

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
NO 1	AÑO 1970

04.70.01

PMM/R-39

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

SEXTO CURSO PANAMERICANO DE METALURGIA

Dentro del Programa Multinacional de Metalurgia
(Programa Regional de Ciencia y Tecnología-OEA)

ENSAYO NO-DESTRUCTIVO
METODO: TINTAS PENETRANTES

Ing. Héctor M. Bulfón

TRABAJO DE REVISION

Departamento de Metalurgia
Buenos Aires - Argentina
1970

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

SEXTO CURSO PANAMERICANO DE METALURGIA

Dentro del Programa Multinacional de Metalurgia
(Programa Regional de Ciencia y Tecnología -OEA)

ENSAYO NO-DESTRUCTIVO
METODO: TINTAS PENETRANTES

Ing. Héctor M. Bulfón

TRABAJO DE REVISION

Departamento de Metalurgia
Buenos Aires - Argentina
1970

ENSAYO NO-DESTRUCTIVO

Método: Tintas Penetrantes .-

INTRODUCCION

El método de los líquidos penetrantes usado para la inspección de los metales, es hoy, sin duda, uno de los más importantes procedimientos de ensayo no-destrutivo, estando actualmente en el tercer lugar en lo que respecta al volumen de aplicación en la industria, siendo el primero la radiografía industrial y el segundo el método magnético o de las partículas magnéticas.

Es un método especial para detectar grietas o hendiduras en ejes de cualquier tipo, árboles de comando, rieles, ruedas, etc.

Este método deriva del perfeccionamiento de uno muy antiguo: "el procedimiento de Aceite y Blanqueo".

El método de Aceite y Blanqueo consistía en lo siguiente: primero se procedía a una buena limpieza de la pieza o material a ensayar, realizada generalmente con agua hirviendo o con una solución de soda cáustica; luego se procedía a un secado con el material.

El siguiente paso, en el ensayo, consistía en sumergir la pieza en un recipiente que contenía una mezcla de aceite y kerosene, dejándola durante unas horas o días en inmersión.

Después se la retiraba para lavarla a fondo con kerosene, se la dejaba secar y luego se la pintaba con una mezcla de tiza en polvo y alcohol.

El alcohol, después de un corto tiempo, se evaporaba y la pieza quedaba con una capa blanca de tiza que debía cubrir su superficie.

Esta película de tiza absorbía a la mezcla de aceite y kerosene depositada y retenida en las discontinuidades, marcando el lugar donde éstas se encontraban.

Pero, si bien este proceso, en aquella época prestó inestimable ayuda, carecía de la adecuada sensibilidad, por lo que, grietas o fisuras finas no podrían ser detectados.

En 1941 Roberto y José Switzer desarrollaron un método con líquidos penetrantes muy mejorado; una de las grandes contribuciones fue la introducción de tintas fluorescentes en las penetrantes.

Este método se vio impulsado durante la segunda Guerra Mundial, por la necesidad de poseer un elemento de control para materiales magnéticos y no-magnéticos, pues la producción masiva de material de guerra y su correcto y rápido control lo extendió en miles de plantas industriales.

2 - PRINCIPIO FUNDAMENTAL DEL METODO

El método consiste en lo siguiente (Fig. 1. (a), (b), (c), (2) y (d) :

Supongamos, Fig. 1 (a), una fisura de pequeño espesor muy difícil de ser detectada por examen visual.

Sobre el metal se aplica el líquido penetrante, de forma tal que cubra la superficie.

La figura 1 (b) muestra el líquido sobre la superficie del metal y en el interior de la fisura. El líquido debe permanecer un cierto tiempo sobre el metal para que, por capilaridad, alcance a penetrar y llenar la cavidad de la fisura.

Acto seguido se debe remover el "penetrante" que está sobre la superficie del metal; la fig 1(c) muestra la superficie del mismo limpia del exceso de penetrante.

En general las "fuerzas capilares" son grandes y retienen el líquido en el interior de la fisura.

Con la superficie limpia del exceso de penetrante, se coloca o deposita sobre la misma una fina capa de talco en polvo muy fino (figura 1 (d) ; el cual absorbe parte del líquido penetrante que quedó retenido dentro de la fisura denunciando así la presencia de la misma.

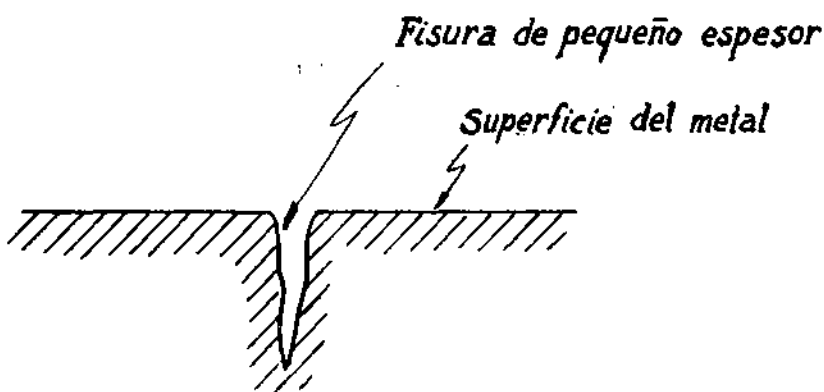


Figura 1 (a)

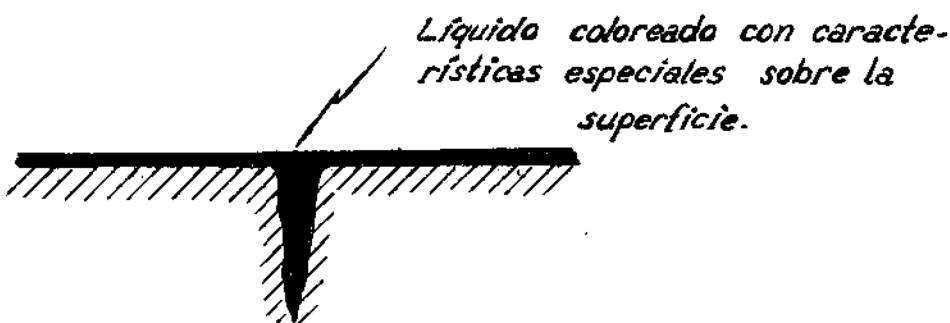


Figura 1. (b)

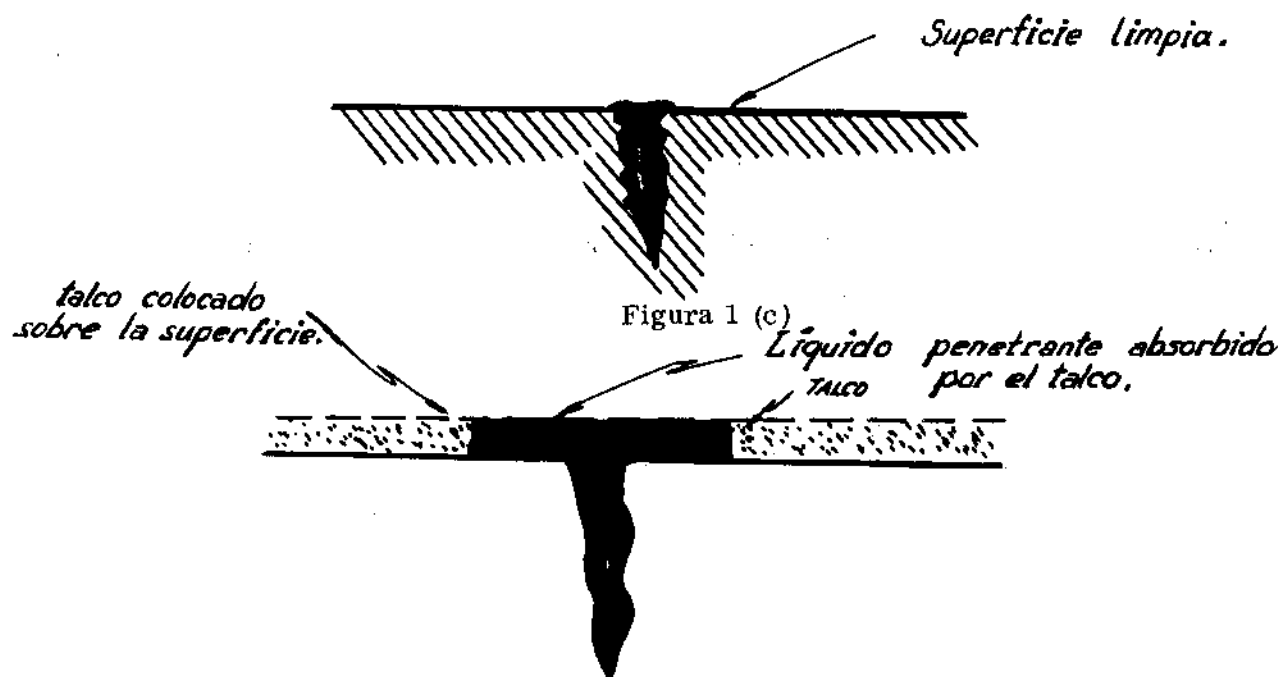


Figura 1 (d)

Para aumentar la visibilidad del líquido se colocan colorantes, bermellón por ejemplo, que manchan el talco al ser el líquido absorbido, siendo así mucho más fácil de distinguir las marcas de las discontinuidades.

Se debe destacar que el método de los líquidos penetrantes sólo permiten detectar discontinuidades superficiales de los metales (que no sean porosos).

Es importante, saber que la mancha formada en la película de talco es mucho más ancha que la discontinuidad que la forma.

Por la forma de las manchas, sus anchas longitudes, etc., esto es, por la indicación, se puede hacer una interpretación.

Esto que hasta ahora se ha comentado constituye el principio fundamental del "método de líquidos penetrantes", pero para un estudio más riguroso y técnico, se deben establecer las partes más importantes de este método y efectuar su estudio correspondiente; para ello se pueden diferenciar las siguientes partes o etapas del ensayo:

- I - limpieza de la superficie de la pieza
- II - aplicación del penetrante (durante un tiempo t)
- III - remoción del exceso del penetrante.
- IV - aplicación del revelador
- V - inspección e interpretación.

I. Limpieza de la superficie.

La limpieza de la superficie es una operación absolutamente fundamental; suele llamarse "preparación de las piezas antes de la inspección".

Es obvio que todas las discontinuidades que "afloran" a la superficie, están libres de sustancias tales como:

- a) tintas
- b) películas protectoras
- c) óxidos
- d) arena
- e) grasa
- f) aceite
- g) etc.

De éste hecho depende el éxito del método. Cualquiera de estas sustancias en el interior de las discontinuidades evitan e imposibilitan que el penetrante pueda ingresar en el interior de las mismas de modo que la operación de limpieza debe ser rigurosa y eficientemente llevada a cabo.

La limpieza de las piezas metálicas antes de la inspección no debe ser llevada a cabo por medio de chorro de arena, papel esmeril, etc., pues estos procedimientos tienen tendencia a deformar superficialmente al material sellando las discontinuidades.

La especificación A.S.T.M. E.-165-63 que se refiere a la técnica operatoria del método, dice respecto a la limpieza previa: "El resultado de cualquier inspección por el método de los líquidos penetrantes es enormemente influenciado por el estado de limpieza de la superficie" (edic. 1965). Por lo tanto, se insiste en que todas las piezas deberán estar limpias y secas antes que el penetrante sea aplicado.

La limpieza puede realizarse con:

- a) Detergentes
- b) Solventes
- c) Chorro de vapor
- d) Baños de decapado
- f) Ultrasónica, etc.

Todos los líquidos usados para la limpieza superficial no deben tener acción corrosiva.

II. Aplicación de los líquidos penetrantes.

Después de la limpieza de la pieza y del secado de la misma, se aplica el líquido penetrante sobre la superficie a ser inspeccionada; este paso en el proceso se puede llevar a cabo por diversos procedimientos; a saber:

- a) por inmersión de la pieza
- b) por chorro de pistola (pulverización)
- c) por pincel.

Cada procedimiento tiene sus indicaciones dependiendo del tipo de elemento a inspeccionar, tamaño, peso y número, etc.

En la inspección de Mantenimiento de grandes equipos, de aviones y de piezas en servicio, se emplea extensamente el sistema de chorro (b), producido por pistolas o por simples pulverizadores portátiles (tipo "spray").

Tal proceso exige protección del inspector u operador debido a la toxicidad de ciertos elementos componentes del líquido penetrante; por ejemplo: Máscara, guantes, etc.

Es conveniente calentar levemente a la pieza antes de la aplicación del penetrante; esto hace que fisuras muy finas se abran facilitando así la introducción del "líquido penetrante", pero es necesario verificar previamente la influencia de la temperatura sobre éstos.

Todos los líquidos penetrantes tienen una temperatura ideal de aplicación; también se recomienda someter la pieza a vibración mientras se está aplicando el penetrante.

El tiempo necesario para que éstas penetren en las discontinuidades es muy variable; en general varía desde algunos minutos hasta horas, pudiendo ser calculado para fisuras mínimas usando la ley de Rideal :

$$l^2 = \frac{t \times \gamma \times \cos \Theta}{2 \eta} \quad (a)$$

donde:

l = profundidad alcanzada por el líquido penetrante en el interior de la fisura, durante el tiempo t

γ = tensión superficial del líquido penetrante

Θ = ángulo de equilibrio del líquido y la superficie de la fisura.

η = viscosidad del líquido penetrante.

Se denomina coeficiente de penetración (CP) de un líquido penetrante, a la expresión:

$$CP = \sqrt{\frac{\gamma}{2 \eta}} \quad (b)$$

Cuanto mayor es el número CP (coeficiente de penetración) de un líquido, mayor será su velocidad de penetración.

En la tabla siguiente, se dan algunos valores del coeficiente CP; estos valores fueron extraídos del escrito: "Non - Destructive Testing" J. F. Hinsley.

L I Q U I D O	COEFICIENTE DE PENETRACION	
	CALCULADO	OBSERVADO
Agua	11.31	11.40
Benzeno	8.90	9.90
Alcohol etílico	5.35	5.65
Alcohol isobutílico	3.75	3.70

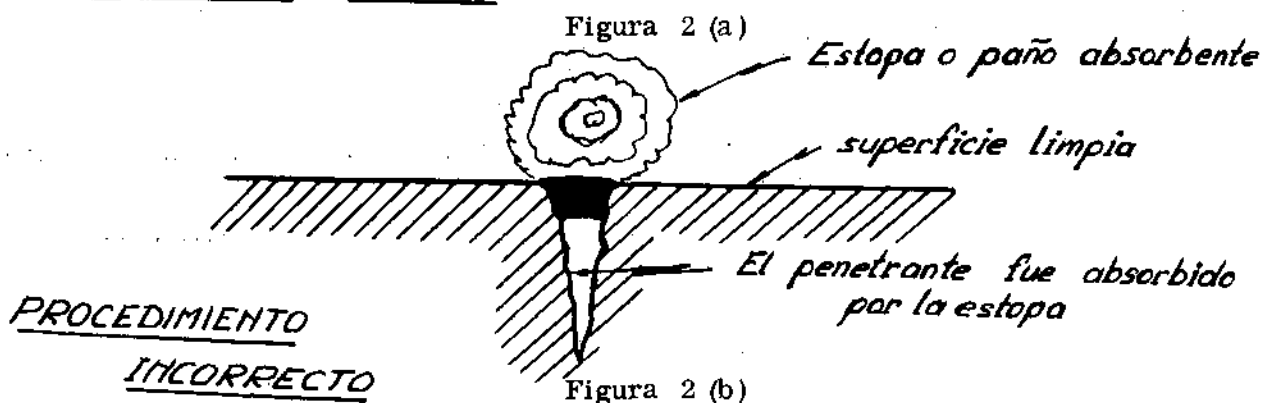
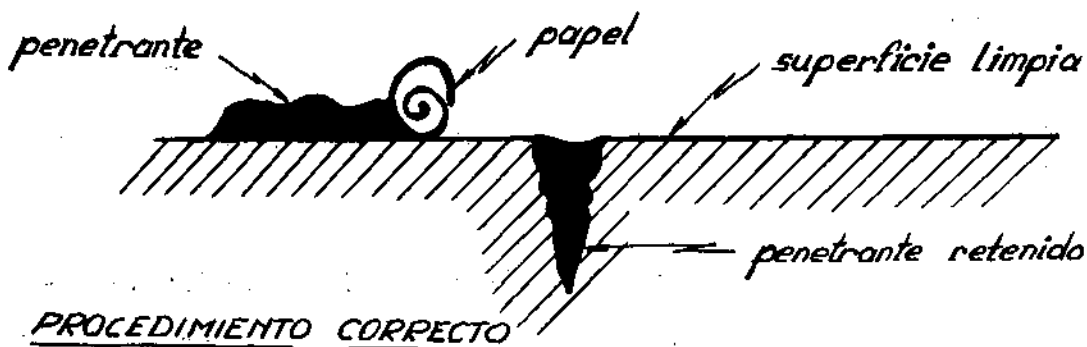
Por buen penetrante se entiende a aquel líquido, generalmente mezcla, que posee por lo menos las siguientes propiedades:

- 1) Facilidad de penetrar en aberturas muy finas.
- 2) No se evapora rápidamente.
- 3) Que pueda ser quitado de la superficie del metal con facilidad.
- 4) Que pueda ser empleado sobre la superficie del metal en capas o películas muy finas.
- 5) Ser inertes
- 6) Que pueda ser absorbido rápidamente por una fina película de polvo, tipo talco.
- 7) Que en lo posible no sea tóxico ni inflamable.

III - Remoción del Exceso de Penetrante.

La remoción del exceso de penetrante de la superficie del metal, es una operación delicada; de ser realizada incorrectamente, el ensayo fracasará.

Ya vimos en la teoría del método que hay necesidad de retirar, de la superficie del metal, el penetrante después de cierto tiempo, (denominado tiempo de penetración), pero no se debe retirar el penetrante del interior de la fisura. En la figura 2 (a) y (b) se muestra una superficie correctamente limpia y otra incorrectamente limpia del exceso de penetrante.



La remoción debe ser realizada con sumo cuidado, pues si parte del exceso queda retenido en la superficie de la pieza, dará lugar a posibles indicaciones erróneas.

Este paso en el método, constituye el gran problema del mismo.

Las características relacionadas con la facilidad que poseen para su remoción da lugar a la siguiente clasificación comercial de los líquidos penetrantes:

- 1) Removibles con agua.
- 2) Removibles con solventes comunes.
- 3) Removibles con solventes especiales
- 4) Removibles con emulsificación ulterior.

Es interesante hacer resaltar cuán importante es el estado y el terminado superficial de un metal a ser sometido a este ensayo y en particular, a la operación de "remoción".

Una superficie rugosa, ejemplo: cordón de soldadura, piezas fundidas, etc., exige una operación de limpieza bien estudiada, pues cuanto mayores sean las irregularidades sobre la superficie del metal, mayor dificultad habrá en la limpieza. No ocurre así en aquellas superficies maquinadas, rectificadas, etc.

Es evidente que ciertos tipos de discontinuidades, debido al valor de sus dimensiones, no retendrán el penetrante durante la operación de remoción, aún prestando especial cuidado en la misma; además estas discontinuidades, que van desde 4 a 20 milímetros de diámetro o abertura, son visibles a simple vista y detectadas, por lo tanto, en el ensayo visual. (figura 3.)

IV - Aplicación del Revelador

El revelador, como ya se dijo, no es nada más que un talco, polvo muy fino, y que luego de la operación de remoción es aplicado sobre la superficie ya seca del metal o pieza a inspeccionar.

Su función, como ya sabemos, es la de absorber el penetrante del interior de las discontinuidades superficiales o de aquellas que asoman a la superficie y extenderlo en la superficie a cada lado de la discontinuidad, formando las indicaciones que permitan detectar el o los defectos y por lo tanto formular la interpretación de ensayo.

Por lo dicho, el revelador amplía la indicación.

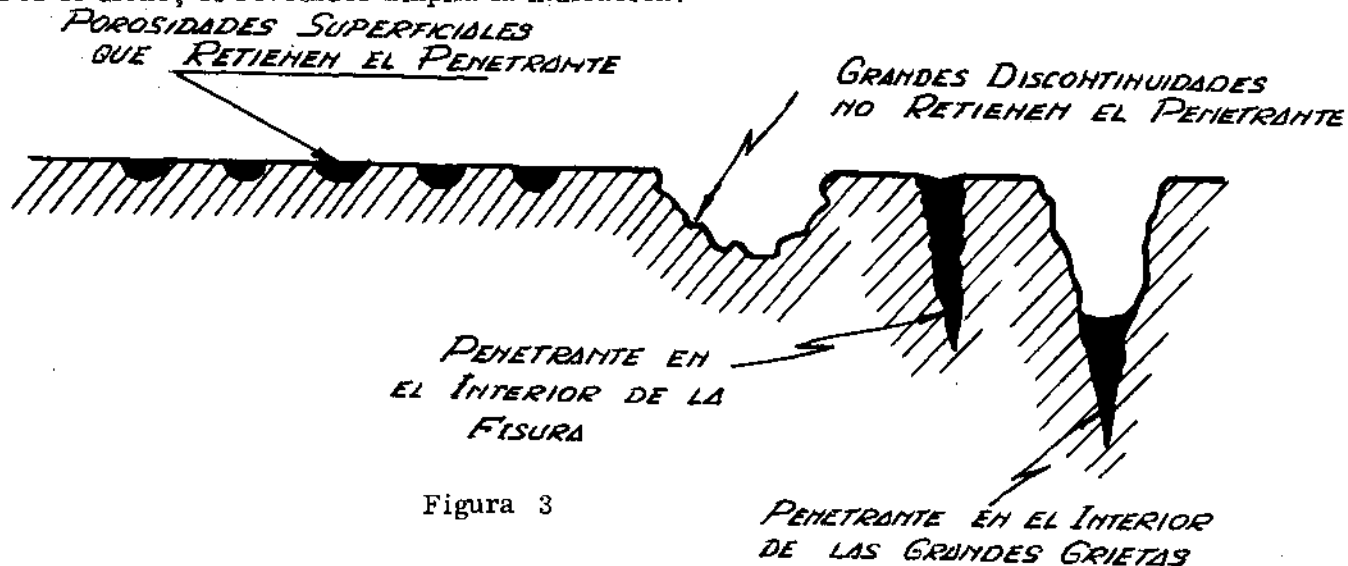


Figura 3

El revelador puede ser usado con tres diferentes técnicas:

- a) revelador seco
- b) revelador húmedo
- c) revelador en suspensión en líquidos de secado rápido.

Todos estos reveladores poseen aproximadamente la misma sensibilidad.

El revelador seco está constituido por un polvo blanco muy fino, el que se aplica sumergiendo la pieza en una batea o recipiente que lo contenga.

El revelador húmedo consiste en una suspensión de talco o polvo en un líquido volátil o de secado rápido (alcohol, éter, etc.). Este tipo de revelador puede ser aplicado mediante pulverizadores, pincel o por inmersión de la pieza en un recipiente que lo contenga.

Es importante el espesor de la película de revelador depositada sobre la superficie de la pieza; cuanto más fina sea mayor la sensibilidad alcanzada.

El revelador una vez aplicado es dejado para que se seque, dependiendo el tiempo de secado de una serie de factores, a saber:

- a) tipo de líquido revelador usado
- b) humedad del ambiente
- c) corriente de aire
- d) espesor de la película de revelador
- e) etc.

V - Inspección e interpretación.

Una vez aplicado el revelador, algunos minutos después se inicia la absorción, que en el primer instante es lenta y por consiguiente, se debe de esperar un mínimo de 5 minutos o más para iniciar cualquier inspección.

Es común ver al inspector inexperto en este método, aplicar el revelador y luego declarar que no hay discontinuidades, cuando después de un instante o minutos, comienzan a "brotar las indicaciones".

También suele ocurrir que no se ha operado correctamente en la "remoción del exceso de penetrante", dejando algunas zonas de la pieza con líquido penetrante, el cual, al aplicar el revelador provoca muchas indicaciones falsas enmascarando las reales indicaciones sin permitir una interpretación.

En este caso se procede a una nueva limpieza.

En general, una indicación de fisura aparece y crece en largo y ancho, a medida que el revelador se va secando y absorbiendo al líquido penetrante.

Sólo un inspector muy experimentado puede obtener "idea" de la profundidad de la fisura.

AREA DE APLICACION DEL METODO

El método de los líquidos penetrantes, con todas sus técnicas, es aplicable a todos los materiales homogéneos, excepto aquéllos de una naturaleza generalmente porosa, por las razones ya vistas.

Los líquidos penetrantes son por lo tanto adaptados a la inspección de todo tipo de superficies fisuradas porosas y con cualquier clase de discontinuidades abierta a la superficie o superficiales.

Se ha usado con excelentes resultados sobre materiales ferrosos y no ferrosos, cerámicas, productos de metal sinterizado, vidrio, plásticos y materiales sintéticos.

Otras de las grandes aplicaciones del método es la determinación de estanqueidad en recipientes.

Se coloca el líquido dentro del tanque o en las paredes interiores del recipiente, dependiendo esto del tamaño o sea del volumen del mismo. Luego de un tiempo, se coloca el revelador en las paredes exteriores.

De existir discontinuidades pasantes se formarán indicaciones en el revelador.

Esta técnica es muy eficaz para recipientes de hasta 5 milímetros de espesor.

TIPOS DE PENETRANTES

Los líquidos penetrantes empleados actualmente admiten, según sus peculiaridades, la siguiente clasificación:

- a) la manera de indicar la discontinuidad
- b) la manera de cómo es removido de la superficie

En cuanto al índice (a), puede ser por medio de sustancias colorantes o fluorescentes. El penetrante que contenga sustancias fluorescentes es utilizado para detectar discontinuidades bajo luz ultravioleta o negra. (longitud de onda: $(1) = 3600 \text{ A}^\circ$)

Con respecto al índice b) puede dar lugar a las siguientes técnicas:

- a) remoción con agua.
- b) remoción con agua después de la emulsificación del penetrante
- c) remoción con solventes especiales.

La NORMA A.S.T.M. E-165-63 (publicada en 1965) clasificó a los líquidos penetrantes más comunes, de la siguiente forma:

A) Penetrante fluorescente (visible sobre acción de luz negra)

A-1) Removibles con agua

A-2) Removibles con agua, después de la emulsificación (penetrantes con emulsificación ulterior)

A-3) Removibles con solventes especiales

B) Penetrantes con colorante (visible con luz natural)

B-1) Removible con agua

B-2) Removible con agua después de la emulsificación (penetrantes con emulsificación ulterior)

B-3) Removible con solventes especiales.

PARTICULARIDADES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE PENETRANTE

Penetrantes fluorescentes lavables con agua - Tipo A-1.

Estos penetrantes son de base oleosa, conteniendo ya un emulsificador lo que permite que sean removibles con agua.

Poseen excelentes propiedades de penetración en lo que atañe a pequeñas discontinuidades, pero son considerados de sensibilidad media debido a la presencia en ellos, del emulsificador. Con respecto a los que no lo contienen, no obstante este hecho, los hace muy prácticos.

Son lo suficientemente estables y mantienen sus propiedades de penetración durante mucho tiempo, pero debido al emulsificador producen, en general, irritaciones en la epidermis si no se tienen precauciones al trabajar con ellos.

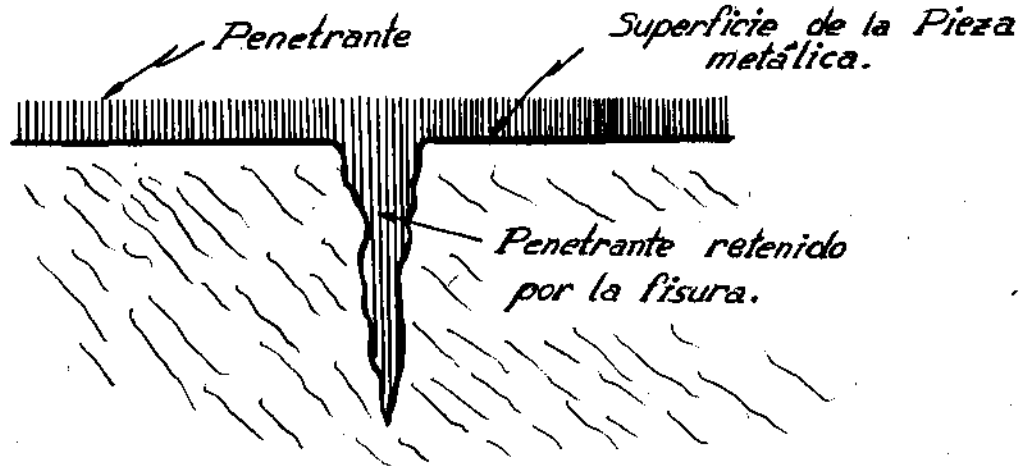
El tiempo de penetración varía con el material a ser inspeccionado, con el procedimiento mecánico utilizado y el tipo de discontinuidad que se desea detectar. En la Tabla N° 1 (Norma A.S T M. E - 165-63) se dan algunos valores de tiempo, en función de los factores ya enunciados.

Penetrantes fluorescentes con emulsificación posterior. Tipo A. 2

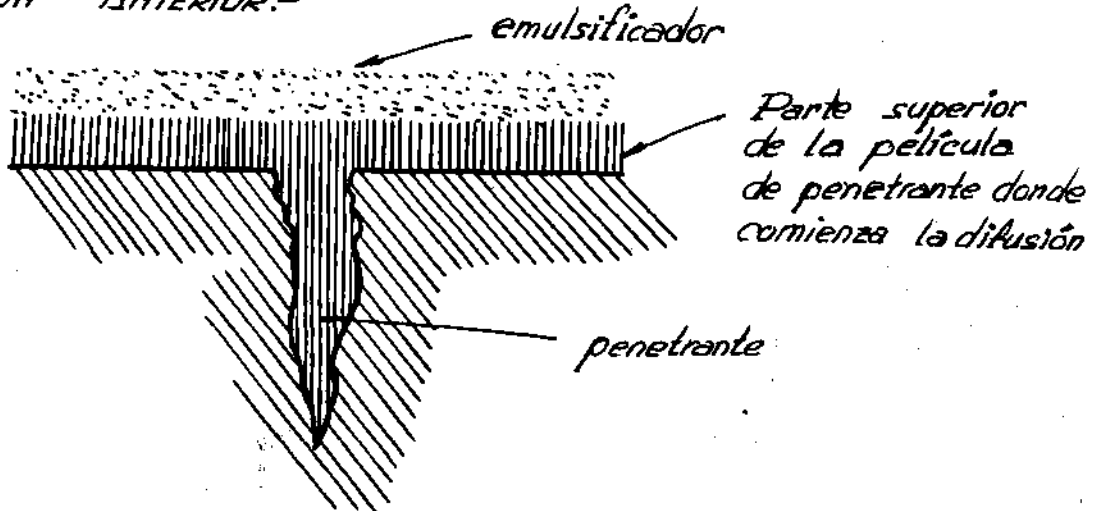
Estos penetrantes poseen frente a los anteriores las siguientes ventajas:

- 1) mayor sensibilidad
- 2) mayor poder de penetración
- 3) facilidad de detección de discontinuidades poco profundas. Por ejemplo: marcas de herramientas.
- 4) mejores resultados en piezas re-inspeccionadas (sometidos a ensayos anteriores por cintas penetrantes)

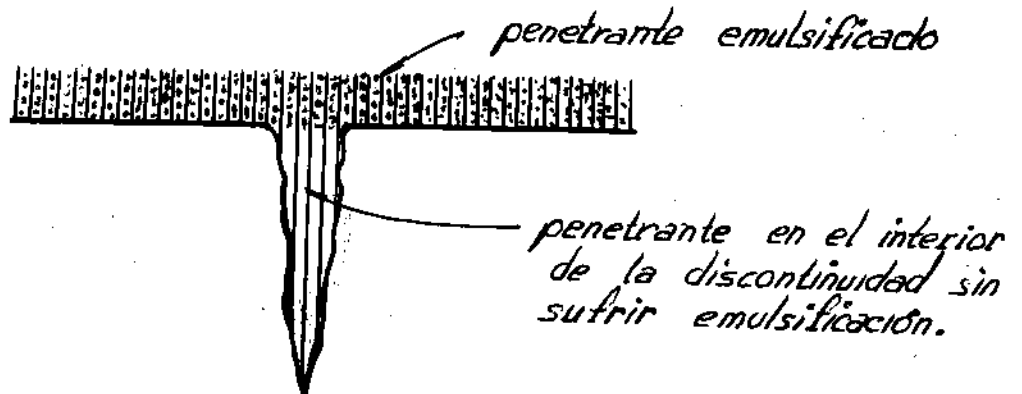
Al no constituir mezcla con algún emulsificador, no son removibles con agua; para serlo, exigen una operación previa; la pieza debe ser sometida a la acción de un emulsificador, después de ser tratada con el penetrante y antes de ser lavada, para remover a éste. Figura 4.



a) SUPERFICIE de la PIEZA con UNA PELICULA de PENETRANTE de EMULSIFICACION ANTERIOR.-



b) EMULSIFICADOR APLICADO SOBRE la PARTE SUPERIOR de la PELICULA de PENETRANTE.-



c) EXESO de PENETRANTE EMULSIFICADO

Figura 4

El restó del proceso del ensayo es similar a los anteriores.

Los tiempos de penetración recomendados para estos penetrantes son mucho menores. La Tabla N° 2 extraída de la Norma A S.T.M. da idea de éstos.

Penetrantes fluorescentes removibles con solventes, Tipo A-3 .

Estos penetrantes son utilizados en los equipos portátiles de ensayo; suelen ser presentados, comercialmente, en recipientes de tipo "Spray".

Se los emplea para inspecciones de mantenimiento en equipos o máquinas, en estructuras, fábricas, etc., y en general en aquellos lugares donde los otros tipos ya vistos no pueden ser usados.

La remoción del penetrante se lleva a cabo pulverizando el solvente sobre la superficie de la pieza, cubierta por el penetrante, y limpiando rápidamente con un paño no absorbente. Es muy importante utilizar la cantidad correcta de solvente para la remoción, pues demasiada cantidad podría traer la remoción del penetrante retenido en las discontinuidades.

Los tiempos de penetración son los aconsejados en la Tabla N° 2.

Penetrantes colorantes removibles con agua - Tipo B-1

Estos penetrantes son perfectamente visibles a la luz natural y en general el colorante usado suele ser de color rojo bermellón y para tener éxito en la inspección se debe asegurar que la pieza quede cubierta por una fina película.

Si se usa la técnica de inmersión, se debe tomar la precaución de evitar la formación de burbujas de aire en la superficie de la pieza, pues tales burbujas impedirán que el penetrante entre en contacto con la superficie. En el caso que se formen con sólo rotar la pieza sumergida, dichas burbujas se desprenderán.

Los tiempos de penetración son los recomendados en la Tabla N° 1.

Penetrantes colorantes con emulsificación posterior. Tipo B-2

Están constituidos por colorantes visibles a la luz natural y solventes de elevado poder de penetración.

Pero a diferencia con el tipo B-1, estos penetrantes no son removibles con agua si previamente no se los emulsifica. Realizada esta operación, el exceso de penetrante puede ser quitado con un chorro de agua.

Estos penetrantes son los de mayor sensibilidad del grupo de los visibles a la luz natural.

La aplicación del emulsificador puede realizarse por inmersión o de cualquier otra forma.

Esta operación deberá durar un tiempo que dependerá de la condición superficial de la pieza y el lavado será realizado con mucho cuidado para evitar que queden restos de penetrante sobre la superficie de aquélla; se recomienda hacerlo con agua a 2 kg/cm²

de presión, no más pues habría peligro de practicar un superlavado, el cual eliminaría el penetrante retenido en las discontinuidades. Tiempo de penetración: Ver Tabla Nº 2.

Penetrantes con colorantes. Removibles con solventes. Tipo B-3

Al igual que los penetrantes A-3, éstos, visibles a la luz blanca, no son removibles con agua, sino que lo son con solventes. Esta operación procede a la de aplicación del penetrante.

Son aplicables en todos aquellos casos donde los anteriores no lo pueden ser; ya sea por falta de agua para la remoción o bien porque el tamaño de las piezas a inspeccionar no permiten los métodos anteriores.

Generalmente se presentan comercialmente en recipientes tipo "Spray", de uso muy práctico en inspección de mantenimiento.

La remoción se efectúa con solvente que se pulveriza sobre el penetrante después que ha transcurrido el tiempo de penetración (*) y se saca el exceso de éste con ayuda de un paño no absorbente o "toallas de papel" mojadas en solvente.

Selección de las técnicas.

La selección correcta de una técnica de inspección por los métodos de tintas penetrantes, depende de muchos factores y es privativa de la capacidad del personal especializado.

La selección debe tener presente los siguientes factores (como mínimo):

- 1) Sensibilidad deseada.
- 2) Número de piezas a inspeccionar
- 3) Tipo de inspección.
- 4) etc.

La Tabla Nº 3 nos ofrece algunas recomendaciones al respecto; Además en las tablas Nros. 4, 5 y 6 se enumeran las ventajas y desventajas de los distintos tipos de penetrantes. También se adjuntan los organigramas de las distintas técnicas normalizadas por A. S. T. M. E-165-63. -

(*) Ver Tabla Nº 2. -

T A B L A N^o 1

TIEMPOS DE PENETRACION PARA LOS PENETRANTES REMOVIBLES CON AGUA
Técnicas A-1 y B-1 (ASTM. E-165-63) Volumen 31 - Mayo 1965.

M A T E R I A L	Tipo de Procesamiento	Discontinuidades	Tiempos de penetración (minutos)
ALUMINIO	Fundidos	Porosidad	5 - 15"
		Falta de estanqueidad	5 - 15"
	Extruídos y forjados	Pliegues	30 "
	Soldaduras	Falta de fusión	30 "
		Porosidad	30 "
Todos los tipos	Grietas o fisuras	30 "	
MAGNESIO	Fundidos	Porosidad	15 "
		Falta de estanqueidad	15 "
	Extruídos y forjados	Pliegues	30 "
	Soldaduras	Falta de fusión	30 "
		Porosidad	30 "
Todos los tipos	Grietas o fisuras	30 "	
ACEROS	Fundidos	Porosidad	30 "
		Falta de estanqueidad	30 "
	Extruídos y forjados	Pliegues	60 "
	Soldaduras	Falta de fusión	60 "
		Porosidad	60 "
Todos los tipos	Grietas o fisuras	30 "	
BRONCES Y LATONES	Fundidos	Porosidad	10 "
		Falta de estanqueidad	10 "
	Extruídos y forjados	Pliegues	30 "
	Soldaduras	Falta de fusión	15 "
		Porosidad	15 "
Todos los tipos	Grietas o fisuras	30 "	

T A B L A N º 2

**TIEMPOS DE PENETRACION PARA PENETRANTES DE EMULSIFICACION POSTERIOR
Y DE LOS PENETRANTES REMOVIBLES CON SOLVENTE**

Técnicas: A-2; A-3; B-2; B-3 - Norma A.S.T.M. - E.165 - 63 - Vol. 31

M A T E R I A L	Tipo de Proce- samiento	Discontinuidades	Tiempos de pene- tración (minutos)
ALUMINIO	Fundido	Porosidad	5
		Falta de estanqueidad	5
	Extruídos y forjados	Pliegues	10
	Soldaduras	Falta de fusión	5
		Porosidad	5
Todos los tipos	Grietas o fisuras	10	
MAGNESIO	Fundido	Porosidad	5
		Falta de estanqueidad	5
	Extruídos y forjados	Pliegues	10
	Soldaduras	Falta de fusión	10
		Porosidad	10
Todos los tipos	Grietas o fisuras	10	
ACERO	Fundido	Porosidad	10
		Falta de estanqueidad	10
	Extruídos y forjados	Pliegues	10
	Soldaduras	Falta de fusión	20
		Porosidad	20
Todos los tipos	Grietas o fisuras	20	
HERRAMIENTAS PASTILLAS		Falta de Fusión	5
		Porosidad	5
		Grietas o fisuras	20
BRONCES Y LATONES	Fundido	Porosidad	5
		Falta de estanqueidad	5
LATONES	Extrusión y forja	Pliegues	10
	Soldadura (Brogin)	Falta de fusión	15
		Falta de fusión	15
Todos los tipos	Grietas o fisuras	10	
TITANIO Y ALEACIO- NES DE ALTA TEMPE- RATURA	Todos los tipos	-	20 - 30

RECOMENDACION PARA ELECCION DE LA TECNICA CORRECTA

PROBLEMA ESPECIFICO DE INSPECCION	TECNICA RECOMENDADA	OBSERVACIONES
Producción de gran número de piezas pequeñas	A-1	Operación con cestos metálicos
Producción de gran número de piezas grandes	A-2 o B-1	Piezas forjadas o extruidas, etc.
Gran sensibilidad o discontinuidad mínima	A-2 ₃	Indicaciones muy claras y visibles.
Discontinuidades poco profundas. Rayos.	A-2	Cuidado en el proceso de emulsificación.
Piezas con superficies rugosas.	A-1	Deberá estudiarse la técnica de lavado.
Resacas. Chaveteras. etc.	A-1 y B-3	-
Piezas con superficie medianamente rugosa	A-1 y A-2	La elección depende del número de piezas a inspeccionar y de la sensibilidad deseada.
Inspecciones locales en piezas grandes	A-3 o B-3	Depende la elección de las condiciones locales y de la sensibilidad deseada
Piezas anodizadas. Rayadas	A-1, A-2 o B-2	-
Inspección en locales sin energía ni agua	B-3	-
Ensayos en recipientes de paredes finas	A-3 o B-3	-

T A B L A N º 4
V E N T A J A S Y D E S V E N T A J A S D E L A T E C N I C A A - 1

V E N T A J A S	D E S V E N T A J A S
1) Indicaciones brillantes por efecto de la fluorescencia .	1) No es bueno para detectar rayos o discontinuidades poco profundas .
2) Fácilmente removibles con agua	2) Sufre la acción de los ácidos y cromatos
3) Rápido . Economfa de tiempo	3) Las superficies metálicas anodizadas pueden afectar la sensibilidad .
4) Fácilmente adaptables a gran número de piezas .	4) la re-inspección baja la sensibilidad
5) Buen comportamiento para superficies rugosas	5) Muy susceptible de salir del interior de las discontinuidades con el super lavado .
6) Bueno para roscas y chaveteros	6) Necesita ser inspeccionado bajo luz negra
7) Económico	7) Necesita largos tiempos de penetración .

T A B L A N º 5
V E N T A J A S Y D E S V E N T A J A S D E L A T E C N I C A A - 2

V E N T A J A S	D E S V E N T A J A S
1) Indicaciones más brillantes que los anteriores	1) Operación de emulsificación posterior a la aplicación del penetrante .
2) La fluorescencia garantiza la visibilidad	2) Equipo adicional para el emulsificador .
3) Alta sensibilidad para pequeñas discontinuidades	3) No es muy buena cuando es aplicada a roscas , chaveteros o superficies rugosas .
4) Buena para discontinuidades poco profundas .	4) Materiales más caros .
5) Fácilmente lavable con agua después de la emulsificación .	5) Materiales (algunos) inflamables .
6) Alto rendimiento	-
7) Cortos tiempos de penetración	-
8) No son en general afectados por los ácidos , cromatos y superficies anodizadas .	-
9) Las piezas pueden ser fácilmente reinspeccionadas .	-
10) No son tan vulnerables a una operación de super-lavado .	-

T A B L A N º 6

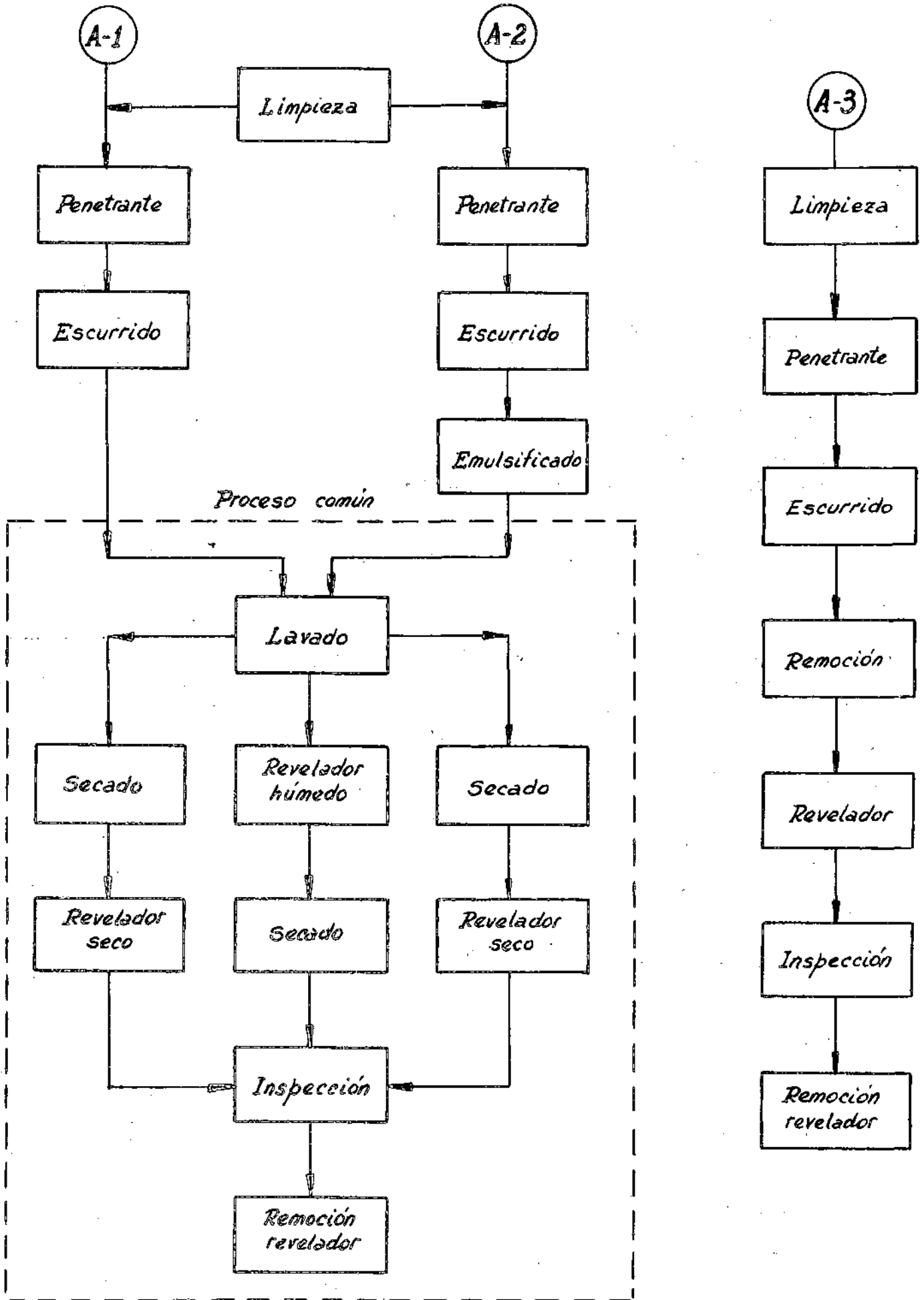
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TECNICA B-1

VENTAJAS	DESVENTAJAS
1) No hay necesidad de "luz negra"	1) No tiene sensibilidad para discontinuidades muy cerradas o pequeñas.
2) Muy portátil.	2) Las indicaciones tienen visibilidad limitada, menor que las Técnicas A.
3) Muy bueno para inspección de pequeñas zonas en piezas o mantenimiento de equipos.	3) Algunos materiales son inflamables.
4) Las piezas pueden ser re-inspeccionadas	4) Exige más número de horas-hombre.
5) No sufre influencias cuando se inspeccionan superficies metálicas anodizadas.	5) Hay ciertas dificultades en usarlos sobre superficies rugosas.
6) Pueden acompañar la reparación de piezas a la luz natural.	6) Los penetrantes no deben ser usados en tanques abiertos.
	7) Tiempo de penetración largo

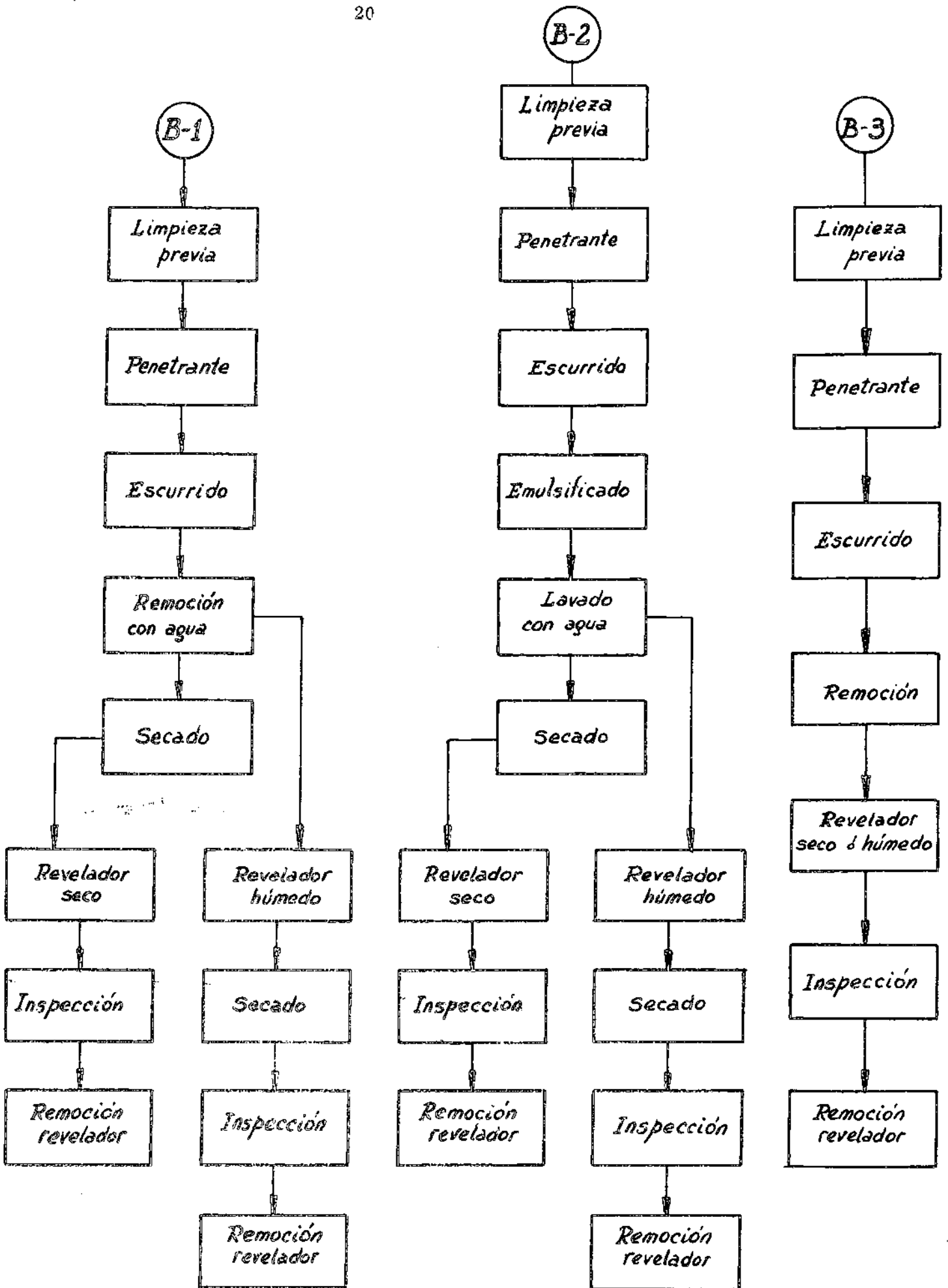
T A B L A N º 6

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TECNICA B-2

VENTAJAS	DESVENTAJAS
1) No hay necesidad de luz negra	1) La operación de emulsificación es una operación separada.
2) Portátil	2) La emulsificación ulterior exige equipo adicional.
3) Muy buena sensibilidad, mayor que las técnicas B-1 y menor que las técnicas A-1 y A-2	3) No es tan buena como la técnica A-1, cuando es realizada sobre roscas, chaveteros y superficies rugosas.
4) Buena para detectar discontinuidades poco profundas.	4) Es más caro que B-1
5) Fácilmente lavable con agua después de la emulsificación.	5) Algunos penetrantes son inflamables.
6) Buen rendimiento, especialmente para piezas grandes.	-
7) En general no son afectados por los ácidos y superficies anodizadas.	-
8) Las piezas pueden ser fácilmente re-inspeccionadas.	-
9) No son tan vulnerables a una operación de super-lavado.	-



ORGANIGRAMA DEL PROCESO DE LAS TECNICAS: PENETRANTES FLUORESCENTES
 Norma : A.S.T.M. E-165-63 .



ORGANIGRAMA DEL PROCESO DE LAS TÉCNICAS: PENETRANTES VISIBLES
 Norma: A.S.T.M. E-165-63 .