more restrictive standards are specified for specific materials or applications within this Division.

All surfaces to be examined shall be free of:

- (a) relevant linear indications;
- (b) relevant rounded indications greater than $\frac{3}{16}$ in. (5 mm);
- (c) four or more relevant rounded indications in a line separated by $\frac{1}{16}$ in. (1.5 mm) or less (edge to edge).

- 8-3 EVALUACIÓN DE INDICACIONES

Una indicación de una imperfección puede ser mayor que la imperfección que la causa, sin embargo, el tamaño de la indicación es la base para la evaluación de aceptación. Solo las indicaciones con dimensiones principales superiores a $1/16$ pulg. (1,5 mm) se considerará pertinente.

(a) Una indicación lineal es aquella que tiene una longitud superior a tres veces la anchura.

(b) Una indicación redondeada es una de forma circular o elíptica con una longitud igual o menor que tres veces la anchura.

(c) Cualquier indicación cuestionable o dudosa será reexaminada para determinar si es relevante o no.

- 8-4 ESTANDAR DE ACEPTACIÓN

Este estándar de aceptación se aplicarán a menos que se especifiquen otras normas más restrictivas para materiales o aplicaciones específicas dentro de esta División.

Todas las superficies a examinar deberán estar libres de:

(a) indicaciones lineales relevantes;

(b) indicaciones redondeadas relevantes mayores de $3/16$ pulg (5 mm);

(c) cuatro o más indicaciones redondeadas relevantes en una línea separadas por $1/16$ pulg. (1,5 mm) o menos (borde a borde).

Structural Welding Code— Steel

§.10 Ensayo de penetración (PT) y ensayo de partícula magnética (MT)

Las soldaduras sometidas a PT y MT, además de la inspección visual, deben ser evaluadas sobre la base de los criterios de aceptación para la inspección visual. Los ensayos se deben realizar según §.14.4 o §.14.5, según corresponda.

§.14.4 MT. Cuando se utiliza MT, el procedimiento y la técnica deben cumplir con ASTM E709 y el criterio de aceptación debe cumplir con la Sección §, Parte C de este código.

§.14.5 PT. Para detectar discontinuidades abiertas a la superficie es posible utilizar PT. Se deben utilizar los métodos estándar establecidos en ASTM E165 para la inspección PT y las normas de aceptación deberán cumplir con la Sección §, Parte C de este código.



Tabla 8.1
Criterios de aceptación de la inspección visual (ver 8.9)

Categorías de discontinuidad y criterios de inspección	Conexiones no tubulares cargadas estáticamente	Conexiones no tubulares cargadas cíclicamente										
(1) Prohibición de grietas No se deberá aceptar grieta alguna, independientemente del tamaño o la ubicación.	X	X										
(2) Fusión del metal de soldadura/metal base Deberá existir fusión completa entre las capas adyacentes del metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base.	X	X										
(3) Sección transversal del cráter Se deberá llenar todos los cráteres para proporcionar el tamaño de soldadura especificado, excepto en los extremos de soldaduras en filete intermitentes fuera de su longitud efectiva.	X	X										
(4) Perfiles de soldadura Los perfiles de soldadura deberán cumplir con Z.23.	X	X										
(5) Tiempo de inspección La inspección visual de las soldaduras en todos los aceros puede comenzar inmediatamente después de que se hayan enfriado las soldaduras finalizadas a temperatura ambiente. Los criterios de aceptación para aceros ASTM A514, A517 y A709 Grado HPS 100W [HPS 690W] deberán estar basados en inspecciones visuales realizadas en un lapso no menor a 48 horas después de la finalización de la soldadura.	X	X										
(6) Soldaduras de tamaño inferior al nominal El tamaño de una soldadura en filete en cualquier soldadura continua puede ser inferior al tamaño nominal especificado (L) sin corrección por las siguientes cantidades (U): <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">L,</td> <td style="text-align: center;">U,</td> </tr> <tr> <td>tamaño nominal especificado de la soldadura, pulg. [mm]</td> <td>disminución admisible de L, pulg. [mm]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$\leq 3/16$ [5]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 1/16$ [2]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$1/4$ [6]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 3/32$ [2.5]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$\geq 5/16$ [8]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 1/8$ [3]</td> </tr> </table> En todos los casos, la parte de la soldadura con tamaño menor del nominal no deberá exceder del 10% de la longitud de la soldadura. En las soldaduras de alma a ala en vigas, se deberá prohibir la reducción en los extremos de una longitud igual al doble del ancho del ala.	L,	U,	tamaño nominal especificado de la soldadura, pulg. [mm]	disminución admisible de L, pulg. [mm]	$\leq 3/16$ [5]	$\leq 1/16$ [2]	$1/4$ [6]	$\leq 3/32$ [2.5]	$\geq 5/16$ [8]	$\leq 1/8$ [3]	X	X
L,	U,											
tamaño nominal especificado de la soldadura, pulg. [mm]	disminución admisible de L, pulg. [mm]											
$\leq 3/16$ [5]	$\leq 1/16$ [2]											
$1/4$ [6]	$\leq 3/32$ [2.5]											
$\geq 5/16$ [8]	$\leq 1/8$ [3]											
(7) Socavación (A) En el caso de materiales de menos de 1 pulg. [25 mm] de espesor, la socavación no deberá exceder de 1/32 pulg. [1mm], con la siguiente excepción: la socavación no deberá exceder de 1/16 pulg. [2 mm] en cualquier longitud acumulada de hasta 2 pulg. [50 mm] en cualquier tramo de 12 pulg. [300 mm]. En el caso de materiales con espesor igual o mayor de 1 pulg. [25 mm], la socavación no deberá exceder de 1/16 pulg. [2 mm], cualquiera sea la longitud de la soldadura. (B) En miembros principales, la socavación no deberá ser mayor de 0,01 pulg. [0,25 mm] de profundidad cuando la soldadura es transversal al esfuerzo de tracción en cualquier condición de carga. La socavación no deberá ser superior a 1/32 pulg. [1 mm] de profundidad en ningún caso.	X	X										
(8) Porosidad (A) Las soldaduras en ranura con CJP en juntas a tope transversales a la dirección del esfuerzo de tracción calculado no deberán tener porosidad vermicular visible. En todas las demás soldaduras en ranura y soldaduras en filete, la suma de la porosidad vermicular visible de 1/32 pulg. [1 mm] o más de diámetro no deberá exceder de 3/8 pulg. [10 mm] en cualquier tramo lineal de soldadura de una pulgada y no deberá exceder de 3/4 pulg. [20 mm] en cualquier tramo de soldadura de 12 pulg. [300 mm] de longitud. (B) La frecuencia de la porosidad vermicular en las soldaduras en filete no deberá exceder de una en cada 4 pulg. [100 mm] de longitud de soldadura y el diámetro máximo no deberá exceder de 3/32 pulg. [2,5 mm]. Excepción: en el caso de soldaduras en filete que conectan rigidizadores al ala, la suma de los diámetro de la porosidad vermicular no deberá exceder de 3/8 pulg. [10 mm] en cualquier tramo lineal de soldadura de una pulgada y no deberá exceder de 3/4 pulg. [20 mm] en cualquier tramo de soldadura de 12 pulg. [300 mm] de longitud. (C) Las soldaduras en ranura con CJP en juntas a tope transversales a la dirección del esfuerzo de tracción calculado no deberán tener porosidad vermicular. En todas las demás soldaduras en ranura la frecuencia de la porosidad vermicular no deberá exceder de una en 4 pulg. [100 mm] de longitud y el diámetro máximo no deberá exceder de 3/32 pulg. [2,5 mm].	X	X										

Nota: Una "X" indica la aplicabilidad para el tipo de conexión, un área sombreada indica no aplicabilidad.

Interpretación y evaluación de indicaciones

- Interpretar una indicación significa poder determinar qué está causando la formación de la indicación.
- La evaluación es la operación siguiente a la interpretación y consiste en determinar cómo afecta el desempeño de la pieza la presencia de una indicación una vez que se conoce su dimensión, ubicación, dirección y forma.
- Como resultado de la evaluación se especifica si la pieza es aceptada, rechazada o puede ser reparada

Interpretación y evaluación de indicaciones

- Para realizar la interpretación el inspector debe:
 - Conocer la historia de la pieza: material, proceso de fabricación, condiciones de servicio, posibles discontinuidades a ser detectadas.
 - Tener conocimiento en análisis de fallas.
 - Poder distinguir las formas de indicaciones provenientes de discontinuidades.

Factores que afectan la formación de indicaciones

- *Inspecciones previas: residuos de partículas magnéticas, piezas con pintura, geometría de la pieza.*
- *Condición superficial: la abertura puede estar cerrada, áreas rugosas o porosas pueden retener penetrante, depósitos sobre la superficie o en los espacios puede diluir al penetrante, agua o humedad dentro de la discontinuidad puede prevenir la entrada de penetrante.*

Factores que afectan la formación de indicaciones

- *Temperatura: la viscosidad de los líquidos aumenta al bajar la temperatura, componentes volátiles pueden evaporarse si está demasiado caliente.*
- *Tiempo de penetración y lavado: indicaciones finas pueden ser causadas por insuficiente tiempo de penetración, indicaciones difusas pueden deberse a lavado incompleto, excesivo lavado puede remover penetrante de discontinuidades superficiales produciendo indicaciones de baja intensidad.*

Factores que afectan la formación de indicaciones

- Aplicación del revelador: excesivo revelador puede enmascarar discontinuidades finas, puede reducirse el contraste.
- Condiciones de la inspección: buena visión, iluminación apropiada, área oscurecida para penetrantes fluorescentes, adecuada intensidad de la luz negra, adecuada intensidad de la luz blanca, ajuste de la visión de acuerdo a las especificaciones.

Medición.

DE LA INDICACION:

- Después de transcurrido el tiempo de revelado o de revelado se mide el tamaño de la indicación.

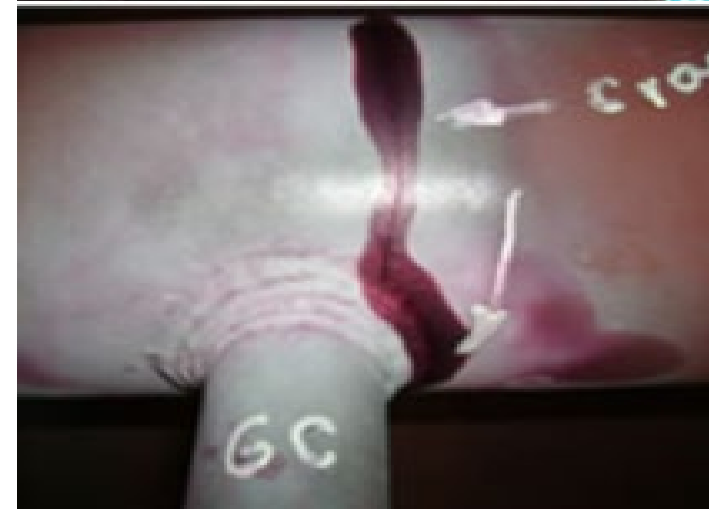
DE LA DISCONTINUIDAD:

- Se debe limpiar el área cuidadosamente con un paño humedecido con solvente e inmediatamente se mide la discontinuidad.



Indicaciones de grietas

- Pueden presentarse durante la solidificación y enfriamiento del metal debido a las contracciones.
- Las grietas de contracción usualmente aparecen en áreas donde existen cambios abruptos de sección.
- En las soldaduras las grietas pueden aparecer en el metal soldado, las grietas en cráter aparecen como indicaciones redondeadas.
- Algunas soldaduras pueden mostrar indicaciones lineales rectas que parecen grietas pero son causadas por falta de penetración o falta de fusión.



Indicaciones de grietas

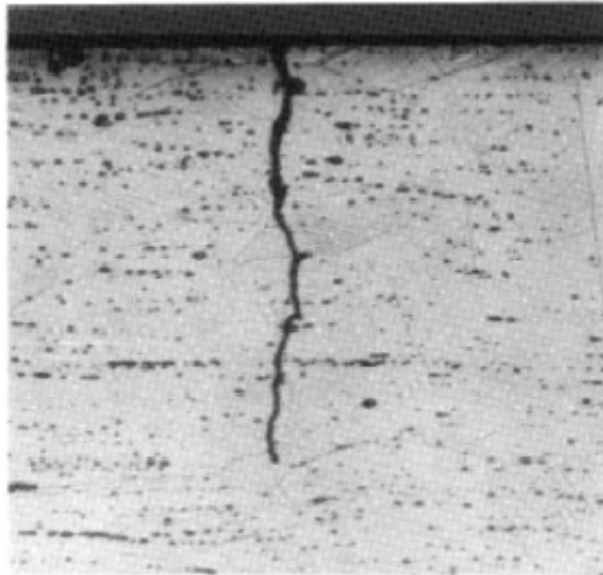
- El trabajado en frío y en caliente puede producir agrietamiento, en caliente el agrietamiento se produce cuando se excede la carga, en frío por el endurecimiento.
- Las piezas forjadas pueden dar indicaciones de grieta en las zonas donde se juntan secciones delgadas con secciones gruesas, los pliegues de forja a veces son confundidos con grietas.
- Piezas laminadas o tuberías que han sido enderezadas pueden presentar grietas en los puntos de máxima tensión.
- Grietas de esmerilado son muy pequeñas y muy difíciles de apreciar.

Indicaciones de grietas

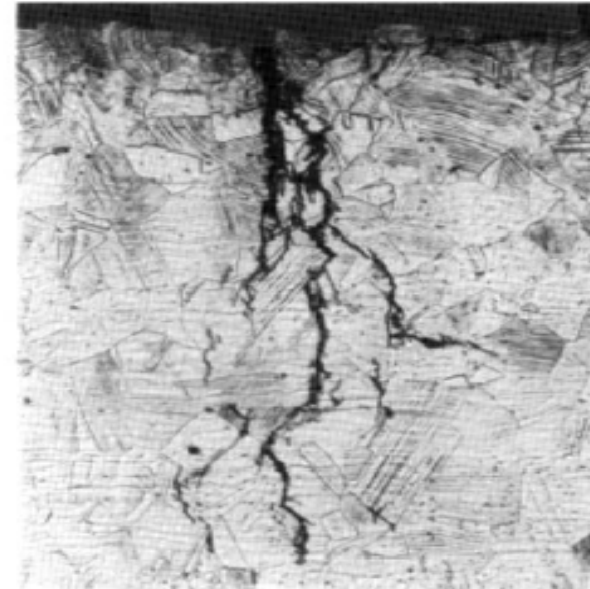
- Grietas en servicio pueden desarrollarse como consecuencia de fatiga ocasionada por cargas repetitivas, ciclos térmicos o corrosión bajo tensión.
- Grietas de fatiga normalmente inician en una marca de herramienta, una inclusión no metálica o una rayadura.
- Grietas producidas por corrosión bajo tensión normalmente no inician en un borde, frecuentemente aparecen en un área de máxima tensión y son fácilmente identificadas.
- Grietas por sobrecalentamiento son muy similares a las ocasionadas por el esmerilado.

Tipos de indicaciones

GRIETA DE FATIGA



AGRIETAMIENTO POR
CORROSION BAJO TENSION



Tipos de indicaciones

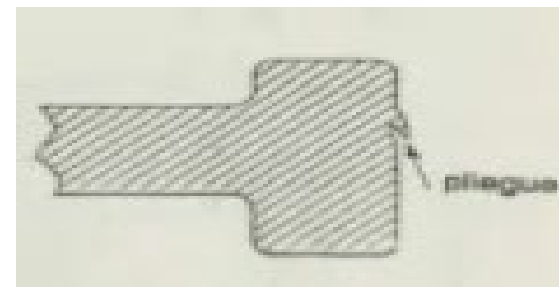
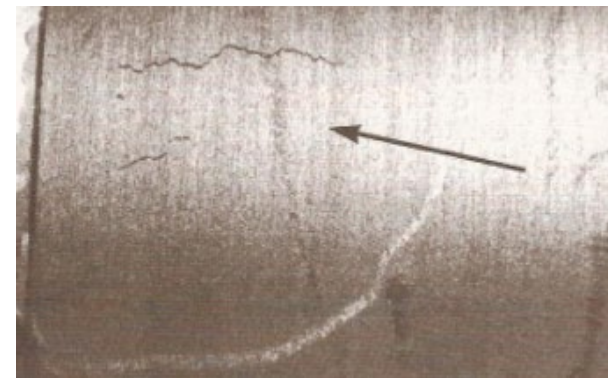
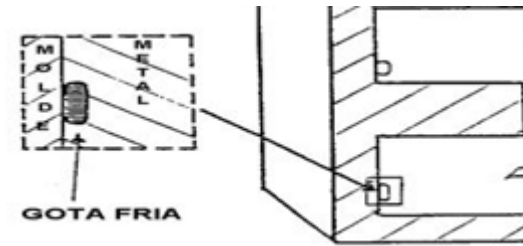


GRIETA DE SERVICIO



Indicaciones de discontinuidades

- Gotas frías: producen indicaciones lineales similares a las grietas pero de forma un poco curvada.
- Pliegues de forja: son discontinuidades que producen indicaciones lineales similares a las grietas pero no son en forma continua sino punteada.
- Costuras: se presentan en piezas laminadas, barras y piezas forjadas, normalmente presentan una indicación angosta, completamente recta y en dirección longitudinal.



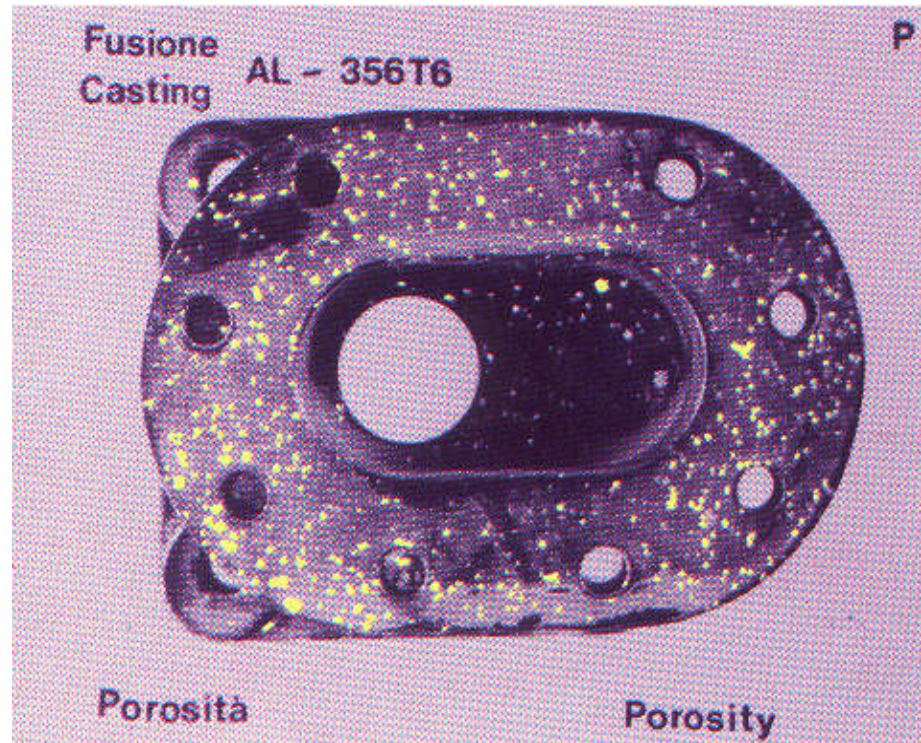
Indicaciones de porosidad

- Las indicaciones producidas por agujeros de gas son de forma redondeada de gran color o fluorescencia.
- La porosidad es causada generalmente por la presencia de contaminantes o de humedad, las cuales se descomponen en el arco debido al calor generado formando gases. Esta contaminación o humedad puede provenir del electrodo, del metal base, del gas protector o de la atmósfera circundante.

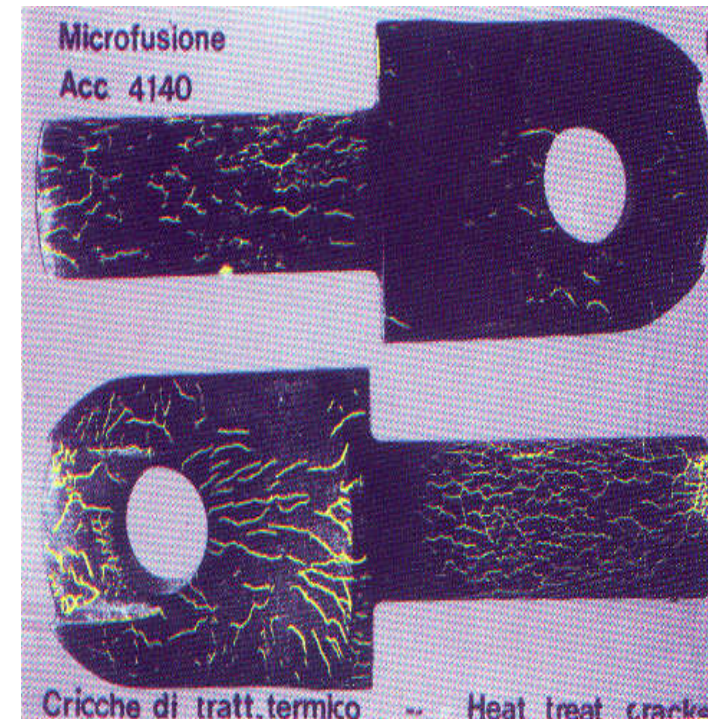


Tipos de indicaciones

POROSIDAD



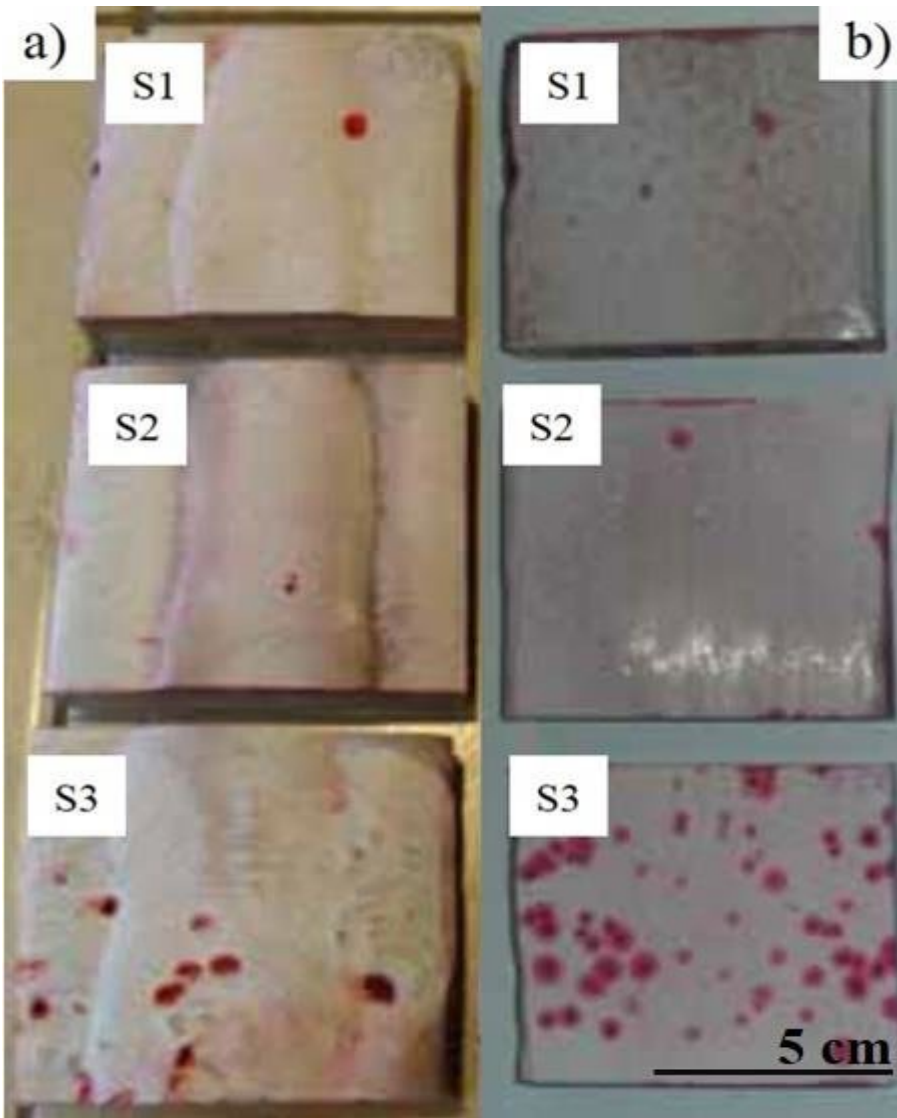
GRIETAS DE TRATAMIENTO TERMICO



Indicaciones no relevantes y falsas

- La geometría de la pieza puede originar indicaciones no relevantes y también puede enmascarse la presencia de indicaciones relevantes, en este caso es muy importante el conocimiento del inspector en el momento de realizar la interpretación.
- La falta de limpieza es una causa común de indicaciones falsas.
- Otra causa de indicaciones falsas y no relevantes es la rugosidad de la superficie (soldaduras).

Indicaciones falsas



Verificación de una indicación

Una técnica para identificar una indicación no relevante es limpiar la zona con un paño humedecido con solvente.

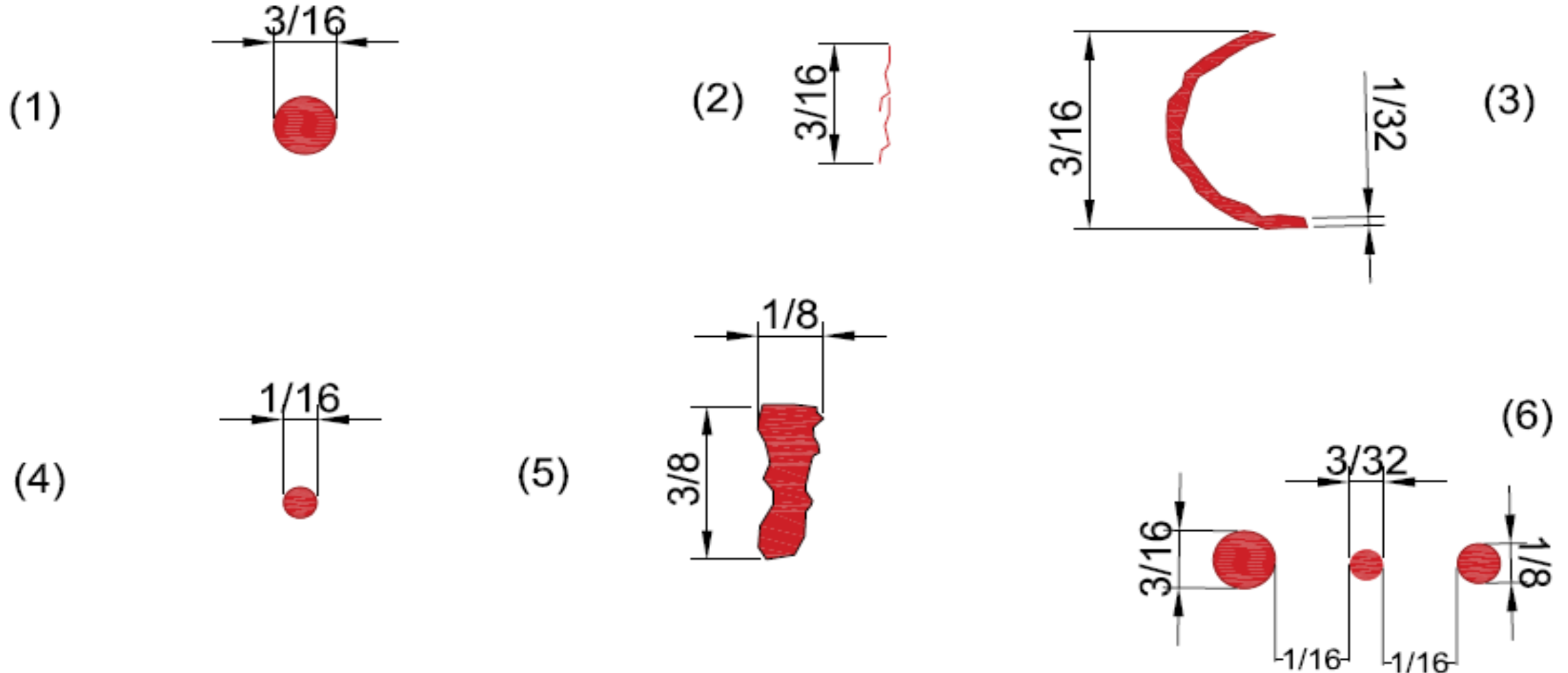
El inspector debe monitorear la reaparición de indicaciones durante la reparación para evaluar.

Durante la reparaciones o la identificación de indicaciones se recomienda repcesar el área donde ser detecto la indicacion.

Remoción de una discontinuidad

- Siempre que lo permita el procedimiento la discontinuidad puede ser removida para determinar su profundidad y extensión.
- Después de realizada la operación mecánica el área debe ser limpiada y reexaminada siguiendo los mismos parámetros del proceso original.

Evaluación de indicaciones.



Postlimpieza

- *Los residuos de la inspección deben ser removidos ya que pueden afectar el uso posterior de la pieza.*
- *Por ejemplo, si la pieza va a ser pintada, los residuos puede afectar el proceso de aplicación del recubrimiento, igualmente si la soldadura va a ser reparada el penetrante debe ser limpiado de la discontinuidad antes de la reparación.*
- *Residuos de revelador pueden interferir con el desempeño de piezas en movimiento, adicionalmente puede absorber humedad y generar corrosión.*



Interpretación y evaluación de indicaciones

- Una etapa muy importante en el paso de evaluación es el registro ya que aquí se documentan los hallazgos de la inspección .
- Esta documentación puede ser soportada con fotos, dibujos, o un descripción detallada de la indicación.



Reportes de pruebas.

ARTICLE 1

ASME BPVC.V-2019



T-190 REGISTROS/DOCUMENTACIÓN

(a) La documentación y los registros se prepararán como especificado por la Sección del Código de referencia y el requisitos de esta Sección. Los registros de pruebas deberá incluir como mínimo la siguiente información:

- (1) fecha del examen.
- (2) nombre y/o identidad y nivel de certificación (si aplicable) para el personal que realiza el examen.
- (3) identificación de la soldadura, parte o componente examinado incluyendo número de soldadura, número de serie u otro identificador.
- (4) método de examen, técnica, identificación del procedimiento, y revisión.
- (5) resultados del examen.

(b) Calificación del personal y desempeño del procedimiento, demostraciones realizadas de conformidad con los requisitos de T-150(a) o T-150(b) deberá ser documentado como se especifica en la Sección del Código de referencia.

(c) Cuando los requisitos de documentación para el personal y Demostraciones de calificación y desempeño de procedimientos realizados de acuerdo con los requisitos de T-150(a) o T-150(b) no están especificados por la referencia Sección del Código, se registrará la siguiente información como mínimo:

- (1) nombre de la organización responsable de la preparación y aprobación del procedimiento de examen
- (2) método de examen aplicado.
- (3) número de procedimiento o designación.
- (4) número y fecha de la revisión más reciente.
- (5) fecha de la demostración.

(6) nombre y/o identidad y nivel de certificación (si aplicable) del personal que realiza la demostración.

(d) Conservación de registros de las pruebas y documentación relacionada (por ejemplo, radiografías y formularios de revisión, ultrasonidos escanear archivos, etc.) será como se especifica en la referencia Sección de código.

(e) Las imágenes digitales y el software de revisión se conservarán bajo un sistema apropiado de retención de registros que es capaz de almacenar y recuperar datos de forma segura para el período de tiempo especificado por la Sección del Código de referencia.

Control de calidad

- Es importante asegurar la calidad y buen desempeño de los materiales utilizados, por eso se hacen pruebas tanto a los materiales nuevos como a los que están en uso.
- Materiales que se almacenan en tanque abiertos tienden a contaminarse por presencia de agua, materiales orgánicos, solventes orgánicos, sólidos insolubles, materiales ácidos y alcalinos.
- Penetrantes almacenados en tanques pueden evaporarse, generando un aumento en la viscosidad y afectando así la penetración y emulsificación.
- Penetrantes fluorescentes expuestos a temperaturas superiores a 60°C pueden reducir su fluorescencia.

FUNCIONES DEL INSPECTOR Y EN LA INTERPRETACIÓN Y EVALUACIÓN.



Existe una gran tendencia por parte de los Inspectores de confundir los términos “interpretación” y ‘evaluación”. Actualmente, éstos se refieren a dos etapas completamente diferentes en el proceso de inspección y requieren distintas categorías de conocimiento y de experiencia por parte del Inspector.

El término interpretar una indicación significa tomar una decisión de las causas que la originan. La evaluación es posterior a la interpretación. Si por ejemplo existe una grieta, debe evaluarse su efecto antes usar la pieza o de pasarla a su proceso posterior. Para interpretarlas indicaciones correctamente, el Inspector debe familiarizarse completamente con el proceso que esté empleando. Debe saber si se efectuó correctamente, además de ser capaz de obtener toda la información acerca de una discontinuidad y sus consecuencias en la pieza.

Puesto que la evaluación correcta de las indicaciones obtenidas depende de la interpretación exacta de las mismas, el Inspector es un elemento clave del proceso. Generalmente el operador de una máquina solamente separa las piezas que no cumplen las especificaciones y deja la decisión de su destino a otras personas; En muchas ocasiones se espera que el Inspector que observa la indicación, también la interprete, por lo que un Inspector hábil y con experiencia puede ser de gran utilidad para mejorar los métodos de inspección

Seguridad



Designation: E165/E165M – 18



1 Alcance

1.5 Esta norma no pretende abordar todos los problemas de seguridad, si los hubiere, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad, salud y medio ambiente y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes del uso.

RECOMENDACIONES:

- *Conocer la MSDS del producto.*
- *Mantener las debidas precauciones para prevenir afecciones respiratorias (ventilación y uso de respiradores).*
- *Irritación de la piel (uso de guantes).*
- *Fuego (uso de extintores).*
- *Daños en los ojos (uso de gafas de protección UV).*

Documentos aplicables

- *PROCEDIMIENTO: Documento escrito donde se definen los aspectos esenciales según una norma específica. Provee una guía específica de realización de la prueba y contiene:*
 1. *Titulo.*
 2. *Objetivo.*
 3. *Alcance.*
 4. *Documentos de referencia.*
 5. *Personal*
 6. *Material a inspeccionar*
 7. *Procedimiento de inspección*
 8. *Criterios de aceptación y rechazo*
 9. *Registros*
 10. *Anexos*

MODELO DE ESPECIFICACION



1- ALCANCE Y OBJETIVO

Este documento aplica para la inspección por líquidos penetrantes de piezas de material forjado para detección de discontinuidades abiertas a la superficie.

2- MATERIAL.

Este procedimiento aplica a la inspección de materiales de Acero inoxidable austenítico forjados.

3-EXTENSIÓN DE LA EXAMINACIÓN.

Ambas caras mayores de los planchones, los bordes de las planchas no deberán ser examinadas.

4- MATERIALES Y METODOS AUTORIZADOS

Se podrán emplear penetrantes visuales o fluorescentes. El penetrante deberá ser tipo removible con solvente y el revelador deberá ser del tipo húmedo no acuoso. Los penetrantes y reveladores deberán ser compatibles y de un mismo fabricante. Los penetrantes deberán estar certificados y su contenido de halógenos no deberá exceder el uno (1 %) por ciento por peso.

5- PREPARACION DE SUPERFICIE.

La superficie en su condición de laminada es aceptable. Las superficies a ser examinadas deberán ser rigurosamente limpiadas antes de la examinación utilizando solventes orgánicos. Los solventes deberán cumplir con el contenido máximo de halógenos. Antes de la aplicación del penetrante la superficie deberá estar seca y libre de suciedad, grasa, fibras, cascarilla u otro material extraño que interfiera con la penetración del líquido u oculte las posibles discontinuidades. Las planchas no deberán someterse a limpieza con chorreado de arena o granallado.

PROCEDIMIENTO.



6- APLICACIÓN DEL PENETRANTE

El penetrante podrá ser aplicado por inmersión, brocha o rociado. La temperatura de la superficie de la parte deberá estar entre 60 y 125 °F... El tiempo de penetración deberá ser el recomendado por el fabricante del penetrante pero no menor de 10 minutos y no mayor a 45 minutos.

7- LIMPIEZA DEL PENETRANTE.

El exceso de penetrante deberá ser removido frotando con un paño o papel absorbente, el paño podrá ser empapado en solvente con el fin de remover las trazas de penetrante de la superficie, sin embargo se debe tener cuidado de no humedecer en exceso para evitar la remoción del penetrante de las discontinuidades.

8- SECADO

Se deberá permitir el tiempo suficiente para el secado de la superficie (evaporación del solvente) previo a la aplicación del revelador.

9- APLICACIÓN DEL REVELADOR

Se aplicará una suspensión en solvente por rociado, a menos que existan restricciones de seguridad y salud en cuyo caso la aplicación se podrá hacer por inmersión.

10- EXAMINACION

La interpretación deberá ser realizada luego de permitir un periodo de revelado no menor a 10 minutos pero no mayor a 30 minutos y la evaluación no deberá exceder de los 60 minutos. Si el área completa no puede ser examinada en ese tiempo, se deberán examinar áreas más pequeñas a la vez.

11- CRITERIO DE RECHAZO

Toda indicación lineal (alargada) mayor o igual a 1/16 plg deberá ser evaluada. Una indicación lineal (alargada) es aquella cuya longitud es al menos tres veces su ancho, una indicación redondeada es aquella cuya longitud es menor a tres veces su ancho.

No se aceptan cuatro a más indicaciones alineadas, cualquiera de las cuales este separada de otra adyacente por menos de 1/16 plg.

Cualquier indicación sencilla mayor o igual de 1/8 plg será rechazada.

Indicaciones redondeadas menores o iguales a 1/32 plg podrán ser descartadas.

12- CERTIFICACION DEL PERSONAL.

Toda persona que realiza la examinación por líquidos penetrantes deberá estar calificado y certificado de acuerdo con la practica recomendada SNT TC 1A. El personal que realiza la examinación y determinación de aceptabilidad deberá estar certificado como nivel II. El personal que efectúa la limpieza y la aplicación y remoción del penetrante deberá estar calificado como nivel I.

Reporte de inspección

- Identificación del procedimiento y revisión.
- Tipo de líquido penetrante.
- Identificación de los consumibles: designación, lote y fecha de vencimiento.
- Identificación del inspector.
- Identificación de indicaciones.
- Descripción de la pieza.
- Equipos utilizados incluyendo lecturas y fechas de calibración.
- Fecha de la inspección.

