

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
2436-87**

**GUIA RECOMENDADAS PARA
PRUEBAS RADIOGRAFICAS.**



TRAMITE:

COMITE CT22: ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

PRESIDENTE: Dr: LUIS LOZANO

VICEPRESIDENTES: Ing: LEOPOLDO FINOL

Ing: JORGE BUSATO

SECRETARIO: Ing: CRUZ CARABALLO

COORDINADORES: Ing: SILVANA CUSATI

Ing: MAXIMO ARIAS

Ing: CARLOS ORIGUEN

Ing: CRUZ CARABALLO

PARTICIPANTES

ENTIDAD

PEQUIVEN - EL TABLAZO

SIDOR

COVEIN

PEQUIVEN - MORON

NIVALDO ASOCIADOS

LAGOVEN

CANTV

INELECTRA

TECNO. CONSULT.

VAN DAM. C.A

DU PONT DE VENEZUELA

AGFA GEVAERT DE VENEZUELA

REPRESENTANTE

IVAN BARBOZA T.

BIANNEY GUEVARA

VICTOR MARTINEZ

MARIO VILLAMIZAR

REINA CACERES

MIGUEL ALBERTO

CRISPULO GRANDA

ANIBAL CARDENAS

BORIS BERSTEIN

VICTOR JIMENEZ

FREDDY PARDO

ORLANDO HERRERA

1 NORMAS COVENIN A CONSULTAR

COVENIN	2221-84	Ensayos no destructivos. Radiografía industrial. Terminología
COVENIN	2437-87	Guía recomendada para controlar la calidad de pruebas radiográficas.
COVENIN	2258-87	Vigilancia Radiológica. Requisitos mínimos.
COVENIN	2259-87	Radiaciones Ionizantes. Límites anuales de dosis equivalentes.
COVENIN	2257-87	Radiaciones ionizantes. Clasificación de las condiciones y zona de trabajo.
COVENIN	2026-87	Transporte de bultos y equipos que contengan material radiactivos. Requisitos.

2 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

2.1 La presente norma establece una guía para ejecutar pruebas radiográficas satisfactorias. Los lineamientos acerca de las prácticas referidas son dados sin discutir el respaldo técnico que los determinan. Se incluye una bibliografía sobre varios textos acerca de radiografía industrial para información adicional sobre la materia.

2.2 El campo de aplicación de esta norma incluye tipos de materiales a ser inspeccionados técnicas de pruebas radiográficas, métodos de producción: selección de película radiográfica. procesado. visualización. almacenaje y mantenimiento de los registros de inspección. Esta guía es aplicable generalmente a todo los materiales. procesos y técnicas disponibles. dentro de las condiciones actuales del arte radiográfico.

2.3 Esta norma no establece criterios de aceptabilidad para ningún material o proceso de producción. Sin embargo, el uso de esta guía deberá producir resultados óptimos reproducibles para servir como base a fin de establecer normas de aceptación. La radiografía. ya sea ejecutada por un método de Rayos-X o Rayos-Gamma. será consistente en sensibilidad y resolución. solamente si el efecto de todos los detalles de las técnicas tales como geometría, película, filtración, etc. son obtenidos y mantenidos a través de los procedimientos establecidos en esta guía.

2.4 La presente norma no contempla

2.4.1 Lo relativo protección contra los Rayos-X y Rayos-Gamma. Para información sobre este aspecto podrá referirse a las normas Venezolanas COVENIN 2258 y 2259.

2.4.2 Lo relativo a la clasificación de las condiciones y zona de trabajo. Para información sobre este aspecto podrá referirse a la Norma Venezolana COVENIN 2257.

2.4.3 Lo relativo a transporte de bultos y equipos que contengan materiales radiactivos para información sobre este aspecto podrá referirse a la Norma Venezolana COVENIN 2026.

3 DEFINICIONES

3.1 FACTORES DE EQUIVALENCIA RADIOGRAFICA

Es el factor por el cual el espesor del material deberá ser multiplicado para determinar que espesor de un material de referencia (a menudo acero) tendrá la misma absorción.

3.2 Otros términos relativos a esta norma están definidos en la norma Venezolana COVENIN 2221.

4 EQUIPOS E/O INSTRUMENTOS

4.1 INDICADORES DE CALIDAD DE IMAGEN (I.C.I)

4.1.1 El I.C.I es un dispositivo empleado para obtener en una radiografía evidencia de que la técnica usada fue satisfactoria. La intención de su empleo no es la de juzgar el tamaño de las discontinuidades ni tampoco para establecer límites de aceptación para materiales o productos, pero si para aceptar la calidad de la placa radiográfica. El I.C.I está construido con un material radiográficamente similar al objeto bajo inspección y su espesor es normalmente del 2% del espesor del objeto. El diámetro de los agujeros está en el rango de 1T, 2T y 4T al espesor T del I.C.I. Los diferentes niveles de calidad están dados en la tabla 1.

4.1.2 El primer número con el que se designa el nivel de calidad, se refiere al espesor del I.C.I expresado como un porcentaje del espesor de la muestra, el segundo número se refiere al diámetro del agujero del I.C.I, el cual deberá ser mostrado, expresado como un múltiplo del espesor del I.C.I.

4.1.3 El término "Sensibilidad equivalente del I.C.I" según se muestra en la tabla 1, es alcanzado al aceptar la definición de que un agujero del 4% en un I.C.I del 2% es equivalente al 2% (Ver COVENIN 2437). Si esto es aceptado entonces todas las sensibilidades equivalentes listadas son relativas. Una llamada de atención aquí podría ser que al comparar las "sensibilidades equivalentes" mostradas en esta tabla, con sensibilidades que deberán ser alcanzadas por otros tipos de penetrámetros o "indicadores de calidad de imagen cabe señalar aquí que se deberá establecer una base común.

4.2 PELICULA

4.2.1 Las películas para Rayos-X industriales que usualmente han demostrado ser satisfactorias para varias clases de trabajos radiográficos de producción, están dados en la tabla 2. Sin embargo, no es posible establecer reglas acerca de la selección de películas ya que esto depende de factores tales como el nivel de calidad radiográfico (Ver COVENIN 2437) y el tiempo de exposición máximo económicamente permisible.

4.2.2 La selección de la película para un nivel mínimo de calidad radiográfica 2-2T para algunos metales comunes a varios niveles de energía de fuentes de radiación, están dadas en la tabla 3. En general, cuando se desea un incremento en la velocidad será deseable emplear un tipo de película con un número más alto que el dado en la tabla 3 y cuando se desea una mejoría en la calidad radiográfica se seleccionará un tipo de película con un número menor.

4.3 MARCADORES DE IDENTIFICACION

La identificación deberán ser de un material de número atómico y del suficiente espesor para un buen contraste radiográfico. Si se colocan sobre un área de exposición gruesa, puede requerirse la adición de una placa de metal de tal forma que se obtenga una imagen legible en la radiografía.

4.4 FILTROS

Los filtros constituido de una película uniforme de material; usualmente de un número atómico mayor que el de la probeta, colocados entre la fuente de radiación y la película, cuya función específica es absorber preferentemente la radiaciones blandas. Los filtros colocados en la fuente de radiación eliminan los componentes blandos de la radiación primaria y por lo tanto actúan como reductores del contraste radiográfico. Los filtros colocados entre la probeta y la película absorben principalmente la radiación secundaria de la probeta. Deberá observarse que las pantallas intensificadoras (véase 4.6) satisfacen esta función. Los filtros en cualquiera de las dos posiciones reducen la intensidad de la radiación primaria no atenuada, la cual puede impresionar la película alrededor del contorno de las probetas de forma irregular y por lo tanto, puede reducir la definición producida por la radiación secundaria. Así los filtros en la fuente de radiación o entre la probeta y la película, frecuentemente mejoran la calidad radiográfica; su uso es recomendado siempre que éste sea el caso. La filtración máxima útil puede ser tanto como el valor de una capa hemireductora del material filtrante.

4.5 MASCARAS

Usadas para igualar la absorción de diferentes secciones; pero la pérdida de detalle puede ser alta en las secciones más delgadas.

4.6 PANTALLAS INTENSIFICADORAS

4.6.1 La acción intensificadora de estas pantallas, en contacto directo con la película, en algunos casos puede ser tan baja como un valor de 125 kV resultando una disminución en el tiempo de exposición. Además, la pantalla intensificadora colocada en frente de la película, preferentemente absorberá la radiación secundaria generada por la probeta (ver punto 4.4) mejorando la calidad radiográfica. Las pantallas intensificadoras disminuyen la radiación dispersa que llega a la película, independientemente de que las pantallas permiten una

Norma Venezolana COVENIN 2437.

El uso de los indicadores de calidad de imagen (ICI) diferente a lo establecido a esta norma queda a criterio del comprador y el vendedor. (ver Norma Venezolana COVENIN 2437).

El contenido del punto 5.1.1 no es aplicable COVENIN 1478,

5.2 FACTOR DE EQUIVALENCIA RADIOGRAFICO

Los factores de equivalencia radiográfica de varios de los metales más comunes están dados en la tabla 4, asignando arbitrariamente al acero un factor unitario. Los siguientes factores pueden ser usados:

5.2.1 Para determinar los límites prácticos de espesor para fuentes de radiación que se vayan a aplicar para otros materiales que no sean acero.

5.2.2 Para determinar los factores de exposición para un metal a partir de técnicas de exposición correspondientes a otros metales.

5.3 PROTECCION CONTRA LA RADIACION DE FONDO

5.3.1 La radiación de fondo pueden reducirse confinando el haz de radiación a la sección transversal más pequeña y colocando plomo detrás de la película. En algunos casos, ya sea por medio de la pantalla posterior de plomo o el plomo contenido en la parte de atrás de la funda o soporte de la película o ambos, proporcionan protección adecuada contra la radiación de fondo. En otras condiciones, esto puede ser complementado con un blindaje de plomo adicional detrás de la funda o soporte de la película.

5.3.2 En el caso de existir alguna duda sobre la adecuada protección contra la radiación de fondo, se deberá colocar un símbolo característico (frecuentemente es una letra B con espesor de 3,17 mm (1/8"), deberá ser colocado en la parte posterior de la funda o soporte de la película y radiografiar en forma normal. Cuando la imagen de este símbolo aparece en la radiografía, será un indicativo de la protección contra la radiación de fondo es insuficiente y deberá tomarse precauciones adicionales.

5.4 CONTRASTE RADIOGRAFICO

El contraste radiográfico depende del contraste de la película y del contraste del objeto.

5.5 DISTANCIA FUENTE-PELICULA

La distancia fuente-película necesaria para reducir la penumbra geométrica a un valor despreciable, depende de la película o la combinación película-pantalla, del tamaño del foco efectivo y de la distancia objeto-película. La penumbra, geométrica (p_g) está dada (ver fig. 2), por la siguiente ecuación:

$$p_g = \frac{Fe}{do}$$

En donde

P_g (mm) = penumbra geométrica.

F (mm) = tamaño del foco efectivo.

e (pulg) = espesor simple de la pared de la probeta.

do (pulg) = distancia fuente-objeto.

(Ejemplo ver anexo).

5.5.1 Debido a que la radiación - X o Gamma es divergente, la imagen radiográfica de un objeto o de una estructura dentro de un objeto, será ampliada. El grado de aumento crecerá con la disminución de la distancia del objeto a la fuente y con el aumento de la distancia entre el objeto (estructura) y la película (Fig. 2a).

5.5.2 Si la película no es paralela al objeto la imagen radiográfica se distorsionará porque las diferentes partes de la imagen se ampliarán en diferentes grados. Una medida del grado de distorsión está dada por la relación entre el tamaño de la imagen distorsionada y el de la imagen sin distorsión (Fig. 2b).

5.5.3 Puesto que el tamaño del foco efectivo "F" es usualmente fijo en una fuente de radiación dada, el valor P_g es esencialmente controlado por la relación do/e .

5.5.4 La aceptación final de las radiografías deberá basarse en la facilidad de ver la imagen del I.C.I indicado y del agujero especificado por ello, la fórmula para determinar la penumbra geométrica se incluye para información y guía y se opera dentro de los límites prácticos, pero es de menor consecuencia a medida que la relación do/e aumenta.

5.6 MARCAS DE IDENTIFICACION

5.6.1 Los marcadores de identificación se deben usar sobre las probetas para:

5.6.1.1 La identificación de la radiografía con la probeta de ensayo.

5.6.1.2 La demostración de que toda el área que requiera inspección ha sido cubierta. Un solo juego de marcadores cumple a menudo ambos propósitos.

5.6.2 La imagen de las marcas de ubicación para la coordinación de la parte con la película fotográfica, deberá aparecer en la película, de tal forma que sea evidente que toda la zona cubierta ha sido obtenida. Estas marcas deberán efectuarse sobre la parte y su posición deberá ser mantenida durante la radiografía.

5.6.3 Cuando los símbolos de identificación no son fácilmente reproducidos en las radiografías puede usarse un impresor de película antes de revelado para registrar permanentemente la identificación requerida. Tal impresor no deberá interferir con la interpretación subsecuente de las radiografías.

5.6.4 Dos marcas de aplicación deberán ser visibles por lo menos dos marcas de aplicación en cada radiografía para identificar el área o partes bajo examen.

Estas marcas deberán estar dentro del área que sea posible interpretar. Para radiografías subsecuentes una marca deberá ser común a radiografías adyacentes de tal forma que sea evidente que se haya obtenido un proceso radiográfico completo.

5.6.5 Las marcas pueden consistir de números o letras en secuencia.

5.6.6 Las partes que deben tener identificación permanente puede tener un número de serie marcado con una tinta especial, estampado o grabado con ataque químico. En cualquier caso, la parte deberá ser marcada en un área que no vaya a ser removida posteriormente en los procesos de fabricación. Si se usa un dado de estampado (troquel) deberá tenerse cuidado de prevenir una falla futura por fatiga, fractura o rotura. La superficie de la parte con menor esfuerzo deberá ser empleada para este marcado. Cuando el marcado de la parte no está permitido, se recomienda éste en el dibujo de referencia.

5.6.7 Cuando el ICI se coloque del lado de la película, una letra F de plomo de un tamaño similar al del número de identificación del ICI deberá ser colocada adyacente al mismo.

6 PROCEDIMIENTO

6.1 PROCESAMIENTO DE PELICULAS

Es esencial un máximo cuidado en los métodos de procesado para una inspección radiográfica adecuada. Los resultados obtenidos a través del empleo de equipos más costosos y las técnicas radiográficas más cuidadosas pueden ser anuladas por procedimientos de cuarto oscuro incorrectos o inadecuados. Los procesamientos de películas pueden ser:

6.1.1 Procesamiento automatizado

En el procesamiento automatizado los tiempos del tratamiento en las diferentes soluciones, la temperatura de las soluciones y el grado de agitación están controlados automáticamente, como lo están también la aportación de alimentadores de los diferentes tanques (estas cantidades deberán establecerse para cada instalación). Deberán seguirse las recomendaciones de los fabricantes tanto en las máquinas como de los productos químicos de procesado.

6.1.2 Procesamiento manual

Para el procesamiento manual de radiografías se establece de la siguiente forma:

6.1.2.1 Preparación.

No se deberá revelar más película de la que se pueda acomodar con un mínimo de 12 mm de separación entre los ganchos. Con las soluciones de procesamiento a una temperatura de 20 C (68 F), cárguese los ganchos de revelado y sigase el proceso descrito en los puntos 6.1.2.2 al 6.1.2.10 inclusive.

6.1.2.2 Tiempo de revelado.

Siga las indicaciones del fabricante para los tiempos de revelado. En ningún caso deberá excederse el tiempo máximo recomendado. Si las soluciones de procesado no

pueden ser mantenidas a 20 °C (68 °F) deberán seguirse cuidadosamente las instrucciones del fabricante para el ajuste del tiempo de revelado. (Véase el punto 6.1.2.1).

6.1.2.3 Indicación de revelado.

Con el reloj en marcha, reuna los ganchos y sumérjalos cuidadosa y suavemente en el revelador. Inmediatamente golpee varias veces las barras de los ganchos levemente dos o tres veces sobre el extremo superior del tanque para liberar cualquier burbuja de aire adherida a la emulsión. Luego separe los ganchos, dejando espacios entre ellos aproximadamente iguales con un mínimo de 12 mm entre sí. Las películas no se deberán tocar cuando estén dentro del revelador.

NOTA: Aunque una temperatura de 20 C (68 F) ha sido adoptada como la temperatura estándar para el revelado, algunas temperaturas ligeramente superiores o inferiores pueden ser empleadas con resultados similares si se hacen los cambios de compensación en los tiempos de revelado. Las recomendaciones sobre tablas tiempo-temperatura de revelado, rellenado o renovación de soluciones y prácticas específicas para ciertas películas, son dejadas a los fabricantes respectivos.

6.1.2.4 Agitado.

Un agitado aceptable es alcanzado si las películas se agitan verticalmente, horizontalmente y movidas de uno a otro lado del tanque por unos cuantos segundos cada minuto, durante el curso de revelado. El agitado del revelador por medio de agitadores manuales o bombas de circulación deberán ser evitados. En cualquier tanque que contenga ganchos cargados con película, es casi imposible evitar el flujo uniforme del revelador a lo largo de ciertas trayectorias, estas condiciones de flujo uniforme pueden dar lugar a un revelado menos uniforme que el ocasionaría la ausencia de agitado.

6.1.2.5 Baño o enjuague.

Una vez que se ha completado el revelado, la actividad del revelador remanente en la emulsión deberá ser detenida por un baño ácido o, si esto no es posible, prolongando el enjuague de la película en agua corriente limpia. Deberán seguirse rigurosamente las recomendaciones del fabricante de la película, en cuanto a la composición del baño (o en cuanto a la duración de la alternativa de agua corriente), al tiempo de inmersión y vida útil del baño.

6.1.2.6 Fijado.

Los ganchos deberán agitarse verticalmente aproximadamente por 10 segundos y nuevamente al final del primer minuto, para asegurar un fijado uniforme y rápido. Manténgalos en el fijador hasta terminar el fijado, esto es, por lo menos el doble del tiempo requerido, pero nunca más de 15 min, en fijador relativamente fresco. El agitado frecuente, acortará el tiempo de fijado. Las películas no deberán tocarse entre sí dentro del fijador.

Nota: El agua es de importancia básica. Muchas veces será necesario colocar filtro (s) en las líneas para garantizar un revelado adecuado. Otras veces sera necesario inclusive utilizar agua filtrada de botella (sedimentación).

6.1.2.7 Neutralizado del fijador.

El uso de un hipoeeliminador o neutralizador de fijador puede ser ventajoso entre el lavado y el fijado. Estos productos permiten una reducción tanto de tiempo como la cantidad de agua necesarias para un lavado efectivo. Las recomendaciones del fabricante en cuanto a la preparación, uso y vida útil de los baños deberán observarse rigurosamente.

6.1.2.8 Lavado.

La eficiencia del lavado disminuye rápidamente con la reducción de la temperatura y es muy baja a temperaturas inferiores de 15,5 C (60 F). Por otro lado, bajo condiciones climatológicas cálidas, es especialmente importante sacar la película del tanque en cuanto se termina con el lavado, ya que la gelatina tiene una tendencia considerable a suavizarse con un lavado prolongado en agua con temperatura de más de 20 C (68 F). Por lo tanto, si es posible, la temperatura del agua de lavado deberá mantenerse entre 18 y 21 C (65 y 70 F). Se recomienda que el flujo de agua en el tanque de lavado y el tiempo de lavado no sea menor que lo indicado en la tabla 5. Las películas deberán colocarse en el tanque de lavado cerca del extremo de salida. Conforme se vayan colocando nuevas películas en el tanque de lavado, muévalas parcialmente lavadas hacia el extremo de entrada del tanque que, de tal manera que la parte final del lavado se haga en agua fresca no contaminada. El método de lavado de cascada usa menos agua y da un mejor lavado para el mismo intervalo de tiempo. En este método, el comportamiento de lavado está dividido en dos secciones. Las películas que vienen del baño de fijado, son colocadas primero en el comportamiento de salida y después de lavarse parcialmente se pasan al comportamiento de entrada en donde se completa el lavado con agua fresca. Después del lavado, las películas pueden enjuagarse en un baño con preventivo contra manchas de agua (agente humectante) durante aproximadamente un minuto para facilitar el escurrido de las películas y minimizar la adherencia de gotas de agua.

6.1.2.9 Concentración del fijador.

Las concentraciones permisibles de fijador residual, dependerán de si las películas serán conservadas para fines comerciales (3 a 10 años) o deberán ser de calidad de archivo. Un procesamiento con calidad de archivo es deseable para todas las radiografías, siempre que la humedad relativa media y la temperatura, tengan probabilidad de ser excesivas como en el caso de climas tropicales o semitropicales.

6.1.2.10 Secado.

Las películas deberán dejarse en sus ganchos para su secado. Los soportes de los ganchos deberán sostenerlos rigidamente para que las películas no se toquen entre sí durante el tiempo de secado. Las películas deberán colocarse en un lugar donde el aire sea razonablemente limpio, y en tal posición que el agua que escurra de ellas no dañe las instalaciones del cuarto oscuro. Para cuartos en donde un número considerable de películas vayan a ser procesadas, existen secadores comerciales con ventiladores propios, filtros y calentadores.

6.2 PRUEBAS DEL REVELADOR

Es recomendable controlar la actividad de la solución del revelado radiográfico. Esto puede hacerse revelando periódicamente una tira de película, expuesta bajo

condiciones cuidadosamente controladas, a una serie de intensidades de radiación o tiempos graduados.

6.3 OBSERVACION DE RADIOGRAFIAS

El negatoscopio debe dar una luz de intensidad tal, que las áreas de densidad promedio de las radiografías sin resplandor y deberá difundir la luz en forma uniforme sobre el área que se está viendo. Los negatoscopios comerciales fluorescentes son satisfactorios para radiografías de densidad moderada, sin embargo pueden adquirirse iluminadores de alta densidad para densidades hasta de 3,5 ó 4,0. Deberán proveerse máscaras para excluirse o eliminar cualquier luz extraña de los ojos del que está mirando, cuando se observen radiografías más pequeñas que la ventana de observación o para cubrir áreas de baja densidad. La observación de las radiografías requieren un manejo considerable, y por lo tanto se recomienda usar guantes de tela para evitar manchar las placas radiográficas y una lupa sin distorsión para interpretar las indicaciones sobre la placa.

6.4 CUARTO DE OBSERVACION

El cuarto de observación es preferible contar con una iluminación suave en lugar de oscuridad total. La brillantez en los alrededores deberá ser aproximadamente la misma que se tenga en el área de interés de la radiografía. La iluminación del cuarto deberá arreglarse de tal manera que no haya reflejos de la superficie de la película que se está examinado. Quién interprete la radiografía debe permanecer 5 minutos antes en el cuarto oscuro con la finalidad de que los ojos esten adaptados a la luz circundante.

6.5 ALMACENAJE DE RADIOGRAFIAS PROCESADAS

Las radiografías deberán almacenarse con el mismo cuidado que el que se tiene con cualquier otro registro valioso. Los sobres deberán tener los extremos cerrados, uniéndose con un adhesivo no higroscópico, ya que el manchado y la decoloración de la imagen son ocasionados por ciertos adhesivos usados en la manufactura de sobres.

7 INFORME

El informe deberá contener como mínimo la siguiente información:

- 7.1 Ensayo realizado según la presente Norma Venezolana COVENIN.
- 7.2 Identificación del personal técnico que realizó el ensayo y fecha de la misma.
- 7.3 Tipo y número de película, pantalla reforzada, distancia fuente película etc.
- 7.4 Técnica radiográfica utilizadas.
- 7.5 Marcadores identificadores utilizados.
- 7.6 Resultados obtenidos.

7.7 Observaciones.

BIBLIOGRAFIA

ANSI/ASTM E 94-77 Standard Recommended practice for Radiographic Testing.
American Society for Testing and Materials. 1978 Annual Book
of ASTM. Easton M.d USA.

100
FACE

RADIOGRAFIA INDUSTRIAL

- 1) Clark, G.I., Applied X-rays. 4th. ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York (1955).
- 2) Clauser, H. R., Practical Radiography for Industry. Reinhold Publishing Corp. New York (1952).
- 3) Hogarth, C.A., and Blitz, J., (Editors) Techniques of Non-Destructive Testing. Butte Worth and Co., Ltd., London (1960).
- 4) McMaster, R.C., (Editor) Handbook of Nondestructive Testing. The Ronald Press, New York (1960).
- 5) Morgan, R.H., and Corrigan, K.E., (Editors), Handbook of Radiology. The Year Book Publishers, Inc., Chicago (1955).
- 6) Reed, M.E., Cobalt - 60 Radiography in Industry, Tracerlab, Inc., Boston (1954).
- 7) Robertson, J.K., Radiology Physics. 3rd ed., D. Van Nostrand Company, New York (1956).
- 8) Weyl, C., and Warren, S.R., Radiologyc Physics. 2nd ed., Charles C. Thomas, Springfield, III (1951).
- 9) Wilshire, W.J., (Editor), A Further Handbook of Industrial Radiology. Edward Arnold and Company. London (1957).
- 10) McGonnagle, W.J., Non-Destructive Testing. Mcgraw Hill Book Co., Inc., N.Y. (1961).
- 11) Handbook on Radiograph, Reviser edition, Atomic Emery of Canada, Ltd. Ottawa, Ont. (1950).
- 12) Papers on Radiography. ASTM STP 96. ASTTA Am. Soc. Testing Mats (1950).
- 13) Symposium on the Role of Nondestructive Tessing in the Economies of Production. ASTM STP 112, ASTTA Am. Soc. Testing Mata (1951).
- 14) Radioisotope Technique. Vol II. H.M., Stationery Office. London (1952).
- 15) Symposium on Nondestructive Testing. ASTM STP 145, ASTTA Am. Soc. Testing Mats (1953).
- 16) Memorandum on Gamma-Ray Sources for Radiography. Reviser edition. Institute of Physics, London (1954).
- 17) Papers on Nondestructive Testing, see Proceedings. ASTEA Am. Sec. Testing Mats. Vol. 54 (1954).
- 18) Radiography in Modern Industry (2nd edition), Eastman Kodak Company. Rochester, N.Y. (1957).
- 19) Symposium on Nondestructive Tests in the Field of Nuclear Energy. ASTM STP 223, ASTTA Am. Sec. Testing Mats (1958).

TABLA 1. Niveles de Calidad Radiográfica (a)

NIVELES DE CALIDAD RADIOGRAFICA	ESPESOR DEL I.C.I EN PORCENTAJE DEL ESPE-SOR DE LA PROBETA	DIAMETRO MINIMO PERCEPTIBLE DEL AGUJERO	SENSIBILIDAD EQUIVALENTE DEL I.C.I EN PORCENTAJE
2-1T	2	1T	1.4
2-2T	2	2T	2.0
2-4T	2	4T	2.8

NIVELES ESPECIALES DE INSPECCION

1-1T	1	1T	0.7
1-2T	1	2T	1.0
4-2T	4	2T	4.0

NOTA:

- (a) La selección y colocación de los I.C.I, deberá estar de acuerdo con la Norma Venezolana COVENIN 22:2-003.

TABLA 2. Tipo de Película Radiográfica Industrial

CLASE DE PELICULA	DESCRIPCION		
	VELOCIDAD	CONTRASTE	GRANO
1	Lenta	Muy alto	Muy fino
2	Mediana	Alto	Fino
3	Alta	Mediano	Grueso
4 (a)	Muy alta (a)	Muy alto (a)	(b)

NOTAS

- a) Esta información se refiere a exposiciones con pantallas fluorescentes. Cuando la película tipo 4 es expuesta directamente o con pantallas intensificadoras, se tiene velocidad media, contraste y grano medio.
- b) El grano dependerá de las propiedades de las pantallas fluorescentes usadas.

Tabla 3. Guía para la selección de película (a)

Espesor del Material mm.	Pulgadas	50		80		120		150		Iridio		250		1		Co.		2		6 a	
		a	KV	a	KV	a	KV	a	KV	a	192	a	400	mev.	60	mev.	Radio	30	mev		
Acero																					
0 a 6,35	0 a 1/4	3	3	2	1																
6,35 a 12,7	1/4 a 1/2	4	3	2	2																
12,7 a 25,4	1/2 a 1		4	3	2					2					1						2
25,4 a 50,8	1 a 2				3					2					1						2
50,8 a 101	2 a 4				4					3					2						2
101 a 202	4 a 8									4					3						3
Mayor de 202	Sobre 8									3					3						3
Aluminio																					
0 a 6,35	0 a 1/4	1	1	1																	
6,35 a 12,7	1/4 a 1/2	2	1	1																	
12,7 a 25,4	1/2 a 1	2	1	1																	
25,4 a 50,8	1 a 2	3	2	2						1											
50,8 a 101	2 a 4	4	3	2						2											
101 a 202	4 a 8		4	3						3											
Mayor de 202	Sobre 8									4											
Bronce																					
0 a 6,35	0 a 1/4	4	3	2																	
6,35 a 12,7	1/4 a 1/2		3	2																	
12,7 a 25,4	1/2 a 1		4	4																	
25,4 a 50,8	1 a 2			4																	
50,8 a 101	2 a 4			4																	
101 a 202	4 a 8																				
Mayor de 202	Sobre 8																				
Magnesio																					
0 a 6,35	0 a 1/4	1	1	1																	
6,35 a 12,7	1/4 a 1/2	1	1	1																	
12,7 a 25,4	1/2 a 1	2	1	1																	
25,4 a 50,8	1 a 2	2	1	1																	
50,8 a 101	2 a 4	3	2	2																	
101 a 202	4 a 8		3	2																	
Mayor de 202	Sobre 8																				

NOTA:

(a) Estas recomendaciones representan usualmente un nivel radiográfico aceptable. La calidad óptima radiográfica será obtenida seleccionando el número del tipo de película menor que las consideraciones técnicas o económicas permitan. Los voltajes mostrados representan las energías de operación.

TABLA 4 Factores aproximados de equivalencia radiográfica para
varios metales (Relativos al acero)

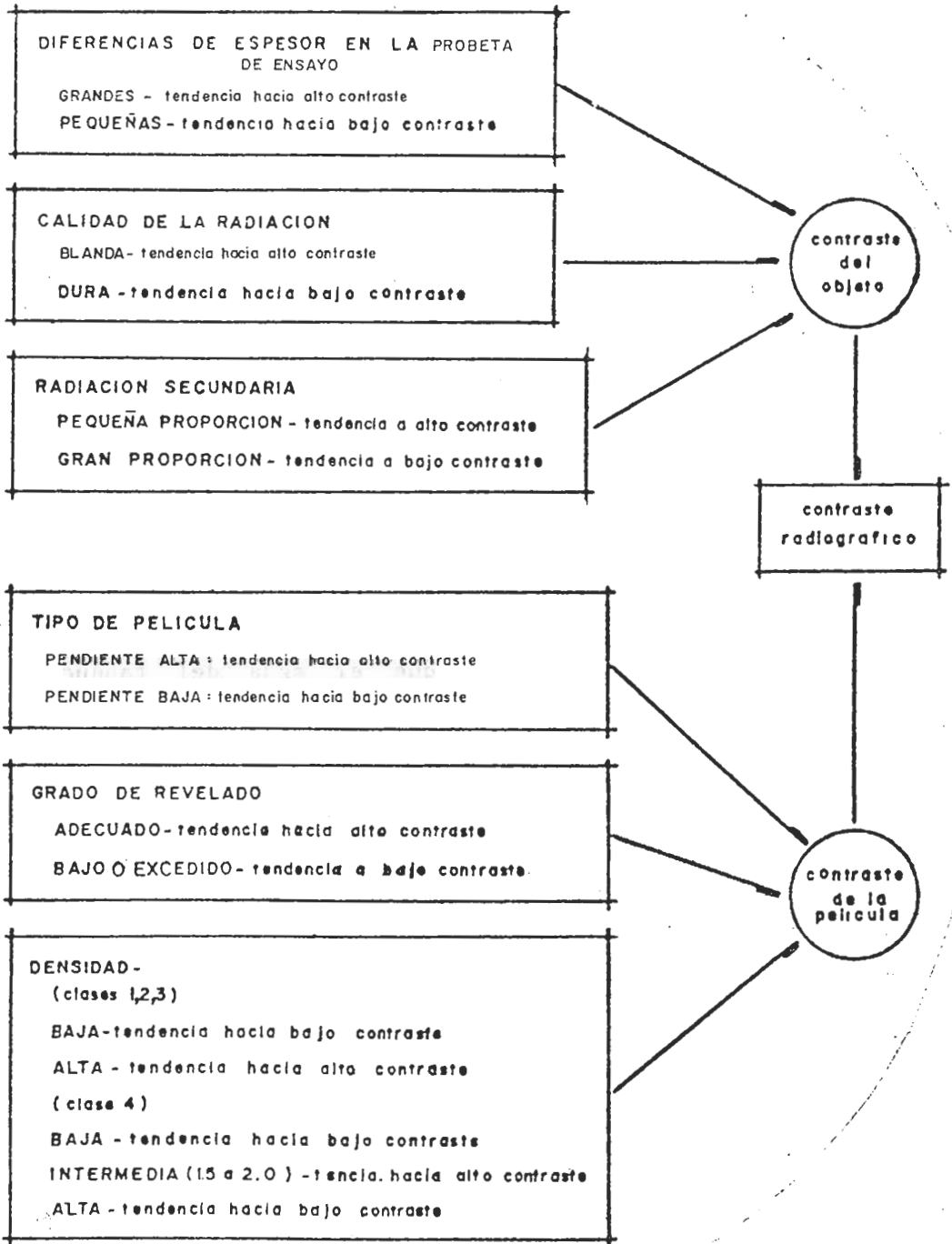
Metal o Aleación	Energías de Operación									Radio	Co. 60	Iridio 192
	50 kV	100 kV	140 kV	220 kV	250 kV	400 kV	1000 kV	2000 kV	6a31 meV			
Aluminio (1100)	0.08	0.08	0.12	0.18						0.40	0.35	0.35
Aluminio (2024)	0.12	0.12	0.13	0.14							0.35	0.35
Magnesio	0.05	0.05	0.05	0.08								
Acero al Carbón	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Acero Inox (18-8)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Cobre		1.5	1.5	1.4	1.4					1.1	1.1	1.2
Monel		1.7	1.5	1.2								
Plomo			14.0	11.0			3.0	2.5	2.4	2.3	2.3	4.0
Zirconio		2.4	2.0	1.9	1.7	1.5	1.0					
Uranio				18.0	16.0	12.0						

TABLA 5. Tiempos de lavado para películas radiográficas

PELICULAS	FLUJO DE AGUA EN CAMBIOS POR AHORA (TANQUE SENCILLO) (a)	TIEMPO DE LAVADO Min.
TIPO 1, 2, 4	4	20 a 40
TIPO 1, 2, 4	8	10 a 20
TIPO 3	8	25 a 40

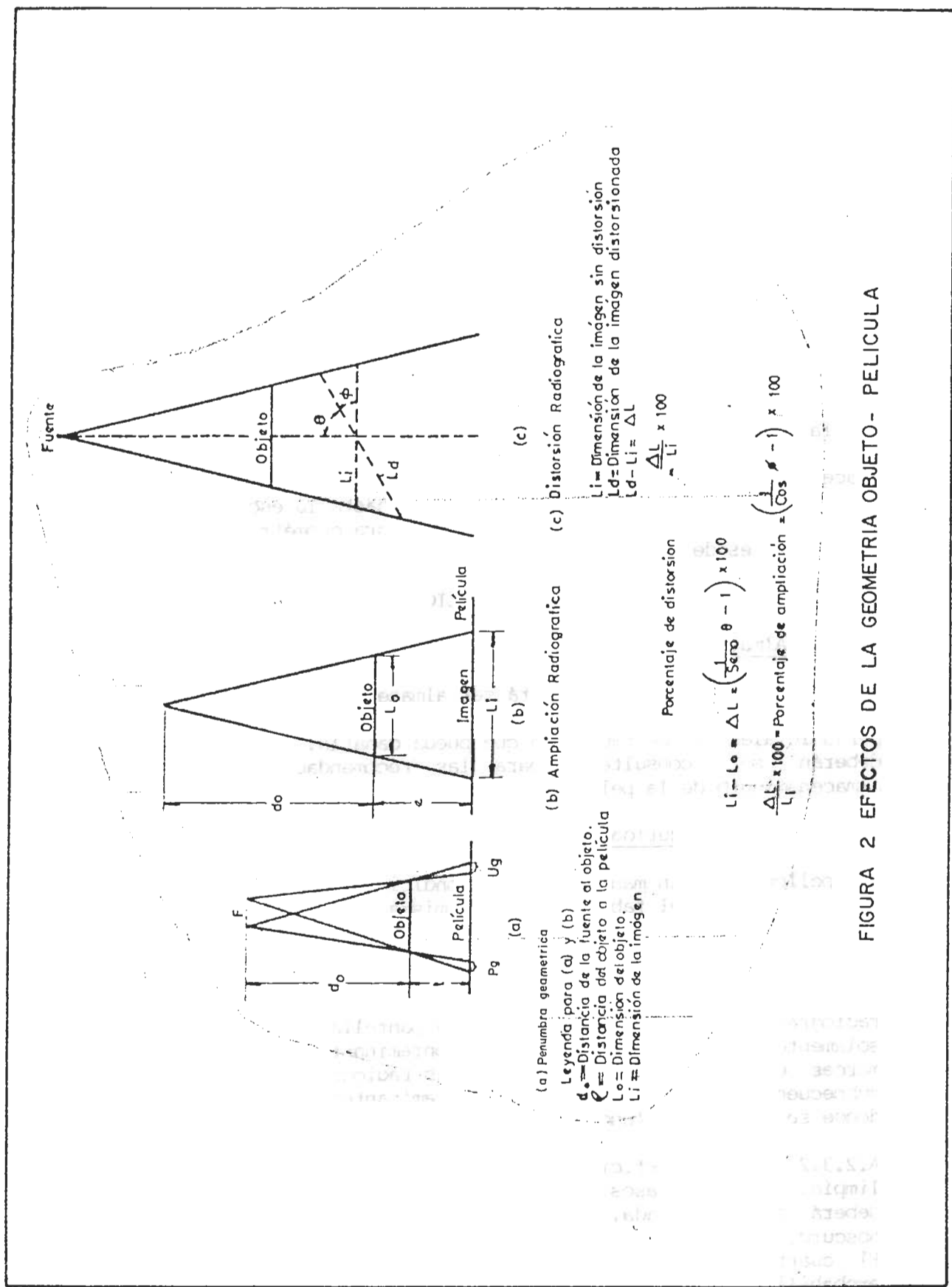
NOTA:

(a) Número de veces por hora que el agua del tanque debe cambiarse completamente.



NOTA - La máxima densidad utilizable en las películas de clase 1, 2, 3 depende del negoscopio que se utilice

FIGURA 1 EFECTOS DE LOS CAMBIOS DE LAS VARIABLES SOBRE LA CALIDAD RADIOGRAFICA



(a) Penumbra geométrica

Leyenda: para (a) y (b)

d_0 = Distancia de la fuente al objeto.

z = Distancia del objeto a la película

L_0 = Dimensión del objeto.

L_1 = Dimensión de la imagen

(b) Ampliación Radiográfica

Porcentaje de distorsión

$$L_1 - L_0 = \Delta L = \left(\frac{1}{\cos \theta} - 1 \right) \times 100$$

$$\frac{\Delta L}{L_1} \times 100 = \text{Porcentaje de ampliación} = \left(\frac{1}{\cos \theta} - 1 \right) \times 100$$

(c) Distorsión Radiográfica

L_1 = Dimensión de la imagen sin distorsión

L_d = Dimensión de la imagen distorsionada

$$L_d - L_1 = \Delta L$$

$$\frac{\Delta L}{L_1} \times 100$$

FIGURA 2 EFECTOS DE LA GEOMETRIA OBJETO- PELICULA

ANEXO

A.1 El propósito de este anexo es ampliar y aclarar los puntos 5.5 y 5.5.3 cálculo del P_g mediante monograma.

Dada una:

Distancia de fuente-objeto (d_o) = 40 pulgadas

Tamaño del foco efectivo (F) = 5.0 mm

Espesor simple de la pared de la probeta (e) = 1,5 pulg

Trace una línea recta (punteada en la fig. A1) entre 5,0 mm en la escala "F" y 1,5 pulg en la escala "e". Obsérvese el punto (p) de intersección de esta línea con la línea pivote.

Trace una línea recta (continua en la fig. A.1) desde 40 pulgadas sobre la escala "do" a través del punto "p" y prolongarla hasta la escala "Pg". La intersección de esta línea con la escala P_g de la penumbra geométrica en milímetros, la que en el ejemplo es de 0,19 mm.

A.2 PROTECCION Y CUIDADO DE LA PELICULA SIN PROCESAR

A.2.1 Almacenamiento de la película

La película sin procesar deberá ser almacenada de tal forma que esté protegida de los efectos de luz, presión, calor excesivo, humedad excesiva, humos o vapores perjudiciales o de radiación que pueda dañarla. Los fabricantes de película deberán ser consultados para las recomendaciones detalladas acerca del almacenamiento de la película.

A.2.2 Luz de seguridad

Las películas deben manejarse bajo condiciones de luz de seguridad acordes con las recomendaciones del fabricante de la misma.

A.2.3 Limpieza

A.2.3.1 La limpieza es uno de los requerimientos más importantes para una buena radiografía, tanto las fundas como las pantallas deberán ser mantenidas limpias no solamente por el hecho de que los contaminantes retenidos puedan dar lugar a marcas de exposición y revelado en las radiografías, sino que también debido al subsecuente hecho de que estos contaminantes puedan ser transferidos al banco donde se cargan las fundas y por lo tanto a otras películas o pantallas.

A.2.3.2 La superficie del banco donde se cargan las fundas deberá mantenerse limpia. En los casos en que el procesado de la película sea manual la limpieza deberá ser asegurada, arreglando las instalaciones del procesado en el cuarto obscuro, en un lado y las facilidades de manipulación de la película en el otro. El cuarto obscuro tendrá un área seca y otra húmeda logrando así que la probabilidad de una contaminación química en la mesa de trabajo sea relativamente baja.