

▶ Ensayo No Destructivos Nivel 1



OBJETIVO DEL CURSO

Capacitar en Ensayos No Destructivo (END) Nivel I, mediante la comprensión de las técnicas de diagnóstico y su aplicación.

OBJETIVO ESPECIFICO

- Introducir los conceptos fundamentales END y su importancia en la evaluación de condiciones de activos.
- Desarrollar competencias en la adquisición y procesamiento de END mediante herramientas y equipos especializados.
- Enseñar a interpretar análisis de ultrasonido para diagnosticar fallas en activos.

ALCANCE

- Curso dictado en modalidad On-Line y presencial
- Duración: 20 horas en dos días (teoría y práctica).
- Se efectuará el examen de evaluación, quien debe aprobar con un 75% el curso.

PROGRAMA DEL CURSO CAPACITACION Ensayo No Destructivo (END)

Horario	Tema
08:20 - 08:30	Bienvenida y Presentación
08:30 – 13:00	Análisis de Ultrasonido (Pedro Parra)
14:20 – 15:00	Evolución de Mantenimiento (Juan C. Icazate)
15:00 – 19:20	Ensayo No destructivos (END) (Juan C. Icazate)

- Liderazgo
- Seguridad
- Compromiso

1



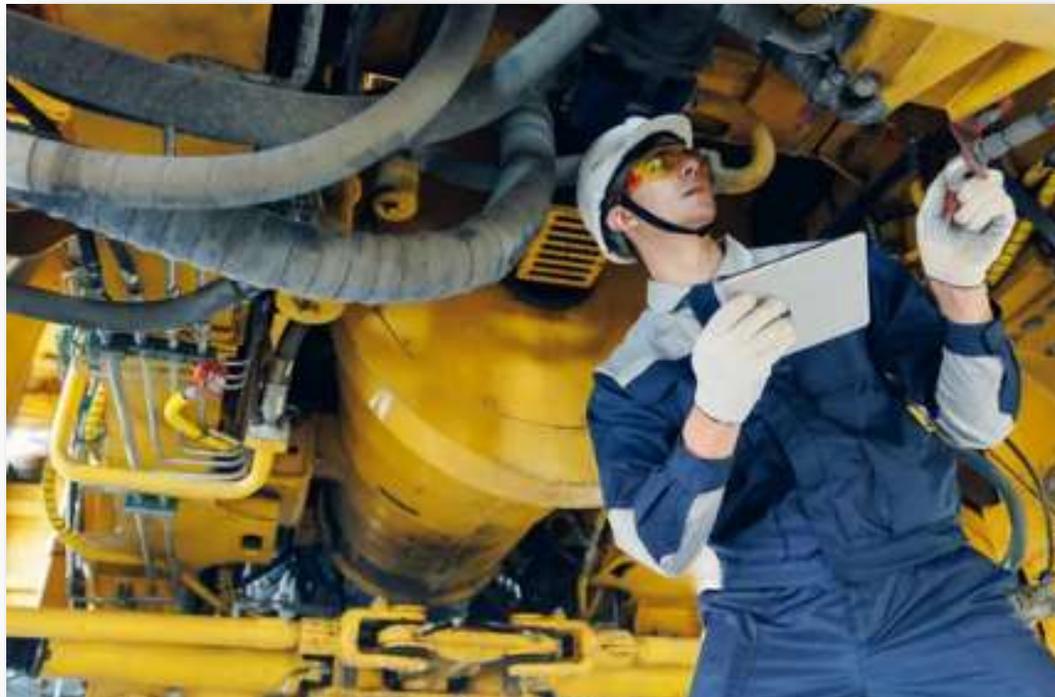
Evolución de Mantenimiento

Introducción

El tiempo continúa su paso y con ello **la exigencia de estar a la par con las demandas y necesidades que los tiempos nos establecen.**

La globalización internacional ha abierto la puerta de nuevos mercados, permitiendo nuevas alternativas de crecimiento. Esta situación ha generado buenas y mayores oportunidades para la exportación de productos fabricados , pero también a la vez ha elevado las exigencias en la calidad y productividad a niveles internacionales.

En los mercados, se establecen límites a los costos totales de los productos, de tal manera que solamente aquellas empresas capaces de fabricar excelentes productos a un costo competente “el mejor” podrán generar una mayor utilidad y estar siempre en la cúspide de la competitividad.



Objetivos de Mantenimiento

En forma genérica el mantenimiento tiene como objetivo la de eliminar las anomalías que se generan en la maquinaria. Muchas de las veces una anomalía provocará que se generen daños adicionales a la máquina, incrementado de esta manera costos por reparación y paros no planeados.

En la actualidad no se pueden eliminar las anomalías en forma completa, pero se puede reducir considerablemente mediante la atención sistemática del mantenimiento.

Por otro lado, el mantenimiento requiere anticipar y planificar con precisión sus requerimientos; esto significa, poder reducir el nivel de inventario de refacciones y reducir el recurso humano en espera.

Las reparaciones de los sistemas mecánicos se pueden planificar de manera ideal, durante los paros programados de la planta.

También el mantenimiento debe incrementar la disponibilidad para la producción de la planta, por medio de una reducción importante de la posibilidad de paro durante el funcionamiento de la planta y de mantener la capacidad operacional del sistema por medio de la reducción del tiempo de inactividad de las máquinas críticas.

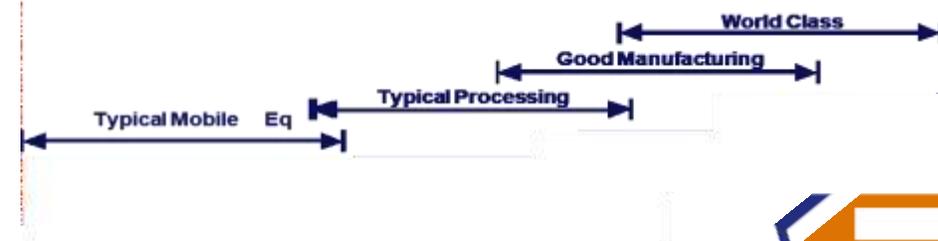
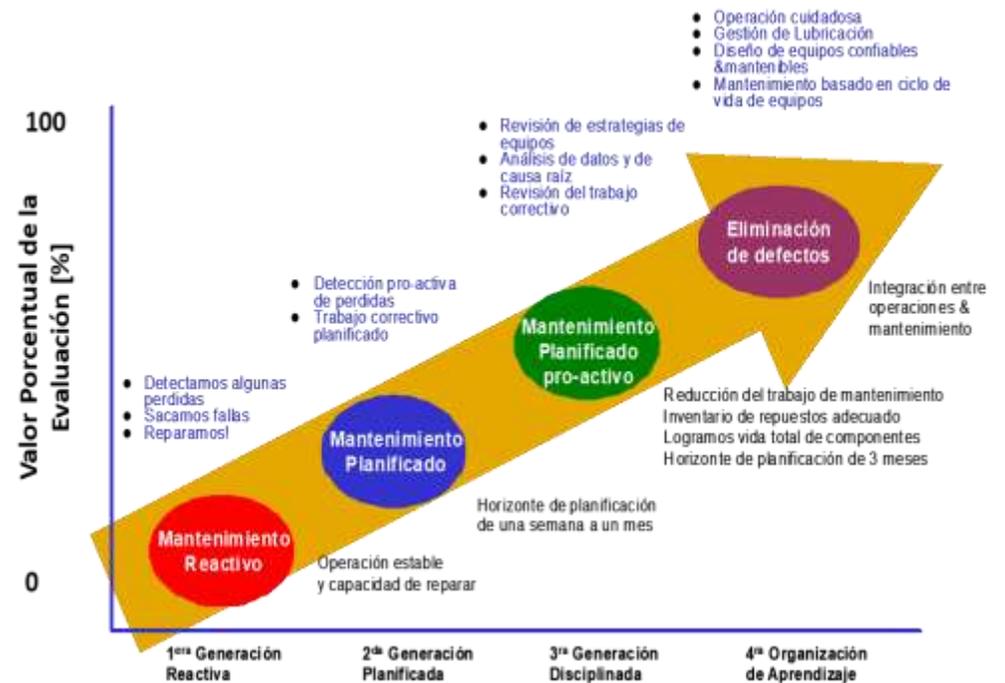
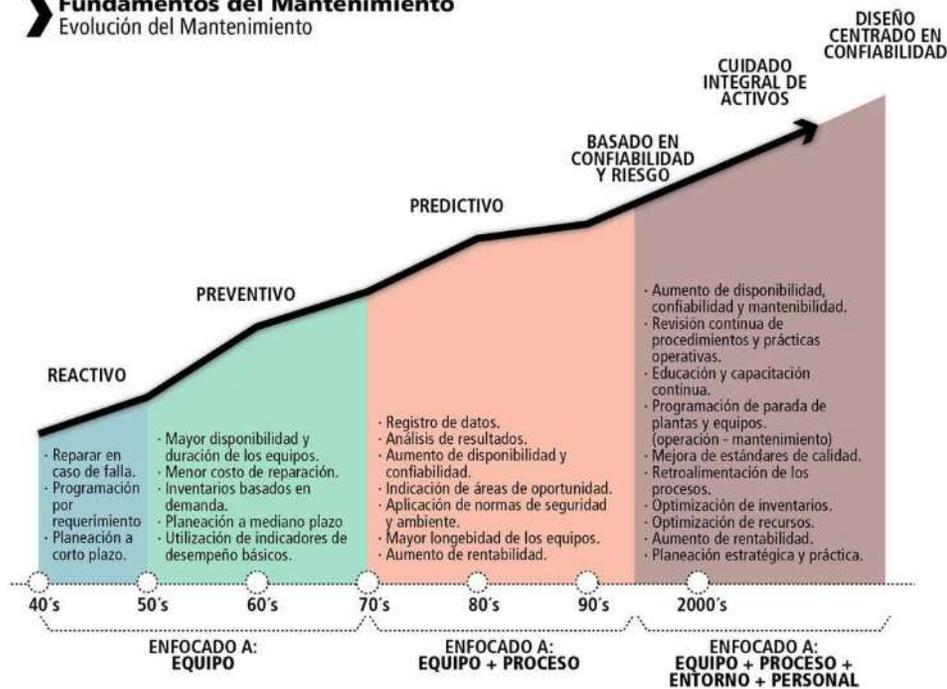
El mantenimiento debe lograr que su personal trabaje durante horas de trabajo, predecibles en forma razonables y con seguridad.



Evolución del Mantenimiento

Fundamentos del Mantenimiento

Evolución del Mantenimiento



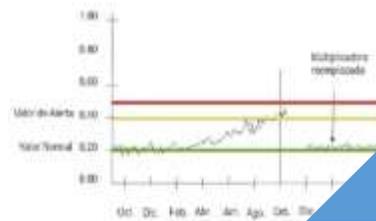
Evolución del Mantenimiento Predictivo



Sintomático

- Síntomas de los equipos tales como: temperatura, vibraciones, desgastes, amperaje, etc.

Sólo información y diagnóstico básico.



Predicción

- Tendencias de los síntomas y predicción de fallas.

Diagnóstico y estimación de la falla y su consecuencia.



Monitoreo de Condiciones

- Condición de los equipos

Diagnóstico Avanzado, integra variables operativas con una mira sistémica.



Integridad Condiciones de Activos

Diagnóstico Avanzado, integra variables operativas, estructurales, análisis causa raíz, mejoramiento de la estrategia e ingeniería de mantenimiento.

Coeficiente de Marcha o Tiempo Efectivo de la Operación (Run Time)

Producción = Rendimiento x Coeficiente Marcha

Coeficiente de Marcha = Disponibilidad * Utilización

Tiempo Nominal			
Tiempo Disponible			Tiempo Mecánica
Tiempo Operativo			Tiempo Reserva
Tiempo Efectivo	Pérdidas Operacionales	Demoras	
		Programadas	No programadas

Fuente: Norma Asarco (American Smelting & Refining Co)

% Disponibilidad: Es el porcentaje de horas nominales en que la flota, equipo, máquina o instalación, estuvo en condiciones mecánicas y/o eléctricas de ser operado. El indicador establece la capacidad de la función Mantenimiento y establece el marco de referencia funcional que deberá enfrentar la operación.

$$\% \text{ Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Nominales} - \text{Horas Mantenimiento y Reparación}}{\text{Horas Nominales}} * 100$$

% Utilización Efectiva (Base Disponible): Es el porcentaje de horas disponibles en que la flota, equipo, máquina o instalación, se encuentra efectivo. El indicador provee información sobre la eficacia operacional del proceso.

$$\% \text{ Utilización (B_Disponible)} = \frac{\text{Horas Efectivas}}{\text{Horas Disponibles}} * 100$$





2

Ensayos No Destructivos (END)

INTRODUCCION

Los **ensayos no destructivos (END)** surgen como resultado del desarrollo del conocimiento técnico y científico, orientado a comprender, controlar y optimizar el comportamiento de los materiales y componentes utilizados en la industria.

Estas técnicas corresponden a inspecciones o evaluaciones destinadas a identificar **discontinuidades superficiales y/o internas**, así como a determinar ciertas propiedades relevantes en materiales, soldaduras, piezas y equipos, **sin modificar su integridad física, química o estructural**, ni provocar daño permanente.

Dentro de los métodos de END se incluyen, entre otros, la **inspección visual, los líquidos penetrantes, las partículas magnéticas, el ultrasonido industrial y la radiografía**, los cuales permiten evaluar la condición de los activos en distintas etapas de su ciclo de vida.

El objetivo principal de estos ensayos es **detectar y caracterizar discontinuidades** que puedan comprometer el desempeño, la seguridad o la confiabilidad de los componentes inspeccionados.

Se entiende por **falla** la condición en la cual un componente deja de cumplir la función para la cual fue diseñado, obligando a su reemplazo antes de alcanzar la vida útil esperada. Estas fallas pueden originarse por **defectos de fabricación, condiciones operacionales inadecuadas o una selección incorrecta de materiales**, y su detección oportuna mediante END resulta fundamental para prevenir daños mayores, paradas no programadas y riesgos operacionales.



OBJETIVOS

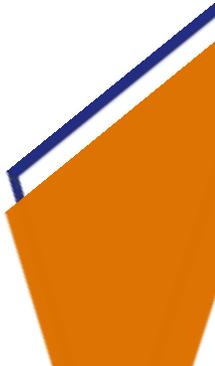
El propósito de estos ensayos es detectar discontinuidades superficiales e internas en materiales, soldaduras, componentes e partes fabricadas.

Los métodos de END, permiten el control del 100 % de una producción y pueden obtener información de todo el volumen de una pieza, con lo que contribuyen a mantener un nivel de calidad uniforme, con la consiguiente conservación y aseguramiento de la calidad funcional de los sistemas y elementos.

Además colaboran en prevenir accidentes, ya que se aplican en mantenimiento y en vigilancia de los sistemas a lo largo del servicio.

Por otra parte proporcionan beneficios económicos directos e indirectos. Beneficios directos, por la disminución de los costos de fabricación, al eliminar en las primeras etapas de fabricación, los productos que serían rechazados en la inspección final, y el aumento de la productividad, por reducirse el porcentaje de productos rechazados en dicha inspección final.

Entre los beneficios indirectos se pueden citar su contribución a la mejora de los diseños, por Ensayos no Destructivos, demostrando la necesidad de realizar un cambio de diseño de molde en zonas críticas de piezas fundidas o también contribuyendo en el control de procesos de fabricación.



ENSAYO NO DESTRUCTIVOS (END)

Los Ensayos No Destructivos (END) **son herramientas fundamentales en el Control de Calidad o Garantía de Calidad de materiales, soldaduras, equipos, piezas o partes, verificación de montajes, desarrollo de procesos y para la investigación.** La mayor parte de los END **se diseñan para descubrir discontinuidades**, tras lo cual hay que decidir si éstos son significativos o no **de acuerdo con estándares de aceptación** (códigos).

Los Ensayos No Destructivos son aplicables en conjunto para detectar todos los tipos de discontinuidades, eso quiere decir que el uso de un ensayo no excluye el uso de otros.

Se denomina ensayo no destructivo (también llamado END, o en inglés NDT de nondestructive testing) **a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales.**

Los ensayos no destructivos implican un daño imperceptible o nulo. Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, emisión de partículas subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la muestra examinada.

Se identifican comúnmente con las siglas: PND; y se consideran sinónimos a: Ensayos no destructivos (END), inspecciones no destructivas y exámenes no destructivos.

En general los ensayos no destructivos proveen datos menos exactos acerca del estado de la variable a medir que los ensayos destructivos. Sin embargo, suelen ser más baratos para el propietario de la pieza a examinar, ya que no implican la destrucción de la misma. En ocasiones los ensayos no destructivos buscan únicamente verificar la homogeneidad y continuidad del material analizado, por lo que se complementan con los datos provenientes de los ensayos destructivos.



ENSAYO NO DESTRUCTIVOS (END)

La amplia aplicación de los métodos de ensayos no destructivos en materiales se encuentra resumida en los tres grupos siguientes:

- **Defectología**: Permite la detección de discontinuidades, evaluación de la corrosión y deterioro por agentes ambientales; determinación de **tensiones**; detección de fugas.
- **Caracterización**: Evaluación de las características químicas, estructurales, mecánicas y tecnológicas de los materiales; propiedades físicas (elásticas, eléctricas y electromagnéticas); transferencias de calor y trazado de isothermas.
- **Metrología**. Control de espesores; medidas de espesores por un solo lado, medidas de espesores de recubrimiento; niveles de llenado.

La pruebas no destructivas mas utilizadas son:

- VT – Inspección Visual
- PT – Líquidos Penetrantes
- MT – Partículas Magnéticas
- UT – Ultrasonido
- VB – Vibraciones

En el caso de utilizar VT y PT se tiene la limitante para detectar únicamente discontinuidades superficiales (abiertas a la superficie); y con MT se tiene la posibilidad de detectar tanto discontinuidades superficiales como sub-superficiales (las que se encuentran debajo de la superficie pero muy cercanas a ella).

INSPECCION VISUAL (VT)

Es el método más básico y frecuente, ya que se puede obtener información inmediata de la condición superficial de los materiales que se estén inspeccionando, con el simple uso del ojo humano y en algunos casos, con la ayuda de algún dispositivo óptico, ya sea para mejorar la percepción visual (lupas, lentes, etc.) o para proporcionar contacto visual en zonas de difícil acceso, tal como en el interior de tuberías y equipos donde se emplean boroscopios y pequeñas videocámaras rígidas o flexibles.

La inspección visual y óptica es aquella que utiliza la energía de la porción visible del espectro electromagnético. Los cambios en las propiedades de la luz, después de entrar en contacto con el objeto inspeccionado, pueden ser detectados por el ojo humano o por un sistema de inspección visual. Sus siglas en inglés son VT= Visual Testing.

El personal que realiza este ensayo tiene amplia capacitación y conocimiento en los materiales a inspeccionar, así como también en el tipo de irregularidades o discontinuidades a detectar en los mismos. Este control se hace basándose en las normas o códigos que rigen la fabricación, proceso y servicio.

La inspección visual es el primer paso de cualquier evaluación. En general, las Pruebas No Destructivas establecen como requisito previo realizar una inspección de este tipo.

La inspección visual es utilizada para los siguientes propósitos:

- La inspección de superficies expuestas o accesibles de objetos opacos (incluyendo la mayoría de ensambles parciales o productos terminados).
- La inspección del interior de objetos transparentes (tales como vidrio, cuarzo, algunos plásticos, líquidos y gases).
- Detectar errores en el proceso de manufactura.
- Obtener información acerca de la condición de un componente que muestra evidencia de un defecto.
- Dar una valoración total de la condición de una pieza, estructura, componente o sistema.
- Proveer una detección temprana antes que una discontinuidad alcance un tamaño crítico.
- Inspeccionar lugares que están fuera del alcance de los inspectores, mediante instrumentos diseñados para dicho trabajo.

INSPECCION VISUAL (VT)

La inspección visual es utilizada para determinar:

- Cantidad
- Tamaño
- Forma o configuración
- Acabado superficial
- Reflectividad (reflexión)
- Características de color
- A juste
- Características funcionales
- La presencia de discontinuidades superficiales

PROCEDIMIENTO

- Iluminar el objeto a inspeccionar con luz.
- Inspeccionar bien por:
 - Visión ocular directa
 - Visión ocular utilizando medios auxiliares (lupas, microscopios, fibras ópticas, endoscopios etc.)
 - Medios artificiales (células o captadores fotoeléctricos)

VENTAJAS

- Simple de usar en áreas donde otros métodos son impracticables
- Ayudas ópticas mejoran el método

Desventajas

- Fiabilidad dependiente de la habilidad y la experiencia del operario
- Requiere accesibilidad para visibilidad directa de la zona

INSPECCION VISUAL (VT)

REGLAS BASICAS – ALTO IMPACTO EN LA BUSQUEDA DE LA EVIDENCIA

Dimensiones



Posición

Material

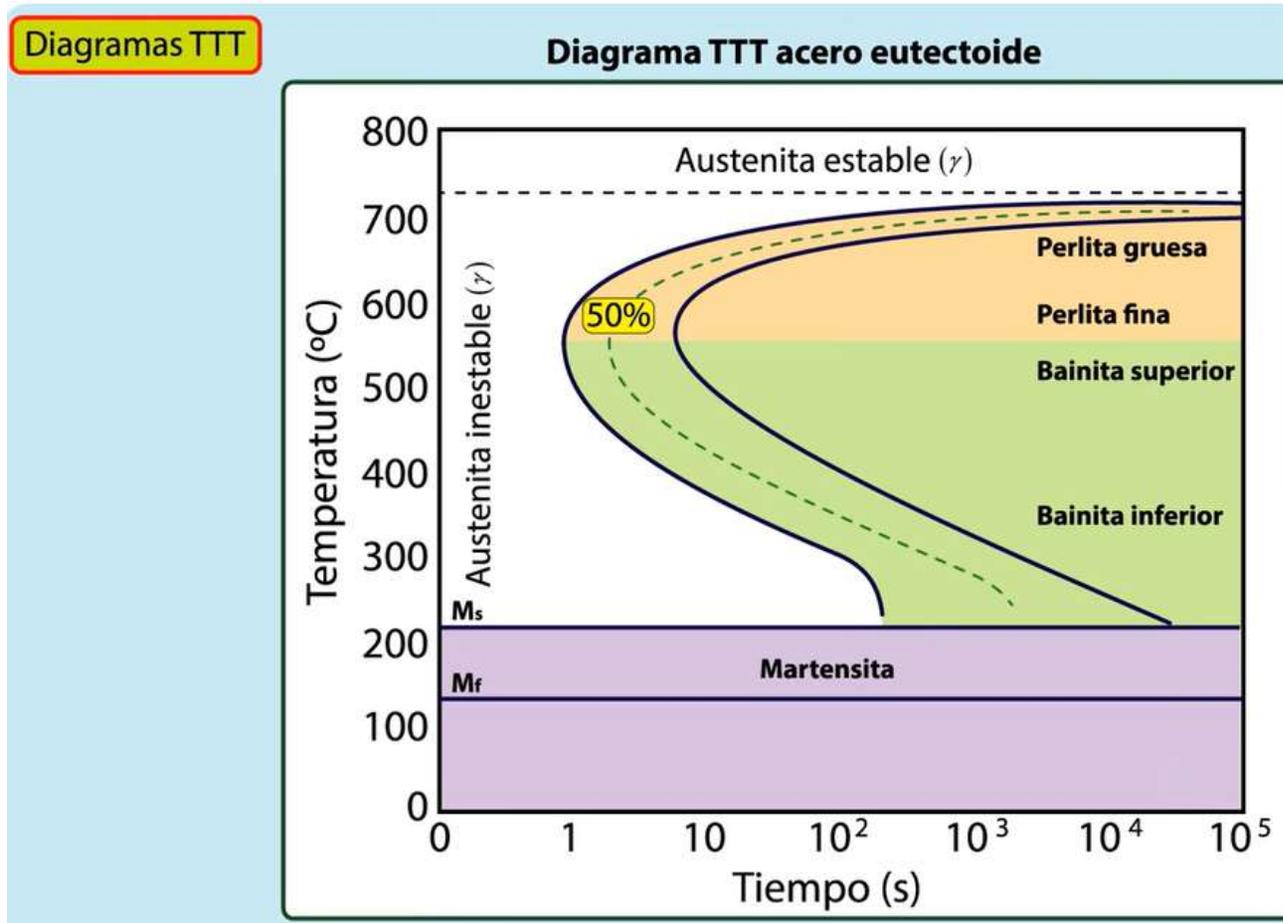


Inspección Visual

- Desgaste Abrasión
- Corrosión
- Golpes
- Contaminación
- Rose de material
- Filtraciones y/o fugas
- Temperaturas (Tabla de colores)
- Tipo de Corte
- Flexión
- Desviaciones Metrología
- Falta de Torque

[Temperatura del acero según su color](#)

DIAGRAMAS TTT



DIAGRAMAS TTT 😊 Perlita, bainita y martensita

LIQUIDOS PENETRANTES (PT)

Es un tipo de Ensayo No Destructivo que **se utiliza para detectar e identificar discontinuidades presentes en la superficie de los materiales** examinados. Generalmente, se emplea en aleaciones no ferrosas, aunque también se puede utilizar para la inspección de materiales ferrosos, cuando la inspección por partículas magnéticas es difícil de aplicar. En algunos casos se puede utilizar en materiales no metálicos.

El procedimiento consiste en aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie en estudio, el cual penetra en cualquier discontinuidad que pudiera existir debido al fenómeno de capilaridad. Después de un determinado tiempo, se remueve el exceso de líquido y se aplica un revelador, el cual absorbe el líquido que ha penetrado en las discontinuidades y sobre la capa del revelador se delinea el contorno de éstas.

Este ensayo se basa en el principio físico conocido como "Capilaridad" y consiste en la aplicación de un líquido con buena penetración en pequeñas aberturas sobre la superficie del material a inspeccionar. Una vez que ha transcurrido un tiempo suficiente como para que el líquido penetre, se realiza una remoción del exceso de líquido penetrante y a continuación se aplica un líquido absorbente comúnmente llamado "revelador", de color diferente al líquido penetrante, el cual absorberá el líquido que haya penetrado en las aberturas superficiales.

Por consiguiente, las áreas en las que se observe la presencia de líquido penetrante después de la aplicación del líquido absorbente, son áreas que contienen discontinuidades superficiales (grietas, perforaciones, etc.).

Normas

- ANSI / ASTM E-165 Stándar Test Method por liquid penetrant
- ASTM 1417 1999 Stándar Practice for liquid penetrant Examination
- ASNT SNT-TC-1A - Recommended Practice for Personal Qualification and Certification in Non-destructive Testing



1. Preparación de la Superficie

Todas las superficies para examinar deben estar limpio, seco y libre de suciedad, aceite, grasa, pintura y otros revestimientos, productos de corrosión, incrustaciones, metal manchado, fundente de soldadura, residuos químicos o cualquier otro material que pueda evitar que el penetrante entre a las discontinuidades, y suprimen el rendimiento del tinte o produzcan una aceptable antecedente.

De acuerdo con el estado de la pieza a examinar seleccionamos el procedimiento a seguir para los cuales describimos en las siguientes opciones:

Opción 1: Si la pieza a inspeccionar solo presenta algunas suciedades como grasa, aceites y otros productos de la corrosión; se puede iniciar con un Limpiador base solvente (Solvent Wash) aplicando el spray (CLEANER) después de agitarlo suavemente, seguimos con el cepillo de cerdas metálicas, se gira o desliza sobre la superficie y con un papel especial o wipe (material seco, limpio y sin pelusa) se retira los residuos de suciedades.

Opción 2: Cuando la superficie a inspeccionar presenta otros tipos de residuos, como alta o media concentración de corrosión, incrustaciones de metal o residuos del fundente; se debe realizar una limpieza Mecánica (Mechanical); la cual se realiza mediante desbaste (disco abrasivo de pulir o grata con disco de cerdas metálicas). Pero tenga en cuenta que esto no es aplicable para metales o materiales aluminio, cobre, u otros metales blandos, porque el cepillo puede generar falsas discontinuidades.

Después del cepillado, puede aplicar spray (CLEANER) después de agitarlo suavemente, seguimos con el cepillo de cerdas metálicas, se gira o desliza sobre la superficie y con un papel especial o wipe (material seco, limpio y sin pelusa) se retira los residuos de suciedades.

Se debe tener mucho cuidado con el rectificado y el mecanizado en las operaciones para evitar enmascarar discontinuidades

Opción 3: La Limpieza (Alkaline) que utiliza hidróxido de sodio en solución es una opción que utilizaríamos para retirar contaminantes grasos, aceites, cascarilla, material para pulir grasas y depósitos de carbón y además es muy útil para retirar superficies con residuos óxidos, pero esta opción es algo más costosa y se utiliza para casos específicos pero teniendo presente que para aleaciones a base de Níquel, Titanio y acero inoxidable austeníticos no está permitido el uso de agentes químicos alcalinos mayores al 1%.

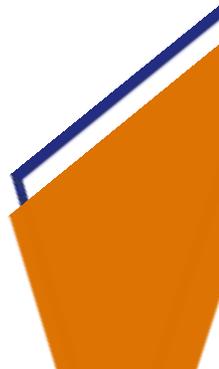
2. Secado Después de la Pre-Limpieza

El secado después de la pre-limpieza es fundamental; ya que la superficie de la pieza debe estar completamente seca después de la pre-limpieza, dado que cualquier residuo líquido dificultara la entrada del penetrante.

Es importante tener en cuenta que residuos de procesos de limpieza como fuertes álcalis, soluciones de decapado y cromatos, en particular, pueden adversamente reaccionan con el penetrante y reducen su sensibilidad y rendimiento.

El secado se puede lograr mediante aire caliente forzado (secador) cuando se realiza el ensayo en ambientes de temperatura de clima frío o exponiéndolas a temperatura ambiente (para el caso de estos climas cálidos de la costa).

El tiempo de espera del secado es casi que inmediato y depende básicamente de las condiciones del clima, pero básicamente es de 1 minuto.

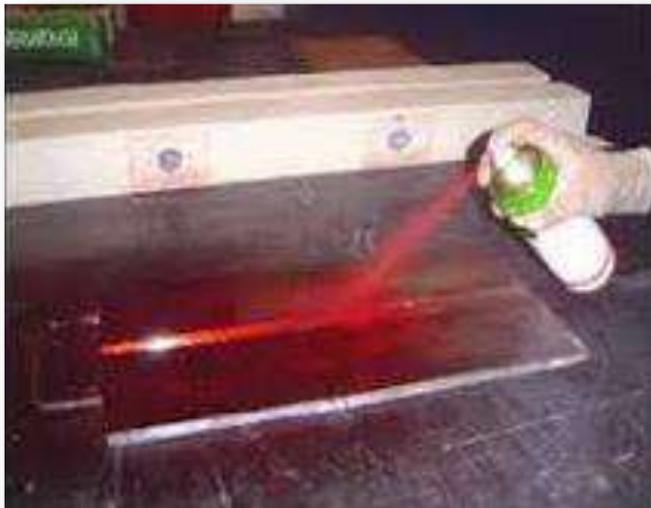


3. Aplicación del Penetrante

Una vez que la pieza se ha limpiado y secado y se encuentra dentro del rango de temperatura especificado en el párrafo anterior; se aplica el penetrante a la superficie a examinar, de modo que toda la pieza o área a examinar quede completamente cubierta con el penetrante.

La Tinta Penetrante del Tipo II (Visible), será aplicada mediante un spray provisto por el fabricante (PENETRANT) y se lo hará sobre la superficie a examinar, formando una fina capa en forma continua y uniforme, desde una distancia mínima de 30 cm entre el spray y la superficie a ser ensayada e inclinando al spray ligeramente con un ángulo ascendente (positivo); esto es para asegurar que los sólidos, líquidos y gases contenidos dentro del recipiente salgan en las cantidades que fueron previstas por el fabricante, solo así se logrará usar el 100% del contenido

Luego de aplicar el penetrante cuente hasta cinco para revisar que la pieza se ha secado, si ello no ocurre deberá repetir todo el procedimiento.



3.1. Tiempo de Permanencia del Penetrante

Para los tiempos de permanencia del penetrante, la recomendación habitual es que utilicemos lo establecido en la tabla 2 de la norma ASTM E165.

El tiempo se cuenta desde el momento en que se aplica el penetrante y se deja secar la pieza entre 5 – 10 minutos dependiendo del tipo de material a inspeccionar según se especifica en la siguiente tabla.

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

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

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

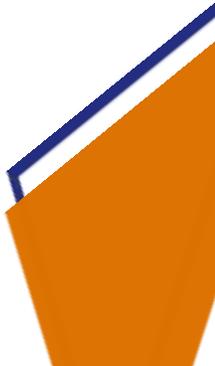
Si la temperatura en la superficie a ensayar supera los 35°C es conveniente considerar un tiempo menor de permanencia de la Tinta, o hacer el trabajo en un horario en que la temperatura sea menor. En ese caso, se recomienda considerar un tiempo máximo de permanencia menor a 10 minutos, porque la Tinta se seca fácilmente.

Cuando se utilizan materiales penetrantes en aceros inoxidables austeníticos, titanio, níquel u otras aleaciones de alta temperatura, la necesidad de restringir o evitar impurezas como azufre y halógenos, deben tenerse en muy cuenta cuando estos son metales alcalinos, dado que estas impurezas pueden causar fragilización o corrosión, particularmente a temperaturas elevadas.

3.2. Remover el exceso de tintas penetrantes de la superficie

La técnica para remover el exceso de Tinta Penetrante es un paso muy importante dentro del proceso de examinación de las soldaduras. Los penetrantes removibles con solvente están diseñados de manera que el exceso de penetrante de la superficie debe secarse el paso es el siguiente:

- Por evaporación, o con un paño o toalla seca y sin pelusa, se retiran las trazas restantes, deben eliminarse suavemente con el removedor de solvente, lo que se hace aplicando en un paño el removedor y aplicándolo en un solo sentido sobre la superficie a examinar.
- Si el paso de limpieza no es efectivo, como se evidencia por dificultad para eliminar el exceso de penetrante, seque la pieza y repita la pre-limpieza.
- Recuerde que para minimizar la eliminación del penetrante de las discontinuidades, se debe tener cuidado de evitar el uso de exceso de solvente. Está prohibido lavar la superficie con disolvente para eliminar el exceso de penetrante.
- El tiempo mínimo para remover la Tinta es de un (1) minuto.



4. Aplicación del Revelador (Developer)

Los componentes deben estar secos antes de aplicar el revelador.

El revelador seco se debe aplicar de tal manera que entre en contacto con todas las superficies a inspeccionar.

Se aplica cuando la pieza inspeccionada, se encuentre completamente seca después de la remoción del exceso de Tinta Penetrante; sin que el tiempo de secado supere un minuto.

El proceso consiste en aplicar un tercer líquido blanco llamado revelador o fijador (DEVELOPER) CANTESCO, con gran capacidad de absorción. Este líquido absorbe el penetrante que no ha quedado en las discontinuidades, quedando manchados de color rojo solo los lugares donde existen defectos. De este modo, a simple vista, ya se puede realizar la inspección.

El revelador se aplicará sobre toda la superficie para formar una capa blanca uniforme que proporcione un contraste de color adecuado para las indicaciones de los penetrantes, **para proceder a aplicarlo debe agitarlo suavemente hasta lograr que el balín metálico que contiene empiece a sonar.**

La uniformidad y el espesor del recubrimiento revelador es importante para ambos tipos de sistemas penetrantes.

El Revelador será aplicado sobre toda la superficie de manera uniforme y a una distancia mínima entre el spray y la superficie inspeccionada de 30 cm. El revestimiento blanco que provee el Revelador es básico para generar contraste y poder observar las indicaciones de la Tinta Penetrante de color rojo.

Hacer un depósito uniforme sobre la superficie; si se coloca muy poco revelador puede que no se muestren las discontinuidades y un exceso, puede enmascarar defectos de fabricación. Por tanto, se debe aplicar una película fina, lo cual es fundamental para la interpretación final.

Lo más importante de los Reveladores no acuosos es agitar el contenido del spray frecuentemente, para lograr que las partículas sólidas queden suspendidas uniformemente en el líquido; eso se comprueba con el color que tiene el Revelador, debe ser de color blanco tiza y se tiene que apreciar una mezcla pareja entre sólidos, líquidos y gases tal como se nos señaló en la norma (ASTM E-1417, 1999).

El exceso de revelador seco puede eliminarse después del tiempo de revelado mediante un ligero golpecito o una ligera descarga de aire que no exceda los 5 psi.



4.1. Tiempo de Revelado

El tiempo de revelado, comienza inmediatamente después que la capa del Revelador en la superficie inspeccionada este completamente seca; para el caso de del Revelador CANTESCO en spray, la evaporación es muy rápida por evaporación y el secado es instantáneo. (ASME V).

En la siguiente tabla se puede observar que el tiempo de revelado es de 10 minutos en todos los casos de materiales.

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

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

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

Advertencia: Acerca de los vapores producto del proceso; El empaque del revelador puede ser peligroso. Debe proporcionarse una ventilación adecuada en todos los casos, pero especialmente cuando la superficie a examinar se encuentra dentro de un recinto cerrado, como un tambor o recipiente de proceso o un pequeño tanque de almacenamiento.

El tiempo para que aparezca la indicación es Inversamente proporcional al volumen de la discontinuidad. Las discontinuidades grandes aparecen rápidamente mientras que habrá que dejar actuar el revelador un cierto tiempo para que vayan apareciendo las más pequeñas.

La superficie examinada deber ser observada de cerca durante la aplicación del revelador para monitorear el comportamiento de indicaciones que tienden a sangrar profusamente.

La interpretación final debe ser hecha después que el penetrante ha sangrado 7 a 30 minutos.

5. Inspección

Una vez aplicado las tintas; si el proceso se hace de manera efectiva deben revelarse las discontinuidades. Si la tinta aparece en exceso sobre el revelador, es difícil establecer el tipo de discontinuidad, por ello, es conveniente en todos los casos, observar las superficies de los depósitos de soldadura en busca de discontinuidades, desde el mismo momento de la aplicación del revelador.

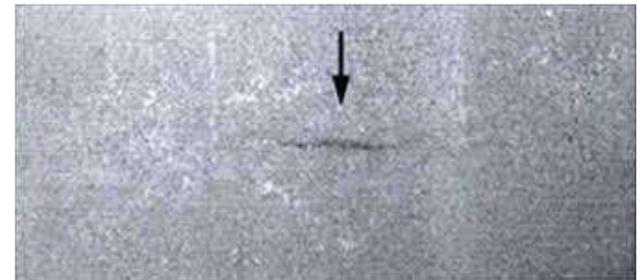
Para la interpretación de los resultados, se puede utilizar luz artificial o luz natural, se deben analizar los resultados a plena luz del día o en caso contrario, se debe proveer una linterna de luz blanca o amarilla en buenas condiciones de funcionamiento.

Existen una serie de indicaciones que de acuerdo con sus características nos determinan los siguientes tipos:

En general se clasifican como indicaciones alargadas a todas aquellas indicaciones cuya longitud L es mayor a 3 veces su ancho A : ($L > 3A$).

Indicaciones redondeadas (rounded indications): En general se clasifican como indicaciones redondeadas a todas aquellas indicaciones cuya longitud L es menor o igual a 3 veces su ancho A : ($L \leq 3A$).

Indicaciones alineadas (radiografía): Tres o más indicaciones alineadas aproximadamente paralelas al eje de la soldadura, espaciadas lo suficientemente cerca entre ellas como para ser considerada discontinuidad única e intermitente



5.1. Evaluación

Para la interpretación de los resultados, se puede utilizar luz artificial o luz natural, se deben analizar los resultados a plena luz del día o en caso contrario, se debe proveer una linterna de luz blanca o amarilla en buenas condiciones de funcionamiento.

La calificación de los procedimientos utilizando tiempos o condiciones diferentes de los especificados o para los nuevos materiales se pueden realizar mediante cualquiera de los métodos y debe ser acordado por las partes contratantes.

Una pieza de prueba que contiene una o más discontinuidades de las más pequeños pero relevantes se suman y se determina si es o no aceptable. La probeta puede contener discontinuidades reales o simuladas, siempre que muestre las características de las discontinuidades encontradas en el examen del producto.



5.2. Criterios de Aceptación / Rechazo

Las indicaciones que sean relevantes deben ser evaluadas en función de los criterios de aceptación o rechazo que fije la norma bajo la cual se calificaran los defectos encontrados indicados en la actividad a desarrollar.

Para evaluar las indicaciones, se utilizarán los siguientes Criterios de Aceptación / Rechazo:

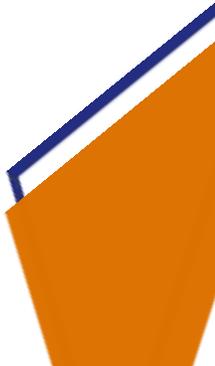
Los criterios de aceptación/rechazo, están establecidos en las normas de referencia:

- ❖ Para tanques, API 650 envía a ASME Sección VIII Apéndice 8.
- ❖ Para tuberías de Proceso, ASME B31.3 Tabla 341.3.2 (tubería para operar a baja o Sch40 y mediana presión o Sch80).
- ❖ Para estructuras metálicas soldadas, AWS D1.1 Sección 6, parte C, Tabla 6.1

Para las inspecciones con Tinta Penetrante Visible (Tipo II), se debe interpretar todas las indicaciones.

Las piezas que no tienen indicaciones o que tienen indicaciones no relevantes, son aprobadas. Las piezas que tienen indicaciones relevantes pero que pueden aceptarse de acuerdo con los criterios de aceptación/rechazo, también son aprobadas.

Cuando existen indicaciones relevantes y existe la duda del inspector, se tiene que limpiar el revelador y volver a colocar nuevamente el revelador y el tiempo.



6. Limpieza Final

La limpieza final deberá llevarse a cabo debido a que los productos usados en el ensayo pueden interferir con los procesos siguientes o tener un efecto nocivo para las piezas en servicio.

Los productos utilizados en el proceso con líquidos penetrantes pueden reaccionar con los materiales de la pieza en servicio y producir corrosión. Cualquiera de los métodos usados en la limpieza previa puede ser empleado en la limpieza final

Para el proceso de limpieza se utiliza nuevamente paños y un limpiador base solvente que se aplica sobre el paño, retirando todo el excedente de tinta que se ha aplicado sobre la pieza, dejando lo más limpia posible para evitar como se señaló problemas futuros en la pieza inspeccionada.

7. Conclusiones

Es un ensayo no destructivo que permite ensayar toda la superficie de la pieza, no importando su tamaño.

- No necesita equipos complejos o caros. En general, es un ensayo económico, de bajo costo.
- Puede realizarse de forma automatizada o manual, donde no hay suministro de electricidad o agua y se puede aplicar a una amplia gama de materiales.
- Sólo detecta discontinuidades abiertas a la superficie y no puede detectar discontinuidades subsuperficiales.
- No se puede aplicar a materiales porosos y las superficies a ensayar tienen que estar completamente limpias (sin pinturas ni recubrimientos).

8. Productos (Limpiador / Penetrante / Revelador)



SPOTCHECK® Specification Conformance Chart

Specification	Penetrants			Cleaners		Developers	
	SKL-SP1	SKL-WP	SKL-4C	SKC-S	SKC-HF	SKD-S2	ZP-5B
NAVSEA T9074-AS-GIB-010/271	X	X		X	X	X	X
MIL-STD-2132	X	X		X	X	X	X
AECL	X	X		X	X	X	X
AMS-2644	X	X	X	X	X	X	X
ASME B & PV Code, Sec. V	X	X	X	X	X	X	X
ASTM E 165	X	X	X	X	X	X	X
ASTM E-1417	X	X	X	X	X	X	X
Boeing BAC 5423 PSD 6-46 or 8-4	X	X		X		X	X
General Electric P50YP107	X	X		X	X	X	X
Boeing PS-21202	X			X	X	X	X
NAVSEA 250-1500-1	X			X	X	X	

*16 oz. cans international only

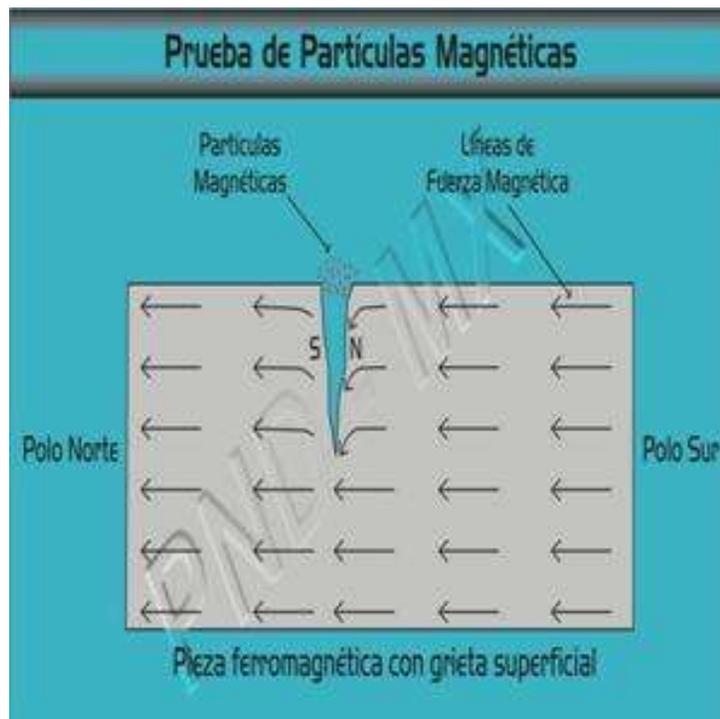


<https://www.youtube.com/watch?v=4nP8Q5rM70A>

CRITERIO DE ACEPTACION LIQUIDOS PENETRANTES Y PARTICULAS

PARTICULA MAGNETICA (MT)

Este método de Prueba No Destructiva, se basa en el principio físico conocido como magnetismo, el cual exhiben principalmente los materiales ferrosos como el acero y consiste en la capacidad o poder de atracción entre los metales. Es decir, cuando un metal es magnético, atrae en sus extremos o polos a otros metales igualmente magnéticos o con capacidad para magnetizarse.



Aplicaciones

- Detección de discontinuidades en materiales ferro-magnéticos de cualquier tipo, en la superficie o cerca de ésta.

Ventajas

- Método simple, fácil, portable y rápido.

Desventajas

- Las piezas deben ser limpiadas antes y desmagnetizadas después.
- El flujo magnético debe ser normal al plano del defecto.

El ensayo de Partículas Magnéticas es uno de los más antiguos que se conoce, encontrando en la actualidad, una gran variedad de aplicaciones en las diferentes industrias. Es aplicable únicamente para inspección de materiales con propiedades ferromagnéticas, ya que se utiliza fundamentalmente el flujo magnético dentro de la pieza, para la detección de discontinuidades.

PARTICULA MAGNETICA (MT)

Mediante este ensayo se puede lograr la detección de defectos superficiales y subsuperficiales (hasta 3 mm debajo de la superficie del material). El acondicionamiento previo de la superficie, al igual que en las Tintas Penetrantes, es muy importante, aunque no tan exigente y riguroso.

La aplicación del ensayo de Partículas Magnéticas consiste básicamente en magnetizar la pieza a inspeccionar, aplicar las partículas magnéticas (polvo fino de limaduras de hierro) y evaluar las indicaciones producidas por la agrupación de las partículas en ciertos puntos. Este proceso varía según los materiales que se usen, los defectos a buscar y las condiciones físicas del objeto de inspección.

Para la magnetización se puede utilizar un banco estacionario, un yugo electromagnético, electrodos o un equipo portátil de bobina flexible, entre otros. Se utilizan los diferentes tipos de corrientes (alterna, directa, semi-rectificada, etc.), según las necesidades de cada inspección.

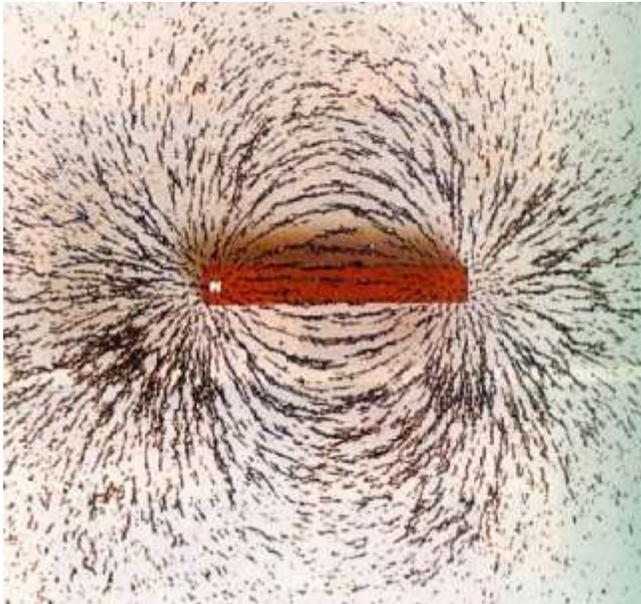
El uso de imanes permanentes ha ido desapareciendo, ya que en éstos no es posible controlar la fuerza del campo y son muy difíciles de manipular.

Para realizar la inspección por Partículas Magnéticas existen varios tipos de materiales que se pueden seleccionar según la sensibilidad deseada, las condiciones ambientales y los defectos que se quieren encontrar. Las partículas magnéticas pueden ser:

- | | |
|-----------------------------|---------------|
| 1. | Secas |
| · | Fluorescentes |
| · Visibles (varios colores) | |
| 2. | Húmedas |
| · | Fluorescentes |
| · Visibles (varios colores) | |

Los métodos de magnetización y los materiales se combinan de diferentes maneras según los resultados deseados en cada prueba y la geometría del objeto a inspeccionar.

PARTICULA MAGNETICA (MT)



Cuando se estudia el comportamiento de un imán permanente, se puede observar que éste se compone por dos polos, Norte y Sur, los cuales determinan la dirección de las líneas de flujo magnético que viajan a través de él y por el espacio que lo rodea, siendo cada vez más débiles con la distancia.

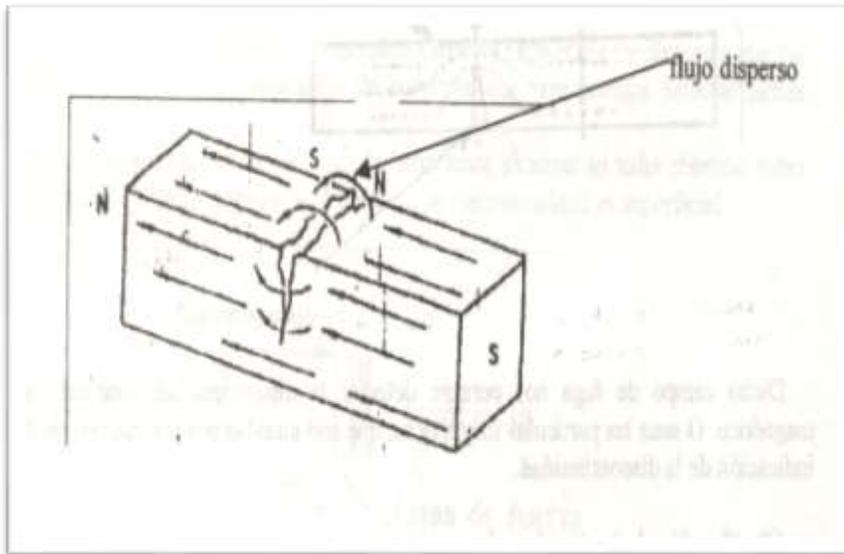
Si cortamos el imán en dos partes, observaremos que se crean dos imanes nuevos, cada uno con sus dos polos, Norte y Sur, y sus correspondientes líneas de flujo magnético. Esta característica de los imanes es la que permite encontrar las fisuras abiertas a la superficie, y los defectos internos en una pieza, como se explicará a continuación.

La magnetización de un material ferromagnético se puede lograr mediante la inducción de un campo magnético fuerte, desde una fuente externa de magnetización (un electroimán), o mediante el paso de corriente directamente a través de la pieza. La fuerza del campo generado es resultado de la cantidad de corriente eléctrica que se aplique y el tamaño de la pieza, entre otras variables.

Una vez magnetizado el objeto de estudio, éste se comporta como un imán, es decir, se crean en él dos polos magnéticos Sur y Norte. Estos polos determinan la dirección de las líneas de flujo magnético, las cuales viajan de Norte a Sur.

Teniendo la pieza magnetizada (magnetización residual), y/o bajo la presencia constante del campo magnético externo (magnetización continua), se aplica el polvo de limadura de hierro seco, o suspendido en un líquido (agua o algún destilado del petróleo). Donde se encuentre una perturbación o una fuga en las líneas de flujo magnético, las pequeñas partículas de hierro se acumularán, formando la indicación visible o fluorescente, dependiendo del material usado.

PARTICULA MAGNETICA (MT)



La perturbación o fuga del campo magnético se genera por la formación de dos polos pequeños N y S en los extremos del defecto (fisura, poro, inclusión no-metálica, etc.). En la figura se muestra este efecto.

Al igual que en la mayoría de los Ensayos No Destructivos, en la inspección con Partículas Magnéticas intervienen muchas variables (corriente eléctrica, dirección del campo, tipo de materiales usados, etc.), las cuales deben ser correctamente manejadas por el inspector para obtener los mejores resultados. Por esta razón las normas MIL, ASTM, API, AWS y ASME entre muchas otras, y los manuales de mantenimiento de las aeronaves, exigen la calificación y certificación del personal que realiza este tipo de pruebas, con el fin de garantizar la confiabilidad de los resultados y así contribuir a la calidad del producto. Entre las regulaciones más conocidas de certificación de personal se encuentran: NAS-410, ISO 9712, SNT-TC-1A, ANSI/ASNT CP-189 y EN-473.



En el caso de las bobinas y de los yugos son capaces de realizar imantaciones longitudinales, pueden ser usados para la ejecución de métodos de imantación continuos y residuales, trabajan con partículas magnéticas fluorescentes y visibles.

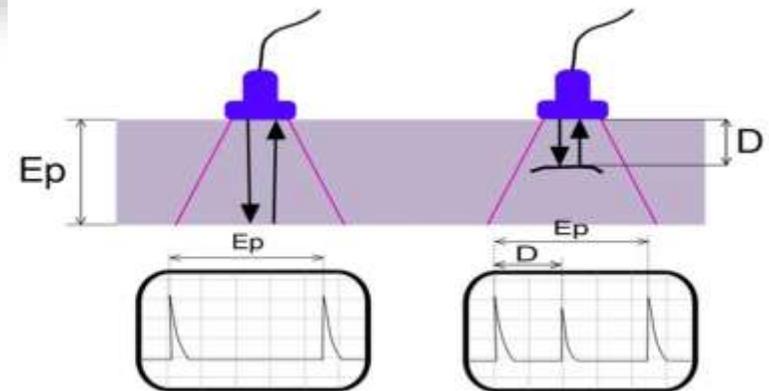


Principios de inspección por partículas Magnéticas.

INSPECCION POR ULTRASONIDO

La examinación por Ultrasonido Industrial (UT) se define como un procedimiento de inspección no destructiva de tipo mecánico, que se base en la impedancia acústica, la que se manifiesta como el producto de la velocidad máxima de propagación del sonido entre la densidad de un material.

El método consiste en utilizar ondas de sonido fuera del intervalo auditivo, con una frecuencia de 1 a 5 millones de Hz (ciclos por segundo)- de aquí el término ultrasónico. El método ultrasónico es una prueba no destructiva, confiable y rápida que emplea ondas sonoras de alta frecuencia producidas electrónicamente que penetrarán metales, líquidos y muchos otros materiales a velocidades de varios miles de metros por segundo. Las ondas ultrasónicas para ensayos no destructivos generalmente las producen materiales piezoeléctricos, los cuales sufren un cambio en su dimensión física cuando se someten a un campo eléctrico.



INSPECCION POR ULTRASONIDO

Aplicaciones

El Ultrasonido Industrial es un ensayo no destructivo ampliamente difundido en la evaluación de materiales metálicos y no metálicos.

Es frecuente su empleo para la medición de espesores, detección de zonas de corrosión, detección de defectos en piezas que han sido fundidas y forjadas, laminadas o soldadas; en las aplicaciones de nuevos materiales como son los metalcerámicos y los materiales compuestos, ha tenido una gran aceptación, por lo sencillo y fácil de aplicar como método de inspección para el control de calidad de materiales, bien en el estudio de defectos (internos, subsuperficiales y superficiales) y en la toma de mediciones como: medición de espesores (recipientes de acero, capa de grasa en animales, etc.), medición de dureza, determinación del nivel de líquido, etc.

Ventajas del Ultrasonido Industrial

- Se puede aplicar esta técnica en una gran gama de materiales y a un gran número de productos conformados como: chapas, ejes, vías, tubos, varillas, etc., y a procesos de fabricación tales como: soldadura, fundición, laminación, forja, mecanizado, etc.
- Es aplicable a otras ramas tales como: la medicina, navegación, pesca, comunicación, entre otras.
- Permite detectar discontinuidades tanto superficiales, subsuperficiales e internas.
- Puede aumentarse la sensibilidad del equipo al realizar un cambio conveniente de palpador.
- Los equipos pueden ser portátiles y adaptables a un gran número de condiciones.

Limitaciones del Ultrasonido Industrial

- El equipo y los accesorios son costosos.
- Deben emplearse vario tipos de palpadores a fin de determinar todas las discontinuidades presentes en la pieza, preferiblemente cuando se trata de piezas que o han sido ensayadas anteriormente.
- El personal destinado a realizar los ensayos debe poseer una amplia experiencia y calificación en el manejo de la técnica y los equipos.

INSPECCION POR ULTRASONIDO



Detección de defectos por ultrasonido en servicio

Evaluación de soldadura por AWS D1.1

Medición de discontinuidades por el método Phased Array.

▶ Ensayo No Destructivos Nivel 1

