

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

- 1.- Ensayos magnéticos.
- 2.- Ensayos eléctricos.
- 3.- Ensayos por líquidos penetrantes.
- 4.- Ensayos estructurales:
 - 4.1.- Ensayos micrográficos:
 - 4.2.- Ensayos macroscópicos.
- 5.- Ensayos de rayos X.
- 6.- Ensayos de rayos γ .
- 7.- Ensayos de ultrasonidos.

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS(ENDE)

Estos ensayos permiten analizar las piezas sin destruirlas ni deteriorarlas. Persiguen fundamentalmente detectar fallos internos como grietas, inclusiones, poros, segregaciones ...

1. Ensayos magnéticos

Se realizan con el magnetoscopio, que es un aparato formado por un electroimán dispuesto de forma que pueda situarse la pieza que se desea examinar entre sus expansiones polares. Al hacer circular una corriente, se crea un campo magnético cuyas líneas de fuerza van de uno a otro polo a través de la pieza interpuesta (Figura 1).

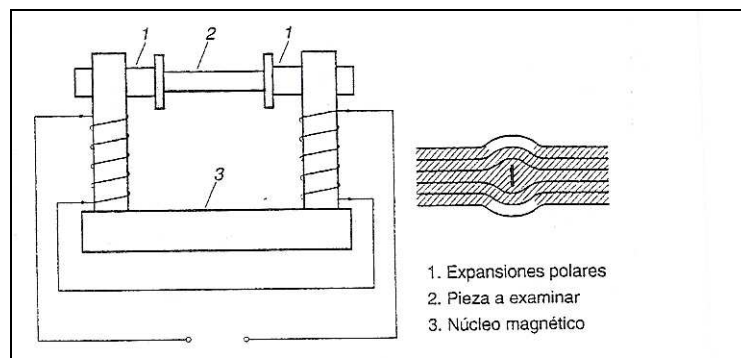


Fig 1.- Magnetoscopio y defecto detectado

- Si no existe defecto (el material es de estructura homogénea), las líneas de fuerza, al encontrar una misma permeabilidad magnética se disponen en forma uniforme, paralelas y equidistantes. Esto se observa rociando con un líquido aceitoso con pequeñas limaduras de hierro en suspensión la parte a examinar y dichas partículas se disponen uniformemente sobre la superficie orientándose según las líneas de fuerza.
- Si existe un defecto que altera la homogeneidad de la estructura, existirá variación de la permeabilidad magnética que desviará las líneas de fuerza concentrándolas hacia la zona más permeable. Se apreciará una mayor concentración de las limaduras de hierro allá donde se desviaron las líneas de fuerza, es decir, sobre el defecto.

2. Ensayos eléctricos

La resistencia de un material es directamente proporcional a la resistividad y su longitud inversamente proporcional a su sección.

$$R = \rho \cdot (L/S)$$

R = resistencia del material (Ω)
 ρ = resistividad ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)
 L = longitud del conductor (m)
 S = sección del conductor (mm^2)

Los ensayos eléctricos están basados en las alteraciones que sufren las características eléctricas de un material (resistencia, resistividad ...) por la variación de longitud o sección debida a alguna impureza, grieta, poro o discontinuidad. Si tenemos un material con una grieta o poro interno, en esa zona tendrá menor sección, por lo que aumentará R . De igual forma variará el valor de ρ , por lo que también lo hará R .

El ensayo se realiza del modo siguiente (Figura 2):

- Unimos dos contactos (1 y 2) a una batería de baja tensión y cerramos el circuito eléctrico a través del material objeto de estudio, estableciendo un campo magnético uniforme.

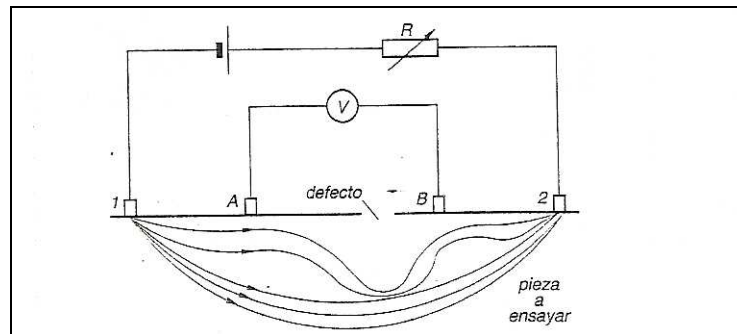


Fig 2.- Ensayo eléctrico

Entre estos contactos colocamos otros dos (A y B) a una distancia fija y los unimos a un microvoltímetro que desplazamos a lo largo del material a ensayar. Si no existen irregularidades, el microvoltímetro no indicará variación de tensión. Si existe alguna grieta, poro o cualquier discontinuidad, existirá una variación de tensión que marcará el equipo.

3 Ensayos por líquidos penetrantes

Es un método que se emplea para detectar discontinuidades abiertas en la superficie en cuerpos sólidos y no porosos (metales básicamente). El líquido penetrante que se aplica sobre la superficie a examinar penetra en la discontinuidad o defecto y una vez que se elimina el exceso nos marca la presencia del defecto (Figura 3).

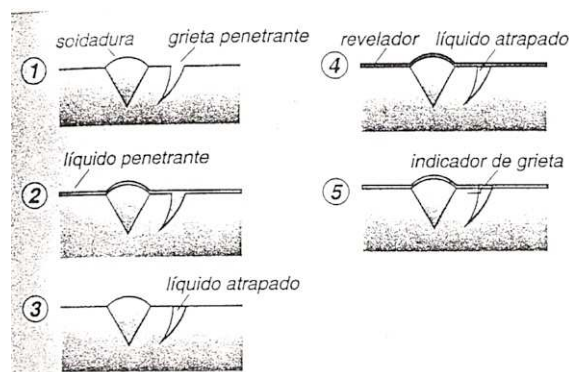


Fig.- 3 Ensayo por líquidos penetrantes

Las fases para desarrollar el método son:

1. Limpieza y preparación de la zona a inspeccionar.
2. Depositar el líquido penetrante en la zona.
3. Eliminar el líquido sobrante de la superficie.
4. Aplicar el revelador sobre la superficie seca.
5. Inspeccionar. El líquido penetrante se fija al revelador y causa un cambio de color que permite observar el defecto.

4. Ensayos estructurales

La estructura de los materiales puede observarse por procedimientos micrográficos y macrográficos.

4.1. Ensayos micrográficos

La práctica de los ensayos micrográficos sigue las siguientes operaciones:

- Toma de muestras. Corte.
- Montaje de las probetas.
- Preparación mecánica (desbaste y pulido).
- Ataque con reactivo.
- Observación en microscopio.

TOMA DE MUESTRAS: CORTE

El corte debe permitir obtener una superficie plana y con la menor deformación posible. El método de corte más adecuado es el que se realiza con abrasivo en húmedo, ya que es el que provoca la menor cantidad de daño (Figura 4).

La muestra que se tome debe representar de forma adecuada las características del metal de origen que se está cortando.

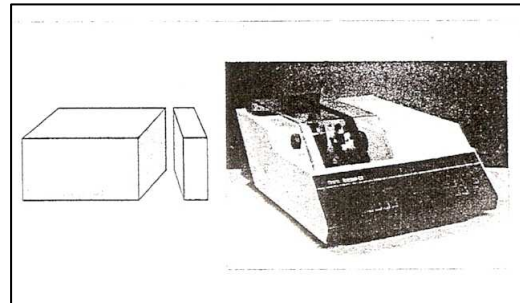


Fig. 4.- Corte y máquina de cortar

MONTAJE DE LAS PROBETAS

Para facilitar la manipulación posterior, las muestras se funden con unas resinas de distintos tipos, generalmente transparentes (PVC, baquelitas, resinas...), que permiten mejorar los resultados de pulido y desbaste (Figura 5).

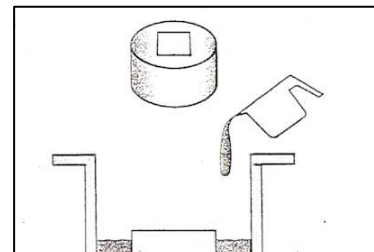


Fig 5.- Montaje de probetas y resinas

PREPARACIÓN MECÁNICA

La preparación mecánica consta de dos fases:

- Desbaste.
- Pulido.

En el desbaste, con una lima o en una máquina con papel abrasivo de grano grueso, se eliminan las rebabas procedentes del corte que pueden existir en los bordes. Posteriormente se pasa la probeta por lijas de diferente grosor de grano (del 1 al 00), para pulirla (Figura 6).

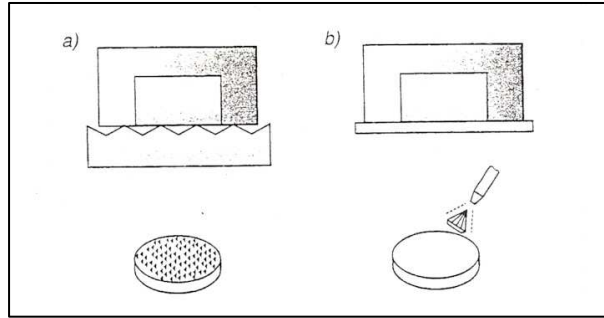


Fig 6.- a)Desbaste. B)Pulido



Fig7.- Pulidoras mecánicas

El pulido mecánico puede hacerse en máquina de discos (Figura 7) que pueden pulir varias probetas a la vez, dejándolas con una superficie tan lisa que parece un espejo, gracias a la utilización de pastas abrasivas y paños de terciopelo que favorecen, con las altas velocidades, una dispersión muy homogénea.

ATAQUE DE LA PROBETA

Como paso previo al ataque con distintos tipos de reactivos, las probetas deben limpiarse y desengrasarse correctamente con un intenso lavado y posterior secado con alcohol o acetona.

Para el ataque, se somete la pieza a la acción de un reactivo (específico para cada material), sumergiendo la probeta con la superficie pulida hacia abajo, sujetándola con unas pinzas y sin que llegue a tocar el fondo del recipiente. El tiempo de ataque varía desde unos segundos a 15 minutos y depende del reactivo y de la muestra. Se saca la probeta del reactivo cuando se aprecie la aparición de granos.

OBSERVACIÓN DE LA MUESTRA

La muestra preparada puede observarse al microscopio en dos momentos diferentes:

- Después de realizarse el pulido y sin ataque con reactivo; puede observarse la presencia de inclusiones, grietas, porosidades ...
- Después del pulido y ataque con reactivo; es el examen más real y en él se pone de manifiesto el tipo de estructura que estamos estudiando.

Para la observación microscópica correcta, debemos hacer un recorrido por toda la superficie de la probeta examinando con especial interés las estructuras de los bordes. El proceso se inicia con pocos aumentos en el microscopio y se van aumentando para lograr resolver los detalles finos.

En la figura 8 se muestra un detalle de la forma de trabajar con un microscopio metalográfico y una micrografía de acero obtenida en microscopio.

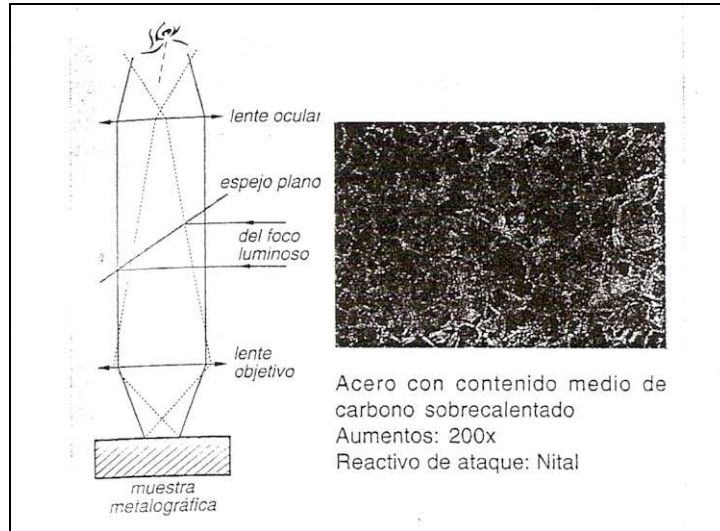


Fig.8.- Microscopio metalográfico y micrografía de materiales

4.2. Ensayos macroscópicos

Permiten la localización de grietas, porosidades o rechupes a simple vista o con ampliación de hasta 15 aumentos, ya que los defectos son superficiales.

El análisis macroscópico permite conocer:

- La forma estructural.
- La homogeneidad de la estructura.
- El efecto de tratamientos térmicos realizados.
- Efectos de elaboraciones mecánicas.
- Eventuales defectos: fisuras, grietas ...
- Eventual disposición de fibras debido a elaboraciones plásticas.

El examen macroscópico puede realizarse:

- Sobre una fractura de la pieza provocada intencionadamente en la zona objeto de estudio.
- Sobre una sección convenientemente pulida y atacada con reactivos adecuados.

5. Ensayos de rayos X

Los **rayos X** son vibraciones electromagnéticas invisibles que se propagan a la velocidad de la luz, pero con una longitud de onda muy corta.

Características de los rayos X

- Se propagan en línea recta (no se desvían ni por campos eléctricos ni magnéticos).
- Poseen gran poder de penetración (atraviesan los cuerpos opacos sin reflejarse ni refractarse).
- La capacidad de penetración es tanto mayor cuanto menor es su longitud de onda, o cuanto mayor es su frecuencia.

$$\lambda = k/f$$

λ = longitud de onda (mm)

k = constante de proporcionalidad

f = frecuencia (Hz)

- La longitud de onda depende de la velocidad de los electrones y del grado de vacío que se haga en el tubo.
- Los rayos de menor longitud de onda son muy penetrantes y se denominan rayos duros.
- Para conseguir rayos penetrantes es necesario un vacío muy elevado y una tensión anódica alta (100-300 kV).

Equipo de rayos X. Constitución

Un equipo de rayos X, sea del tipo que sea, está constituido según se aprecia en la figura 9 por:

- Una ampolla de vidrio especial en la que existe un vacío muy avanzado (3).
- Dos electrodos de cobre (cátodo y ánodo, 1 y 5).
- El cátodo en forma de vaso tiene un filamento de wolframio (o tungsteno) alimentado por una corriente independiente de baja tensión (2).
- El anticátodo de wolframio (4) situado en el interior genera los rayos X que son enviados hacia la pieza a inspeccionar.

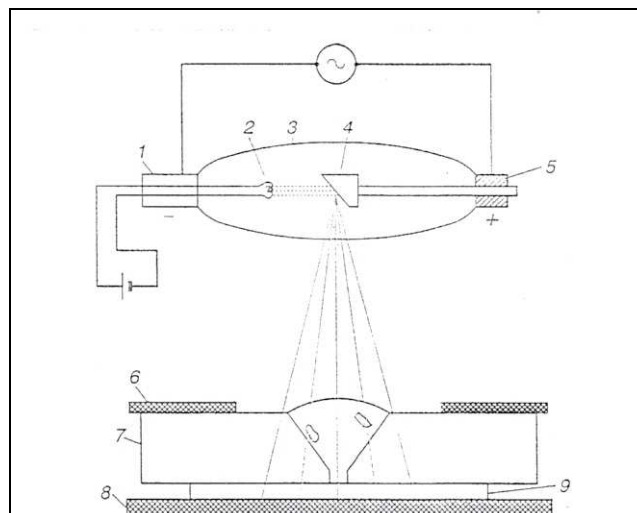


Fig. 9.- Equipo de rayos X y ensayo.

Realización del ensayo

La probeta (7) que se desea examinar se apoya sobre una placa fotográfica (9) situada sobre una pantalla de plomo (8) que absorbe las radiaciones.

Sobre la parte superior de la probeta se dispone otra pantalla de plomo (6) perfilada de manera que absorba las radiaciones que no interesan la zona que se va a examinar, y que son nocivas para el operador.

Los rayos penetran en el material y llegan a la placa fotográfica con distinta intensidad según el mayor o menor debilitamiento sufrido al atravesar la probeta.

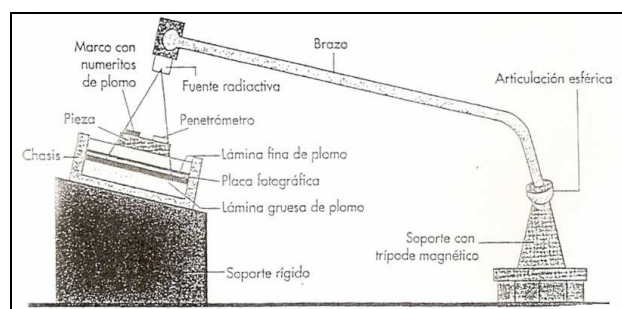
- Si la probeta es de espesor uniforme, no existen defectos y la estructura es homogénea; la placa se impresionará toda por igual.
- Si existe un defecto existirá una absorción distinta de radiaciones, por lo que, correspondiéndose con el defecto, la placa mostrará una zona más clara o más oscura según el tipo o magnitud del defecto.

Tipos de defectos detectables

- Los rayos que atraviesan una cavidad se debilitan menos, impresionando más la placa, que presentará una zona más oscura.
- Si el defecto es una inclusión metálica, de mayor densidad que el material, los rayos se debilitan más, y la placa, al quedar menos impresionada, presentará una zona más clara.
- Los defectos de más fácil detección son aquellos cuya máxima dimensión está orientada en la dirección de propagación del rayo X. Por el contrario son de difícil detección los de poco espesor y dispuestos perpendicularmente a la dirección de las radiaciones (esto obliga a realizar el examen en distintas direcciones).
- Son difíciles de controlar piezas de sección variable.

5.6. Ensayos de rayos γ

Los rayos γ son radiaciones electromagnéticas similares a los rayos X, pero de una longitud de onda extraordinariamente corta (del orden de 10^{-10} mm).



Esquema de la preparación de una gammagrafia

Características de los rayos γ

- Son extraordinariamente penetrantes (pueden compararse con los rayos X más duros).
- Se propagan en línea recta igual que los rayos X y no se desvían por campos magnéticos o eléctricos.

- Difieren de los rayos X por su menor longitud de onda y mayor penetración (mientras que los rayos X actúan con fiabilidad en espesores hasta 10 mm, los rayos γ pueden llegar hasta espesores de 250 mm).
- Las fuentes radiactivas empleadas industrialmente son el radio y algunos isótopos artificiales como el iridio, cobalto y cesio.
- El proceso de ensayo es similar al explicado para los rayos X con las variaciones de preparación por ser equipos diferentes. La pieza a inspeccionar se somete a la radiación de rayos γ y después de ser atravesada por éstos, impresionan una placa fotográfica en la que aparecerán los defectos existentes.

Ventajas de los rayos γ frente a los rayos X

- Los equipos de rayos γ son de menores dimensiones, lo que permite el reconocimiento en zonas de difícil acceso para los rayos X.
- Su poder de penetración permite aplicarlos a piezas de mayores espesores.
- Son muy aptos para reconocer defectos en tubos ya instalados, pues se puede disponer la fuente en el centro del tubo y la película en su exterior.

Inconvenientes de los rayos γ

- El mayor peligro al utilizar isótopos radiactivos.
- El mayor tiempo de exposición que los rayos X.
- Menor contraste por poseer los rayos γ menor longitud de onda que los rayos X, lo que dificulta su interpretación.
- Menor nitidez de contornos en la imagen.
- Velado de la placa en menoscabo del contraste debido a la formación de radiaciones difusas motivadas por la mayor exposición.

5.7. Ensayos de ultrasonidos

La verificación de materiales por ultrasonidos utiliza la propagación del sonido, tanto en sólidos como en líquidos, para realizar un control no destructivo de cualquier material que sea susceptible de ser atravesado por éstos.

Las ondas sonoras son fenómenos vibratorios que se transmiten a través de un medio elástico pero no en el vacío. El valor de la frecuencia de propagación o frecuencia depende de la longitud de propagación y de la velocidad. Su valor se expresa por:

$$\lambda = c/f$$

f = frecuencia (en ciclos por segundo)
 c = velocidad de propagación (m/s)
 λ = longitud de propagación

Las ondas cuya frecuencia es superior a 20.000 Hz y no son perceptibles por el oído humano se llaman ultrasonidos.

Generación de las ondas ultrasónicas

En ultrasonidos empleamos un mismo elemento para generar y recibir las ondas. Este elemento recibe el nombre de **palpador**. Existen distintos tipos con diferentes diámetros y frecuencias, con miras a efectuar los diferentes tipos de control antes mencionados (Figura 10).

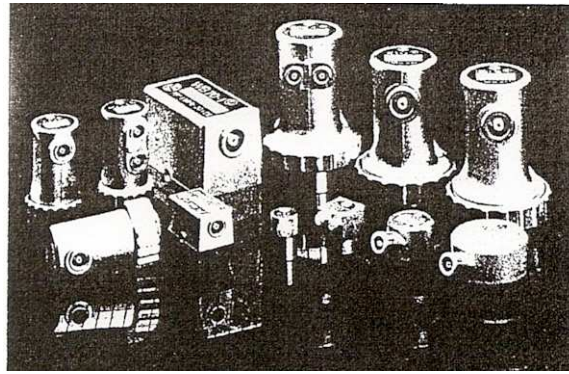


Fig. 10.- Diferentes palpadores para ultrasonidos

Para que el palpador pueda cumplir las dos funciones de emisor y receptor de las ondas, dispone de un cristal piezoeléctrico, que tiene la propiedad de deformarse al recibir una presión mecánica externa produciendo un voltaje eléctrico en sus caras, y a la inversa, al aplicar un potencial eléctrico a sus caras, este material cambia de tamaño produciendo una onda de presión.

El **control de una pieza por ultrasonidos** puede realizarse:

- Midiendo el tiempo empleado por el ultrasonido en recorrer la pieza en examen.
- Midiendo la intensidad ultrasónica del haz saliente de la pieza.

Generalmente se emplea el segundo método que da resultados más concisos. Puede hacerse:

1. Método de intensidad. En este método se mide la intensidad del ultrasonido después de atravesar la pieza a verificar. Puede hacerse:

- **Por transmisión.** Un generador de alta frecuencia produce un alto voltaje que excita el cristal del palpador y genera el ultrasonido que es recibido por el receptor situado en la parte opuesta (Figura 11 a). Entre ambos palpadores se sitúa la pieza. La onda recibida por el receptor se convierte en una señal eléctrica que se amplifica y se lee en el equipo de medida.
- **Por reflexión.** El proceso es idéntico, pero en lugar de estar emisor y receptor enfrentados, la señal reflejada por el emisor al encontrar un defecto la recoge el receptor, según se indica en la figura 11 b.

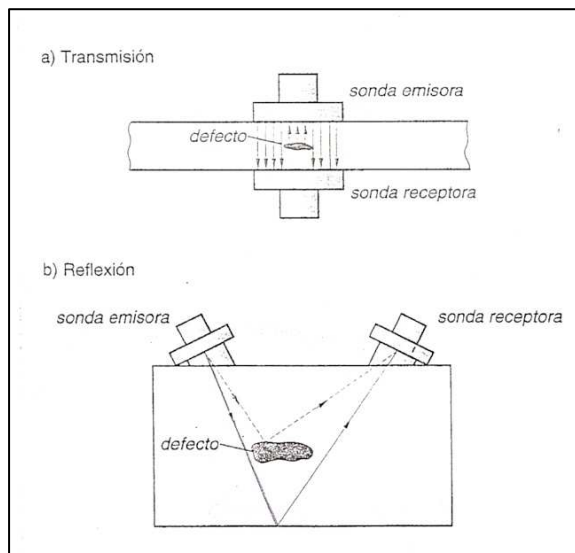


Fig. 11.- Método de intensidad

según se indica en la figura 11 b.

El método actualmente tiene escasa aplicación por el inconveniente de los dos palpadores.

2. Método de impulso-eco. El gran inconveniente del método de intensidad es la necesidad de utilizar dos palpadores y los posibles desajustes que se pueden dar.

El método impulso-eco utiliza un solo palpador y en él se realizan las funciones de emisión y recepción (Figura 12).

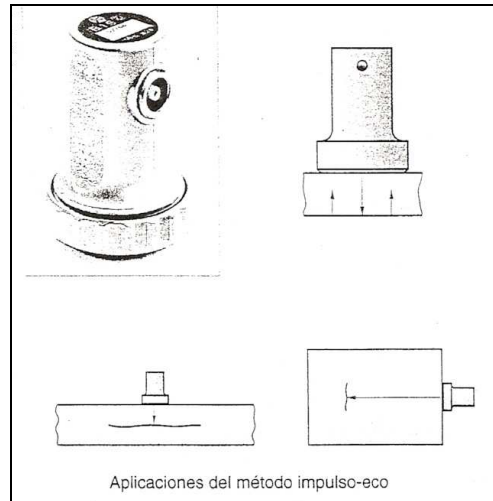


Fig.12.- Palpador y aplicaciones impulso – eco.

Realización de la prueba de ultrasonidos

En general el proceso consiste en recorrer con el palpador en todos los sentidos la superficie de la pieza. En la mayoría de los casos el equipo acusa:

- Un pico correspondiente al impulso de emisión.
- Una sucesión de pequeños picos debidos a imperfecciones superficiales de las caras.
- Eventualmente, un pico debido al eco de un defecto.
- Un pico debido al eco de fondo (Figura 13).

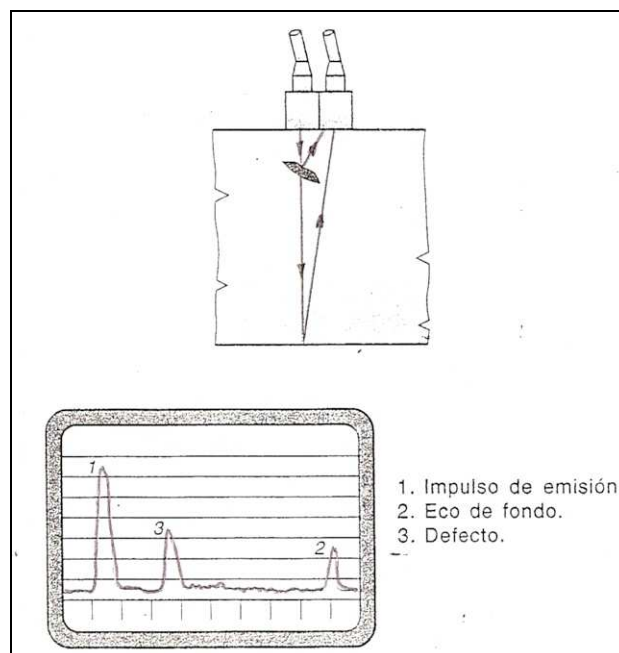


Fig. 13.- Análisis de pieza defectuosa