

y romperla por el golpe dado con un péndulo. La prueba no tiene valor absoluto, es comparativo. Se utiliza para comprobar si un cierto material ha sido tratado mecánicamente bien.

Existen dos métodos standarizados para los ensayos al impacto, el de Izod y el de Charpy.

El método Izod, sujeta la probeta en la entalla al nivel de la parte superior de la mordaza, al soltar el péndulo desde cierta altura, golpea a la probeta al llegar al punto más bajo del recorrido. La altura a que llega el péndulo después de romper la probeta se mide en un cuadrante graduado, que da la energía absorbida en la rotura de la probeta.

En el método Charpy, la probeta se sujeta entre dos soportes, en la parte inferior del recorrido del péndulo. La entalla está exactamente en el centro y en la cara opuesta recibe el impacto.

La energía absorbida se mide como en la izod. El aparato lleva en el cuadrante una aguja, con rozamiento suave, que es empujada por el brazo del péndulo. Se queda en la posición extrema de la oscilación cuando el péndulo inicia el movimiento contrario. El cuadrante da directamente el valor de la resiliencia, para cada tipo de probeta standard.

RESISTENCIA A LA FATIGA.— Se le llama fatiga de un metal a la disminución de resistencia que sufre un material cuando se somete a una serie de esfuerzos repetidos, es una prueba de tipo dinámico. La fatiga se debe a las pequeñas grietas o fisuras que se van haciendo más grandes por los esfuerzos repetidos hasta que la pieza se rompe.

Existen diferentes tipos de máquinas para determinar el límite de resistencia a la fatiga en los metales, veremos la de más uso que es la del Método de Flexión tipo cantiliver de brazo rotatorio. La probeta trabaja como viga en voladizo, llevando un peso colgado en su extremo libre. La probeta de sección uniforme transversal, se varía su momento de cero en el

punto de carga al máximo en el soporte.

Los esfuerzos que soporta cada fibra, debido al momento de flexión, varían de compresión a tensión cada 180° de giro.

Si se traza la curva del ensayo, los esfuerzos como coordenadas y el número de ciclos para producir la ruptura, la curva tiende a ser una asíntota a un esfuerzo mínimo y debajo de ésta curva el material es resistente a la fatiga.

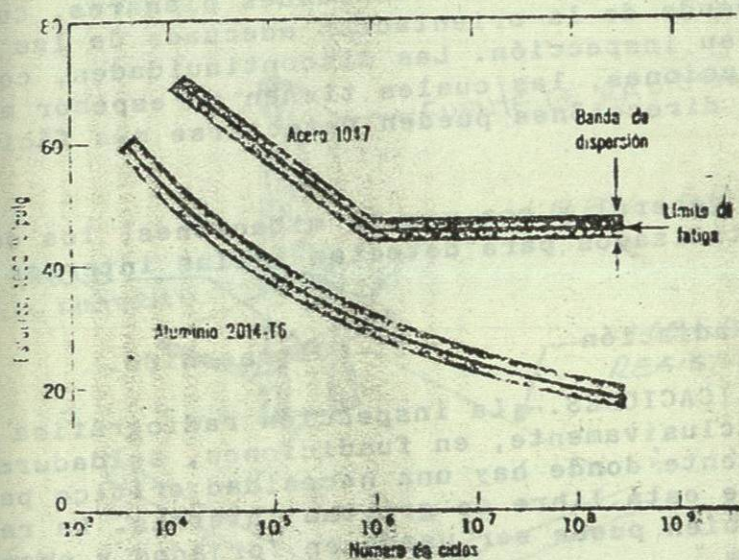


DIAGRAMA DEL ENSAYO DE FATIGA PARA DETERMINAR EL LÍMITE DE DURACION DE LOS METALES.

INSPECCION RADIOGRAFICA

INTRODUCCION.- La radiografía es un método utilizado para detectar fallas de un componente que exhiba una diferencia en espesores o densidad física del material. Diferencias grandes son más fáciles para detectar que diferencias menores. En general, la radiografía puede detectar únicamente las fallas que tengan un espesor apreciable en una dirección paralela al haz de radiación. Esto significa que la habilidad de un proceso para detectar discontinuidades planares, como grietas, depende de la orientación adecuada de las piezas durante su inspección. Las discontinuidades, como poros e inclusiones, las cuales tienen un espesor medible en todas direcciones pueden detectarse más fácilmente.

En general y con sus limitaciones, los dos medios más utilizados para detectar fallas internas son:

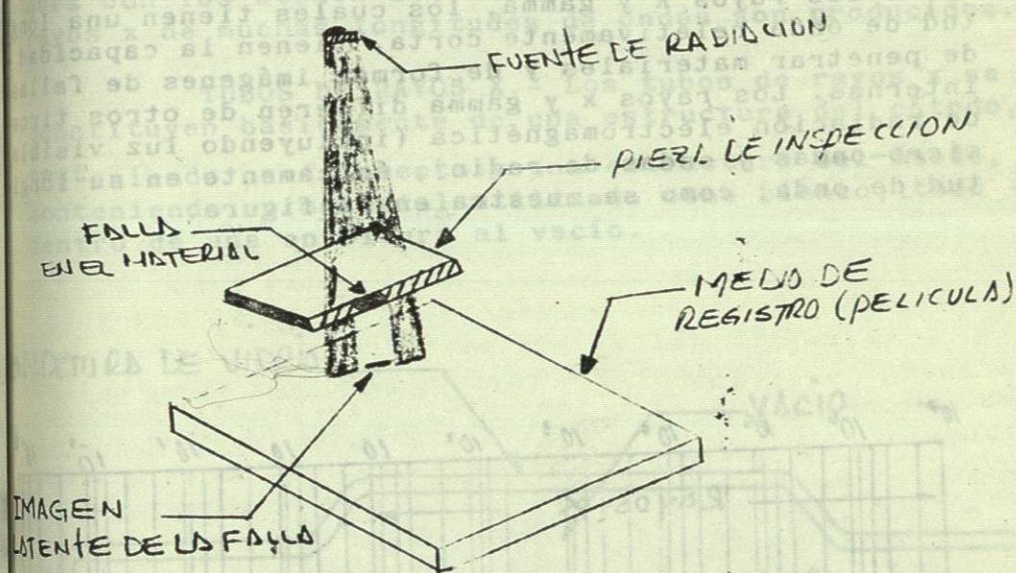
- 1.- Radiación
- 2.- Ultrasonido.

APLICACIONES.- La inspección radiográfica es utilizada, exclusivamente, en fundiciones, soldaduras y particularmente donde hay una necesidad crítica para asegurarse que está libre de grietas internas. La radiografía también puede ser usada en forjados y ensamblajes mecánicos.

LIMITACIONES.- Comparado con otros medios de inspección no destructiva, la radiografía es costosa. Costos relativamente altos y espacios grandes, son requeridos para un laboratorio radiográfico. De otra manera, cuando fuentes de rayos x ó gamma, el espacio es requerido únicamente para proceso e interpretación.

Ciertos tipos de fallas son difíciles para detectar por radiografía. Las grietas que pueden ser detectadas, a menos que estén esencialmente paralelas al haz de radiación.

PRINCIPIOS DE RADIOGRAFIA.- Tres elementos básicos -una fuente de radiación, una pieza de prueba (objeto a ser evaluado, y un medio de registro (usualmente película)- se combinan para producir una radiografía. Estos elementos son mostrados en forma esquemática en la fig. No.

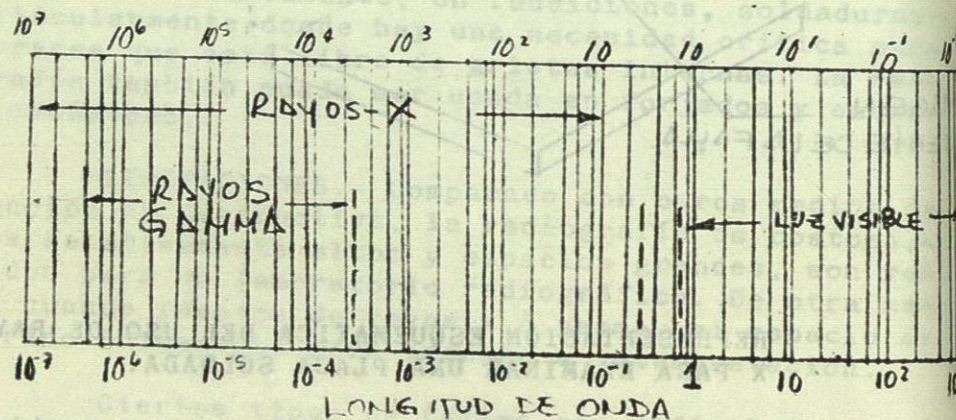


REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL USO DE RAYOS X PARA EXAMINAR UNA PLACA SOLDADA.

Es una placa de espesor uniforme que contiene una falla interna que tienen características de absorción diferentes del material homogéneo. La radiación de la fuente es absorbida por la pieza de prueba que en la radiación pasa atravezada; la falla y el material homogéneo, absorben cantidades débiles de radiación.

ción. La cantidad de radiación que llega a la película en el área de la falla, es diferente a la cantidad de radiación que llega a la película en las áreas adyacentes a la falla y esto produce en la película una imagen latente de la falla, y cuando la película es revelada, puede verse como una sombra de diferente densidad fotográfica que la de la imagen del material homogéneo.

FUENTES DE RADIACION. Dos tipos de radiación son utilizados para inspección no destructiva. En la fig. se muestra una parte electromagnética. Únicamente los rayos X y gamma, los cuales tienen una longitud de onda relativamente corta, tienen la capacidad de penetrar materiales y de formar imágenes de fallas internas. Los rayos X y gamma difieren de otros tipos de radiación electromagnética (incluyendo luz visible, micro-ondas y ondas de radio), únicamente en su longitud de onda, como se muestra en la figura.



REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO QUE INCLUYE RAYOS X, RAYOS GAMMA, LUZ VISIBLE Y ULTRAVIOLETA.

Los rayos X y gamma son indistinguibles, físicamente, ellos difieren únicamente en su manera, en la cual son producidos. Los rayos X son resultados de la interacción entre el movimiento rápido de electrones y átomos con el material sólido como blanco, y los rayos gamma son emitidos durante el decaimiento radioactivo de núcleos atómicos inestables.

RAYOS X. Dos tipos de rayos X son producidos por la interacción de un movimiento rápido de electrones hacia un material utilizado como blanco. Cuando los electrones son rápidamente desacelerados por choques con los átomos del material utilizado como blanco rayos X de muchas longitudes de ondas son producidos.

TUBOS DE RAYOS X. Los tubos de rayos X se constituyen básicamente de una estructura del cátodo, conteniendo un filamento y una estructura del ánodo, conteniendo un material utilizado como blanco, todo dentro de una envoltura al vacío.

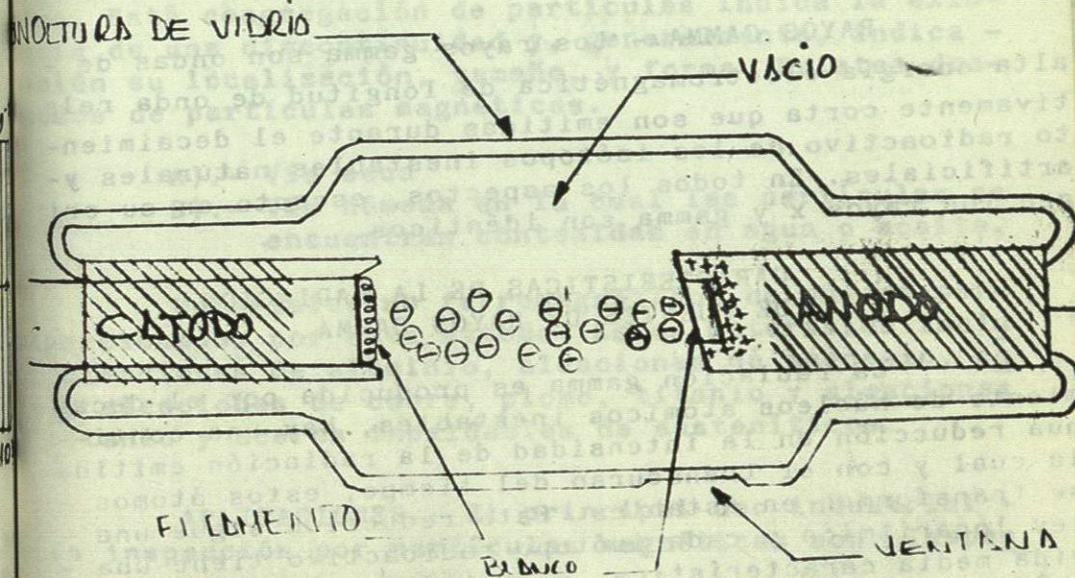


DIAGRAMA DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA UNIDAD DE RAYOS X.

La estructura del cátodo contiene un filamento y una envoltura la cual rodea el filamento. La envoltura, usualmente hecha de hierro puro ó níquel puro funciona como un lente electrostático cuyo propósito es dirigir el rayo de electrones hacia el ánodo.

El filamento, usualmente una bobina de alambre de tungsteno es calentado por una corriente eléctrica producida por un voltaje relativamente bajo. El filamento, en este estado, emite electrones los cuales son acelerados a través del espacio entre el cátodo y el ánodo. La aceleración de estos electrones es un alto potencial eléctrico entre el ánodo y el cátodo, el cual es aplicado durante una exposición de radiación. El ánodo usualmente consiste de una porción del material utilizado como blanco, ensamblado en una pieza de cobre que absorbe mucho del calor generado por el choque de los electrones con el material utilizado como blanco (tungsteno). El tungsteno es el material preferido para utilizar como blanco, debido:

- A).- Eficiente emisión de rayos x por su alto número atómico.
- B).- Por su alto punto de fusión.

RAYOS GAMMA.— Los rayos gamma son ondas de alta energía electromagnética de longitud de onda relativamente corta que son emitidas durante el decaimiento radioactivo de los isótopos inestables naturales y artificiales. En todos los aspectos, excepto en su origen los rayos x y gamma son idénticos.

CARACTERISTICAS DE LA RADIACION DE FUENTES DE RAYOS GAMMA.

La radiación gamma es producida por el decaimiento de núcleos atómicos inestables, hay una continua reducción en la intensidad de la radiación emitida la cual y con el transcurso del tiempo, estos átomos se transforman en estables. Esta reducción sigue una ley logarítmica y cada isótopo radioactivo tiene una vida media característica, o cantidad de tiempo que necesita para que la intensidad de radiación emitida sea reducida a un medio.

Otra característica de la fuente de radiación gamma, es la fuerza de la fuente la cual es una medida de la actividad de una fuente específica. La actividad de la fuente es medida en curies, que un curie es igual a 3.7×10^{10} desintegración atómica por segundo.

INSPECCION DE PARTICULAS MAGNETICAS

INTRODUCCION.— La inspección por partículas magnéticas es un método para localizar discontinuidades superficiales y subsuperficiales en materiales ferromagnéticos. Esto depende para su operación en que cuando el material de prueba es magnétizado, las discontinuidades que tengan una dirección transversal a la dirección del campo magnético, causará una fuga de este y formará sobre la superficie de la parte una indicación. La presencia de esta fuga de campo magnético y por lo tanto la presencia de esta discontinuidad, es detectada usando partículas ferromagnéticas muy finas, aplicadas sobre la superficie, algunas de las partículas son atraídas y sostenidas sobre la fuga del campo. Esta congregación de partículas indica la existencia de una discontinuidad y, generalmente, indica también su localización, tamaño, y forma. Existen dos métodos de partículas magnéticas.

- A).- Vía seca
- B).- Vía húmeda en la cual las partículas se encuentran contenidas en agua o aceite.

Materiales no ferromagnéticos no pueden ser inspeccionados por este método. Estos materiales incluyen aleaciones de aluminio, aleaciones de magnesio, cobre y aleaciones de cobre, plomo, titanio y aleaciones de titanio y aceros inoxidables de austeníticos.

APLICACIONES.— El principal uso industrial de la inspección por partículas magnéticas son: Inspección final; inspección de recibo, proceso de inspección y control de calidad, y mantenimiento de plantas y maquinarias.

VENTAJAS.- El método de partículas magnéticas es muy sensitivo para localizar pequeñas grietas superficiales en materiales ferromagnéticos.

Discontinuidades que no se encuentran abiertas a la superficie también son detectadas, en muchos casos, por este método.

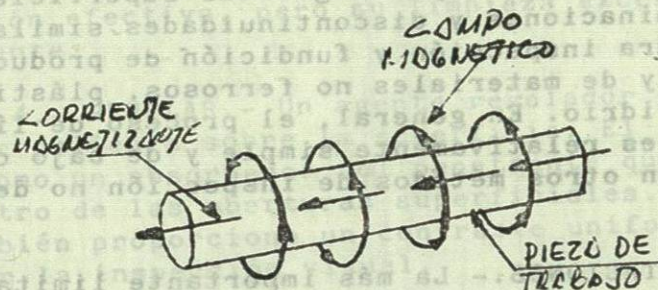
Las indicaciones de partículas magnéticas son producidas directamente en la superficie de la pieza inspeccionada, y constituyen las discontinuidades existentes. No existen formas para determinar la profundidad del defecto, pero pueden hacerse estimaciones razonables de la profundidad de éstos, partículas ferromagnéticas y técnicas apropiadas.

LIMITACIONES.- Hay ciertas limitaciones en la inspección de partículas magnéticas:

- 1.- Este método solamente trabajará en materiales ferromagnéticos.
- 2.- Para mejor resultado, el campo magnético deberá estar en una dirección que intercepte el plano principal de la discontinuidad. Algunas veces, esto requiere 2 o más inspecciones en secuencia con diferente magnetización.
- 3.- Corrientes excesivamente grandes es, algunas veces, requerido para partes muy grandes.
- 4.- El cuidado es necesario para evitar calentamiento y quemadas en las partes donde se hace el contacto eléctrico.

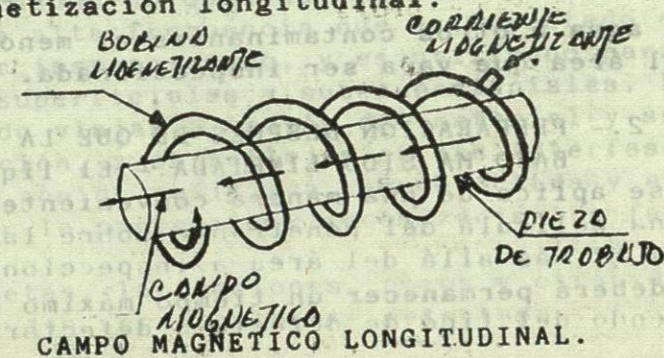
TIPOS DE CAMPOS MAGNETICOS.- Magnetización Circular: La corriente eléctrica pasa a través de cualquier conductor recto, como un alambre o barra para crear un campo magnético circular, alrededor del conductor. Cuando el conductor de la corriente eléctrica es un material ferromagnético, el paso de la corriente induce un campo magnético en el conductor. Una parte magnetizada, de esta manera, se dice que tiene un campo magnético circular que está magnetizado

circularmente. (ver figura).



CAMPO MAGNETICO CIRCULAR.

MAGNETIZACION LONGITUDINAL.- La corriente eléctrica también puede ser utilizada para crear un campo magnético en materiales magnéticos. Cuando la corriente eléctrica pasa a través de la bobina, de una ó más vueltas, un campo magnético es establecido longitudinalmente dentro de la bobina (ver figura). La naturaleza y dirección del campo magnético, alrededor del conductor que forman las vueltas de la bobina, producirá una magnetización longitudinal.



CAMPO MAGNETICO LONGITUDINAL.

INSPECCION POR LIQUIDOS PENETRANTES

INTRODUCCION.- La inspección por líquidos penetrantes es un método no destructivo para encontrar discontinuidades que están abiertas a la superficie en materiales sólidos y esencialmente no porosos. Las indicaciones de fallas pueden encontrarse y detectar su tamaño y configuración. Este proceso es disponible para la detección de todo tipo de grietas superficiales, porosidad, laminaciones y discontinuidades similares. Es utilizado para inspección y fundición de productos de acero dulce y de materiales no ferrosos, plásticos y objetos de vidrio. En general, el proceso de líquidos penetrantes es relativamente simple y de bajo costo, comparado con otros métodos de inspección no destructiva.

LIMITACIONES.- La más importante limitación de inspección por líquidos penetrantes es que puede detectarse únicamente fallas que se encuentran abiertas a la superficie. Otro factor que puede considerarse una limitación, es la rugosidad de la superficie que se inspecciona o que la superficie está demasiado porosa, ya que estas condiciones producirán falsas indicaciones de discontinuidades.

DESCRIPCION DEL PROCESO.- Este proceso requiere, de, al menos cinco pasos esenciales.

1.- PREPARACION DE LA SUPERFICIE.- Todas las superficies de la pieza de trabajo deberán estar limpias y secas antes de que sean sujetas a la inspección de líquidos penetrantes. Para que las discontinuidades expuestas a la superficie, se encuentren libres de aceite, agua u otros contaminantes al menos 1" más allá del área que va a ser inspeccionada.

2.- PREPARACION DESPUES DE QUE LA PIEZA DE TRABAJO HA SIDO LIMPIADA.- El líquido penetrante se aplica de una manera conveniente para que forme una película del penetrante sobre la superficie, al menos $\frac{1}{2}$ " más allá del área a inspeccionar. Esta película deberá permanecer un tiempo máximo permitido, dependiendo del tipo de defecto a detectar.

3.- REMOSION DEL EXCESO DEL PENETRANTE.- Posterior al tiempo de penetración y exceso de penetrante, deberá removerse de la superficie el método de limpieza deberá determinarse por el tipo de penetrante utilizado. Algunos pueden simplemente removerse con agua y otros requieren el uso de solventes. Su remoción uniforme del exceso de penetrante es necesaria para una inspección efectiva, pero su limpieza excesiva es inconveniente.

4.- REVELAR.- Un agente revelador se aplica en forma de película sobre la superficie. El revelador actúa como un absorbedor del penetrante que se encuentra dentro de las aberturas superficiales. El revelador también proporciona un contraste uniforme para efectuar la inspección visual.

5.- INSPECCION.- Después del tiempo suficiente de revelado, la superficie es inspeccionada visualmente. Esa examinación deberá hacerse en un medio ambiente conveniente. La inspección de líquidos penetrantes visibles, se hace con luz blanca conveniente. Cuando es utilizada, los penetrantes fluorescentes, la inspección deberá hacerse en áreas convenientemente oscuras usando luz negra para que el penetrante pueda proporcionar luz visible.

INSPECCION ULTRASONICA

INTRODUCCION.- La inspección ultrasónica es un método de pruebas no destructivas en el cual las ondas de sonido de alta frecuencia que es inyectado en el material a ser inspeccionado, y es utilizado para detectar fallas superficiales y sub-superficiales. Las ondas de sonido viajan a través del material y sufren alguna atenuación, y se reflejan en las interfases. La cantidad de sonido reflejada, es detectada y analizada para definir la presencia y localización de fallas.

Grietas, laminaciones, poros y otras discontinuidades pueden ser fácilmente detectadas.

La inspección ultrasónica se efectúa con una frecuencia del sonido de 1 hasta 25 Mhz. Las ondas ultrasónicas son vibraciones mecánicas, la inspección ultrasónica es uno de los métodos más ampliamente utilizados para la inspección no destructiva. Su aplicación principal en la inspección de materiales, es la detección y caracterización de fallas internas, también se utiliza para detectar fallas en la superficie para medir espesores, para determinar propiedades físicas, estructura y tamaño de grano.

VENTAJAS.- Las principales ventajas de inspección ultrasónica, con respecto a otros métodos de pruebas no destructivas, son las siguientes:

- A).- Poder de penetración muy superior, la cual permite la detección de fallas profundas en las piezas.
- B).- Alta sensibilidad que permite la detección de fallas extremadamente pequeñas.
- C).- Mayor seguridad que otros métodos no destructivos en la determinación de la posición de fallas internas, estimando su tamaño, orientación, forma o naturaleza.
- D).- Únicamente su superficie necesita ser accesible.
- E).- La operación es electrónica, lo cual proporciona indicaciones casi instantáneas de las fallas. Esto hace el método conveniente para interpretación inmediata.

DESVENTAJAS.-

- A).- Requiere cuidadosa atención para la operación manual.
- B).- Un amplio conocimiento técnico se requiere para el desarrollo de procedimientos en inspección.
- C).- Partes rugosas, irregulares en tamaño, muy pequeñas o delgadas, o no homogéneas, son difíciles de inspeccionar.
- D).- Las discontinuidades presentes inmediatamente a la superficie, no pueden ser detectadas.
- E).- Los acoplamientos son necesarios para proporcionar transferencia efectiva de la energía de las ondas ultrasónicas, entre transductores y partes a inspeccionar.

F).- Los estándares de referencia son necesarios, ambos para calibración del equipo y caracterización de las fallas.

APLICACION.- La inspección ultrasónica de materiales se utiliza, principalmente para la detección de discontinuidades.

La inspección ultrasónica se usa para control de calidad e inspección de materiales en la mayoría de las industrias.

Algunos de los principales equipos que son inspeccionados por ultrasonido, son los siguientes.

- 1.- Turbinas, tubería de presión, soldaduras, recipientes a presión, flechas, herramientas de acero-automotriz y partes de ferrocarriles y aleación. Las fallas detectadas incluyen poros, grietas, inclusiones laminaciones y quemadas.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ZONAS ULTRASÓNICAS.- Las ondas ultrasónicas son ondas mecánicas (en contraste, por ejemplo, con la luz o rayos X los cuales son ondas electromagnéticas), que consisten de oscilaciones y vibraciones de partículas moleculares de una substancia. Las ondas ultrasónicas pueden ser propagadas en un medio elástico, el cual puede ser sólido o líquido o gaseoso, pero no en un vacío.

Cuando las partículas moleculares de un material elástico se desplazan de su posición de equilibrio por cualquier fuerza aplicada, esfuerzos internos actúan para retornar las partículas a su posición original. El actual desplazamiento de la materia que ocurre en ondas ultrasónicas, es extremadamente pequeño. La amplitud de vibración y velocidad, difieren en sólidos líquidos y gases, por la diferencia en la distancia entre partículas que forman la materia.