

1ej. 15

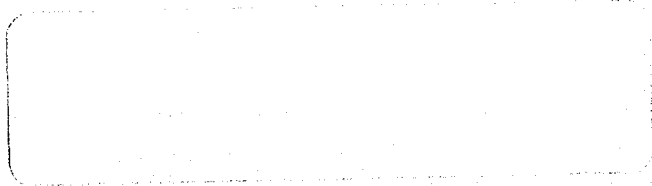


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

CONTROL DE CALIDAD A EQUIPOS
CONVENCIONALES DE RAYOS X EN
UNA INSTITUCION DE SEGURIDAD SOCIAL

TESIS MANCOMUNADA

MARCO ANTONIO MALDONADO RIVERA
QUIMICO





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

Página

INTRODUCCION.....	3
Que son los rayos X y como se originan. Equipos de rayos X. Factores variables en la toma de una radiografía	
DESCRIPCION DE LOS APARATOS UTILIZADOS EN LAS EVALUACIONES A LOS EQUIPOS DE RAYOS X.....	21
Aparato para prueba del Colimador. Aparato para prueba de Tiempo. Aparato de prueba de Voltaje. Aparato para prueba de Mancha Focal.	
PROCEDIMIENTO.....	30
Prueba del Colimador. Prueba de Tiempo. Prueba de Voltaje. Prueba de Mancha Focal.	
INTERPRETACION.....	41
CRITERIOS DE ACEPTACION.....	47
RESULTADOS.....	51
ANALISIS DE RESULTADOS.....	65
CONCLUSIONES.....	70
BIBLIOGRAFIA.	

I N T R O D U C C I O N

Desde hace varias décadas, en México, se han utilizado las radiaciones ionizantes para el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades, recientemente, las radiaciones se han convertido en un instrumento útil para la industria y la investigación y han entrado a formar parte de los planes para atender las necesidades de energía. Aunque actualmente una gran proporción de la población no tiene acceso a servicios elementales de radiodiagnóstico, es difícil hacer planes para la extensión de la cobertura de los servicios de salud sin incluir los medios básicos de diagnóstico con rayos X. En esta especialidad médica, como en toda utilización de radiaciones ionizantes, habrá que prestar gran atención a la protección contra la radiación. Formas importantes para reducir el riesgo y cualquier otro posible peligro de orden individual y para la población en general, serán: asegurarse que la práctica de las radiaciones se confíe sólo a personal especializado, hábitos de trabajo adecuados y un control de calidad al equipo de rayos X.

El uso rutinario del aparato de rayos X provoca desajustes en sus partes por lo cual se hace necesario un programa de mantenimiento para arreglar las posibles fallas y además un programa de control de calidad para verificar que los parámetros que se utilizan se apliquen correctamente.

La aplicación de ambos programas redundará en beneficio de la calidad de las placas radiográficas, así como en la disminución -

de la carga de trabajo, al evitar repeticiones de estudios, y como una consecuencia natural se verá reducida la dosis de exposición tanto del paciente como del personal ocupacionalmente expuesto.

Si bien los equipos de radiodiagnóstico se encuentran operando en forma rutinaria, se desconoce el grado de calidad con que lo hacen. El objetivo de la presente tesis es mostrar por medio de evaluaciones a una serie de equipos, que existe la necesidad de un programa para la aplicación de un control de calidad a los equipos de rayos X.

Los aparatos verificados son pertenecientes a una Institución de Seguridad Social en el área Metropolitana y la serie de evaluaciones a los aparatos de rayos X se realizó a través de la Secretaría de Salud, específicamente por el Departamento de Seguridad Radiológica de la Dirección General de Salud Ambiental y Ocupacional, en el transcurso del año 1985.

El equipo utilizado fué modelo Wisconsin diseñado para tales fines por la RMI (Radiation Measurement Instruments), las características del mismo se mencionan en un capítulo aparte.

GENERALIDADES

QUE SON LOS RAYOS X Y COMO SE ORIGINAN.

Los rayos X, la luz, las ondas de radio, etc., son radiación electromagnética y viajan a una velocidad de 300,000 Km/seg. - Todas estas formas de radiación electromagnética se agrupan de acuerdo con sus longitudes de onda en lo que se conoce como espectro electromagnético. En el diagrama de la figura 1 se muestran sus localizaciones y usos.

Los rayos X que se usan en radiodiagnóstico son de longitudes de onda de 1×10^{-9} cm a 1×10^{-8} cm.

Cuando una corriente de electrones, que se mueve a gran velocidad, choca con cualquier clase de materia, se producen radiaciones X. La manera más eficaz de producirlas es con un tubo de rayos X. Dentro del tubo, los rayos X se producen dirigiendo -- una corriente de electrones a gran velocidad contra un blanco de metal. Al chocar contra los átomos del blanco, los electrones -- son frenados repentinamente, transformándose la mayor parte de -- su energía en calor, pero una pequeña proporción (1% aproximadamente) es transformada en rayos X.

EL TUBO DE RAYOS X.

El tubo de rayos X consiste de una ampolla de vidrio al vacío que contiene dos partes principales: el ánodo y el cátodo. El -- ánodo generalmente es de cobre y se extiende desde uno de los ex -- tremos del tubo hasta el centro. En la cara anterior del ánodo, que queda en el centro del tubo, hay un bloque de metal que se --

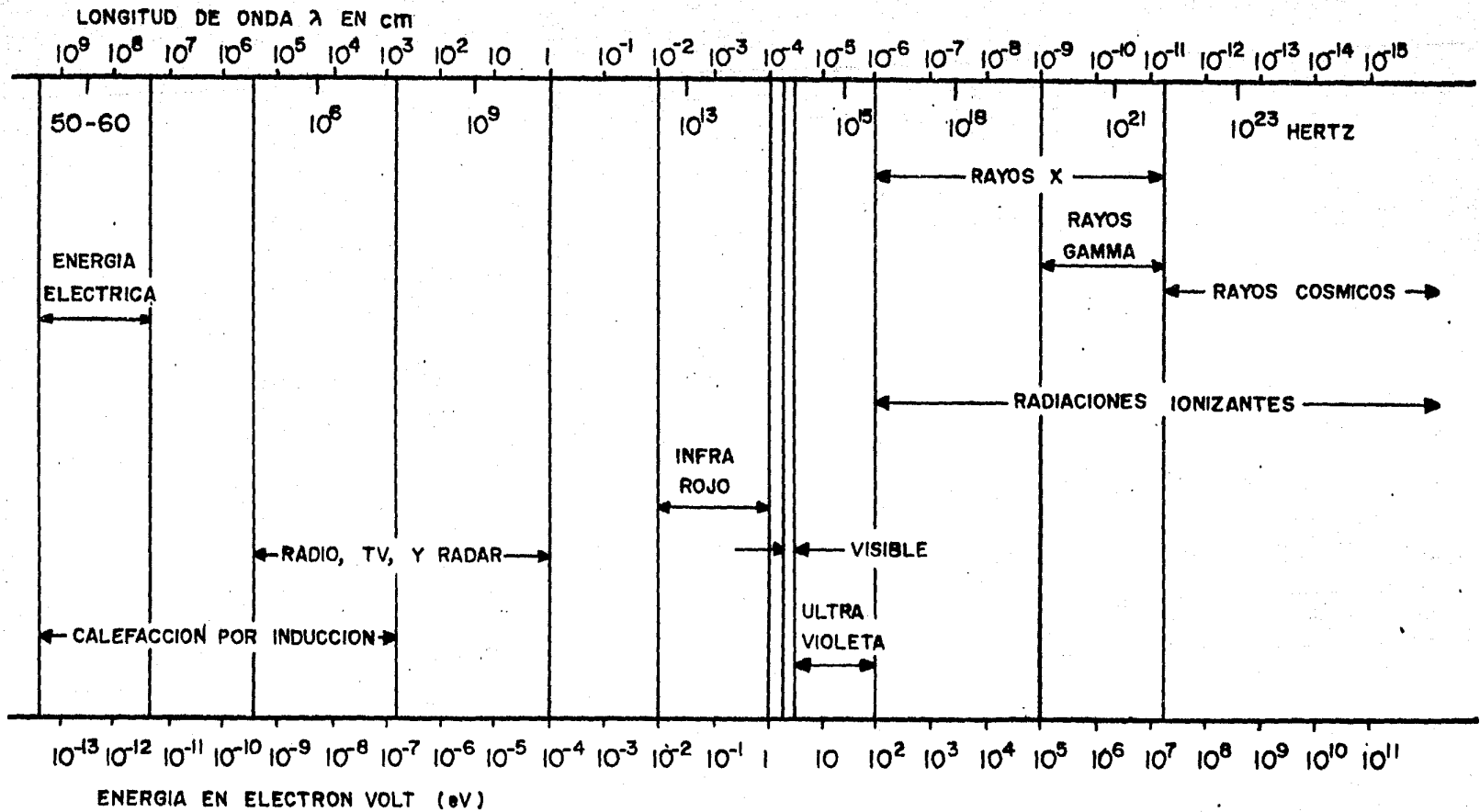


FIGURA No. 1 ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

denomina blanco.

El blanco debe tener las siguientes características:

- 1.- Tener un punto de fusión muy alto que permita resistir -- el calor extraordinario a que se le somete.
- 2.- Número atómico alto, lo cual hace que produzca radiaciones X mucho más eficazmente que sustancias de menor número atómico.

Por estas razones los actuales tubos utilizan blancos de tungsteno. La pequeña zona en el blanco donde chocan los electrones se llama punto focal o anticátodo, y es en realidad la fuente de rayos X.

En el cátodo hay un alambre de tungsteno (filamento) enrollado en forma de espiral de 1.27 cm de longitud y 0.32 cm de diámetro.- Está colocado en un retenedor en forma de copa (llamada copa enfocadora), situado a 2.5 cm del ánodo. El soporte de la copa enfocadora se extiende fuera del tubo donde se hacen las conexiones apropiadas.

El filamento del cátodo se calienta y se pone incandescente, -- igual que el filamento de una bombilla eléctrica ordinaria. Sin embargo, el filamento no se calienta para producir luz sino electrones, los cuales son emitidos por el alambre caliente. El cátodo es diseñado y colocado dentro del tubo de tal forma que los electrones forman un haz correctamente dirigido y del tamaño y forma exactas para producir el punto focal deseado en el blanco del ánodo (fig.2).

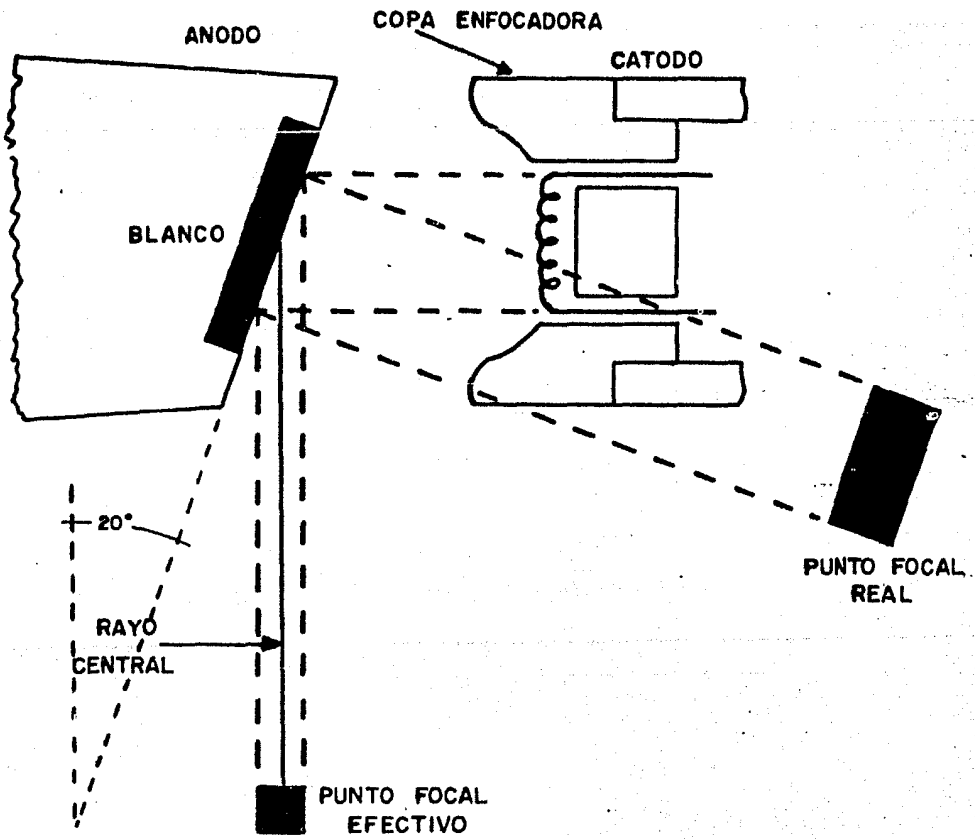


Figura No. 2 Tubo de rayos X

Cuando se aplica una diferencia de potencial entre el ánodo --- (positivo) y el cátodo (negativo), los electrones emitidos por este último son atraídos por el primero. Cuanto mayor sea la diferencia de potencial entre el cátodo y el ánodo, tanto más rápidamente recorrerán los electrones la distancia que separa a ambos -- electrodos.

Así, los rayos X son producidos por la repentina desaceleración de los electrones a su paso por las capas superficiales del blanco.

El número de electrones que chocan contra el ánodo y su velocidad determinan respectivamente la cantidad y la energía de los rayos-X producidos. Cuanto mayor sea el número de electrones (es decir, cuanto más intensa sea la corriente del filamento) tanto mayor será la intensidad de la corriente entre el cátodo y el ánodo del tubo, por consiguiente mayor será la cantidad de rayos X producidos. Cuanto mayor sea la velocidad de los electrones, tanto mayor será la energía convertida en energía de rayos X por cada electrón incidente en el ánodo, y por tanto, mayor la energía de los rayos X generados.

Esta energía se expresa por la longitud de onda de los rayos X y, en consecuencia, por su poder de penetración.

A mayor energía (voltaje) corresponde:

- Electrones más rápidos
- Mayor energía de rayos X
- Menor longitud de onda
- Mayor poder de penetración.

Como ya hemos dicho, el punto focal es la zona del blanco bombardeada por los electrones que vienen del cátodo. El punto focal está determinado por la forma y el tamaño de la copa enfocadora y por el diámetro del filamento. El efecto que el tamaño del punto focal ejerce sobre la calidad de los rayos X es muy importante. Cuanto más pequeño es el punto focal, mejor es la resolución de la imagen; pero como el tubo focal grande tolera más el calor que el

punto focal pequeño, hubo que buscar un método por medio del cual se pudiese obtener un punto focal de tamaño práctico y que al mismo tiempo produjera una buena imagen. Este método es: la utilización del principio de foco lineal y el ánodo giratorio. El principio de foco lineal se refiere al hecho de que la corriente de electrones se enfoca en forma de rectángulo muy estrecho sobre el blanco. La superficie anterior del blanco se coloca a un ángulo de 20° con respecto al cátodo, tal como se ve en la figura 2. --- Cuando el punto focal rectangular se ve desde abajo, en la posición de la película, se proyecta como un cuadrado pequeño. La zona efectiva del punto focal es solamente una fracción de su zona verdadera. Usando los rayos X que emergen a este ángulo se mejora la definición radiográfica.

Para aumentar más todavía la resistencia del ánodo al calor, se ideó el ánodo giratorio (figura 3). Como su nombre lo indica, el ánodo en forma de disco gira durante el funcionamiento sobre un eje colocado en el centro del tubo. El filamento del cátodo se dispone de manera que dirija la corriente de electrones contra el borde en bisel del disco de tungsteno. Así pues, la posición del punto focal (es decir, la zona del blanco donde chocan los electrones) permanece fija en el espacio mientras el ánodo gira rápidamente durante la exposición, proporcionando continuamente una superficie más fría para recibir la corriente de electrones y de esta manera, el calor se distribuye sobre un área mayor.

Algunos tubos contienen dos filamentos separados y dos copas enfocadoras, con lo cual se obtienen puntos focales de tamaño y capacidad diferentes.

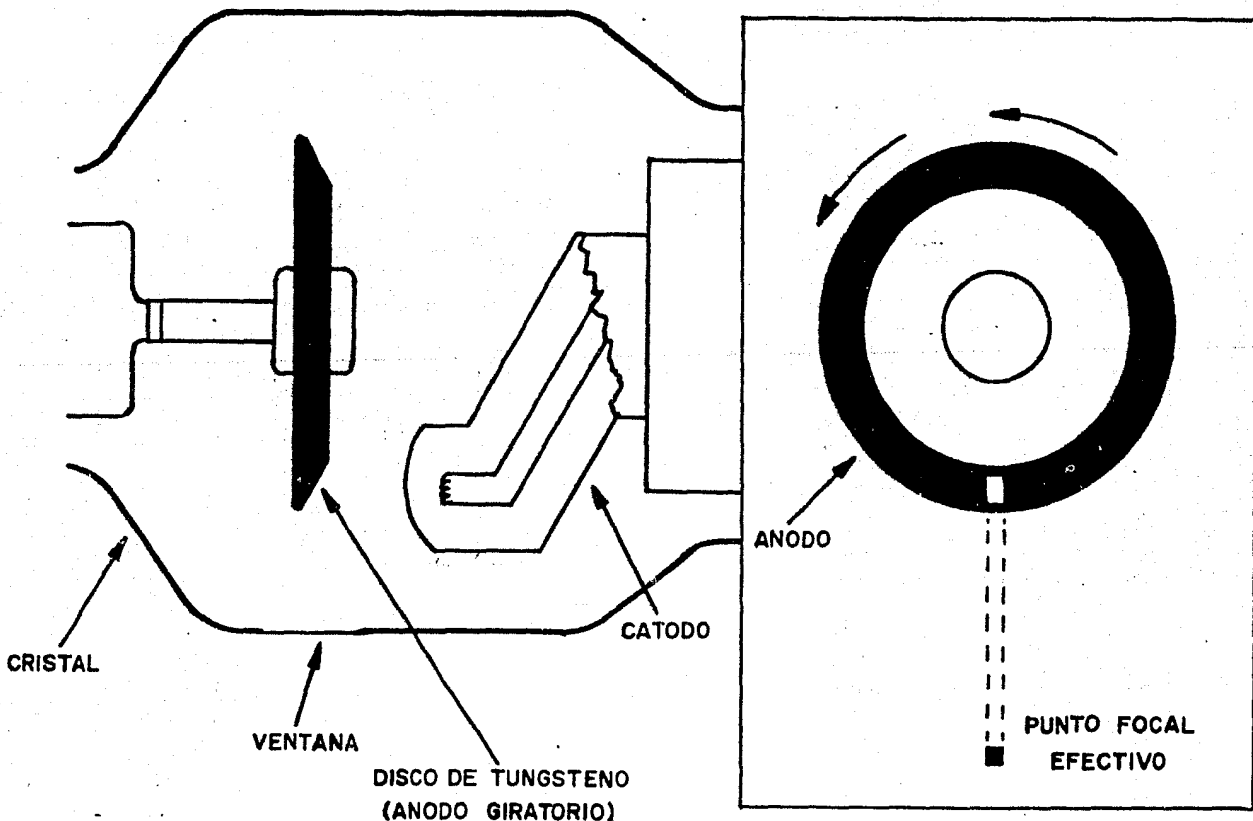


Figura 3. Anodo giratorio de perfil y de frente

EQUIPOS DE RAYOS X.

El tubo de rayos X se encuentra aislado por una funda en la cual circula agua o aceite con el fin de enfriarlo. Cubriendo al tubo y a la funda se encuentra una coraza de un material absorbente de la radiación X.

De todos los rayos X emitidos solo se usa una pequeña parte; - la que sale por la ventana del tubo (haz útil), la coraza del tu-

bo también tiene abertura, alineada con la ventana, que permite el paso a los rayos X.

El resto de la radiación es absorbida en el mismo tubo o en su coraza. El haz útil, por tanto, es un cono de rayos cuyo vértice se encuentra en el foco. La ventana del tubo consiste en una zona de la pared del vidrio mismo, zona usualmente circular, que en algunos casos se hace más delgada para permitir el paso de los rayos con el menor obstáculo posible. Todo obstáculo a través del cual hayan de pasar los rayos en su recorrido desde el foco al objeto, se denomina filtro. El primer filtro es, pues, el vidrio de la propia ventana del tubo. También pueden colocarse otras sustancias fuera de la ventana con el fin (deliberado o no) de filtrar aún más el haz. Esta filtración se expresa siempre como espesor de una cierta sustancia que absorbería la misma cantidad de rayos X en condiciones equivalentes.

A la salida de la ventana de la coraza que cubre el tubo de rayos X, se encuentra acoplado un sistema de colimación para limitar el área a irradiar. Algunos tipos de colimación que se utilizan son por medio de conos o de diafragmas principalmente.

Todo el sistema anteriormente descrito se encuentra soportado a un pedestal el cual le permite movimiento para colocarlo a diferentes distancias.

El tubo de rayos X se encuentra conectado a una mesa de control en la cual se manejan los siguientes parámetros: tiempo de

producción de los rayos X, corriente (miliamperaje) y energía -- (voltaje).

FACTORES VARIABLES EN LA TOMA DE RADIOGRAFIAS

Colimador.

Para limitar el haz de rayos X hacia el objeto de estudio la mayoría de los equipos tienen dispositivo ajustado a la ventana de salida del caparazón del tubo de rayos X, el cual actúa por medio de placas de plomo; con su movimiento pueden dejar salir la radiación a diferentes tamaños de área que se deseen irradiar. Estas se simulan por medio de una fuente luminosa acoplada dentro del mismo sistema (este es el caso del colimador con diafragma luminoso).

Mancha focal o punto focal.

La zona en el blanco donde chocan los electrones se llama punto focal y el efecto que el tamaño de éste ejerce sobre la calidad de la imagen radiográfica es muy importante. Cuanto más pequeño mejor es la resolución de la imagen, si por el contrario el punto focal es demasiado grande habrá una menor resolución de la imagen.

A medida que se va utilizando el blanco va sufriendo desgastes y consecuentemente la calidad de la imagen disminuye. Por lo general los equipos poseen dos focos, que se utilizan de acuerdo a las necesidades del servicio, dándole mayor durabilidad al blanco del tubo de rayos X.

Los factores que intervienen propiamente en la exposición son: la corriente, el tiempo de exposición, la distancia foco-película y el voltaje. Como cada uno contribuye esencialmente al resultado final, cada uno puede alterarse según las condiciones lo requieran. En la práctica, la modificación de un factor requiere el ajuste de uno de los otros si quieren producirse radiografías comparables.

Analicemos la relación de estos factores y veamos como pueden intercambiarse.

Usaremos de ahora en adelante los siguientes símbolos;

M para la corriente en miliamperes,

D para la distancia foco-película en centímetros,

T para el tiempo de exposición en segundos.

Como todas las fórmulas relacionan una técnica con otra nueva, cada uno de los símbolos se usa con un sufijo adecuado. Por ejemplo T_0 representa el tiempo de exposición original y T_n representa el nuevo tiempo de exposición.

Relación entre corriente y tiempo.

Regla: la corriente necesaria para una exposición dada es inversamente proporcional al tiempo de exposición. Es decir, cuanto más corto sea el tiempo, más alta ha de ser la corriente y a mayor tiempo de exposición, menor corriente.

La fórmula se expresa así:

$$\frac{M_o}{M_n} = \frac{T_n}{T_o} \dots\dots\dots 1$$

ó

$$M_o T_o = M_n T_n \dots\dots\dots 2$$

La exposición es la intensidad del haz multiplicada por el tiempo (aquí consideraremos la corriente como el factor que controla la intensidad). Cuando se escribe la fórmula 2 se ve rápidamente que el producto de la corriente y el tiempo permanece constante para un resultado radiográfico dado, si los demás factores no se cambian.

En consecuencia llegamos al término "corriente-tiempo" (mAs) tan comúnmente usado en radiografías, que puede entonces considerarse como el factor único que controla la cantidad de exposición si el voltaje permanece constante.

Relación de la distancia entre foco-película.

Los rayos X, como la luz, son divergentes y a medida que se alejan de su fuente cubren una zona cada vez mayor y pierden intensidad.

Esta relación entre la distancia y la intensidad de la radiación se llama la ley de la proporción inversa, porque la intensidad de la radiación varía inversamente con el cuadrado de la distancia entre el foco y la película.

Relación entre tiempo y distancia.

Es obvio que cuando se altera la distancia entre el foco y la-

película es necesario aumentar o disminuir la cantidad total de rayos X para hacer una exposición comparable bajo las condiciones de la nueva distancia D_n . Esto puede hacerse modificando la corriente, que gobierna la cantidad de radiación X producida por el tubo, o ajustando el tiempo de exposición.

Si se conocen el tiempo T_0 y la distancia D_0 requeridos para una exposición dada, el nuevo tiempo de exposición T_n , puede calcularse para nueva distancia D_n . Como ya hemos visto, la ley de las proporciones inversas determina que la intensidad del haz de rayos X varía inversamente con el cuadrado de la distancia. Para producir una densidad dada a diferente distancia, es necesario variar directamente la exposición según el cuadrado de la distancia. Es decir, la exposición debe aumentarse al aumentar la distancia, o disminuirse al disminuir la distancia. Esta fórmula se expresa así:

$$\frac{T_n}{T_0} = \frac{D_n^2}{D_0^2}$$

ó

$$T_n D_0^2 = T_0 D_n^2$$

Relación entre corriente y distancia.

Las operaciones aritméticas necesarias para resolver los problemas de las relaciones entre corriente y distancia son esencialmente las mismas que para las relaciones entre tiempo y distancia

porque la corriente y el tiempo afectan a la exposición de la misma manera. La fórmula general para la relación entre corriente y distancia es:

$$\frac{M_n}{M_0} = \frac{D_n^2}{D_0^2}$$

o'

$$M_n D_0^2 = M_0 D_n^2$$

Relación entre corriente-tiempo y distancia.

Como ya dijimos antes, el producto de la corriente-tiempo se considera comúnmente como un solo factor. Los cálculos más útiles por lo que se refiere a la distancia son los que combinan estos factores. Para simplificar emplearemos aquí el símbolo MT para miliamperes-segundo. El valor original de miliamperes-segundo se representa así: $M_0 T_0$. Y los nuevos valores se representan con $M_n T_n$. La fórmula miliamperes-segundos-distancia se expresa de esta forma:

$$\frac{D_n^2}{D_0^2} = \frac{M_n T_n}{M_0 T_0}$$

o'

$$D_n^2 M_0 T_0 = D_0^2 M_n T_n$$

Voltaje.

El efecto que se va a considerar aquí es el que al variar el voltaje varia el poder penetrante de los rayos X. Se puede decir que a mayor voltaje menos contraste del sujeto; a menor voltaje mayor contraste del sujeto, es decir al aumentar el voltaje se no ta un aumento pronunciado de la intensidad de la imagen.

En resumen pueden hacerse las siguientes observaciones; la intensidad general de la imagen pueden controlarse con el tiempo de exposición, la corriente, la distancia y el voltaje. Cuando se em plea la corriente, tiempo de exposición o la distancia como fac- tor para controlar la intensidad, no se altera el contraste del sujeto. Sin embargo cuando el voltaje se emplea para controlar la intensidad, siempre ocurre una modificación en el contraste del sujeto relacionada al cambio de intensidad.

DESCRIPCION DE LOS APARATOS UTILIZADOS
EN LAS EVALUACIONES A LOS EQUIPOS DE
RAYOS X

APARATO PARA PRUEBA DEL COLIMADOR

Descripción.

El aparato consiste de una base de 20 x 25 cm en el cual están empotrados dos marcos rectangulares de cobre (uno dentro del otro) de 12 x 17.3 cm y 17.3 x 22.6 cm, concéntricos a un anillo de latón. Montada a la base se encuentra una placa de acrílico de 10 x 10 cm que tiene en el centro una cabeza de tornillo de latón. La placa está soportada por tubos de aluminio de 15 cm de altura.

La carátula de la base presenta un marco rectangular con línea gruesa, donde se ajusta el haz luminoso del colimador, a diferencia de los marcos de cobre que se representan con líneas más tenues; además tiene una pequeña marca cuadrada en la parte superior izquierda del marco interno (figura 4).

Principio de Operación.

El haz luminoso se limita al área marcada en la carátula de la base (que queda exactamente entre los marcos empotrados de cobre). En la imagen radiográfica el haz de radiación solo debe mostrar el marco interno. Si por el contrario aparece el marco externo o no aparece ninguno de ellos se dice que hay incongruencia entre el haz luminoso y el haz de radiación.

La pequeña marca cuadrada en la carátula, circular en la placa radiográfica, determina la dirección del error en el colimador.

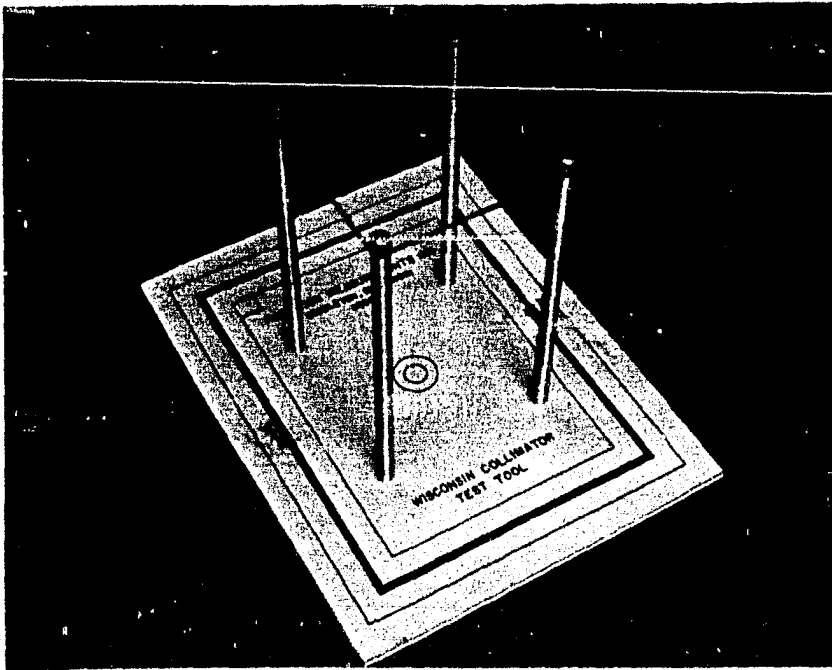


Figura 4. Aparato para prueba del colimador

APARATO PARA PRUEBA DE TIEMPO

Descripción.

El aparato es una caja de plástico conteniendo una cuña escalonada de cobre y un motor que gira un plato de latón a 1 rps. El plato de latón tiene dos ranuras con una separación de 180° (figura 5).

Principio de Operación.

Al hacer incidir la radiación sobre el plato que se encuentra girando a 1 rps la radiación es registrada en una película radiográfica y el tiempo de exposición se determina en el barrido gene-

rado por la ranura en movimiento.

Se realizan tres exposiciones con tiempo diferentes pero manteniendo el producto tiempo-corriente constante.

Si el tiempo de exposición es correcto y si la imagen de la -
cuña patrón son similares en apariencia general y densidad óptica,
se puede asumir que la calibración de la corriente del generador -
es consistente.

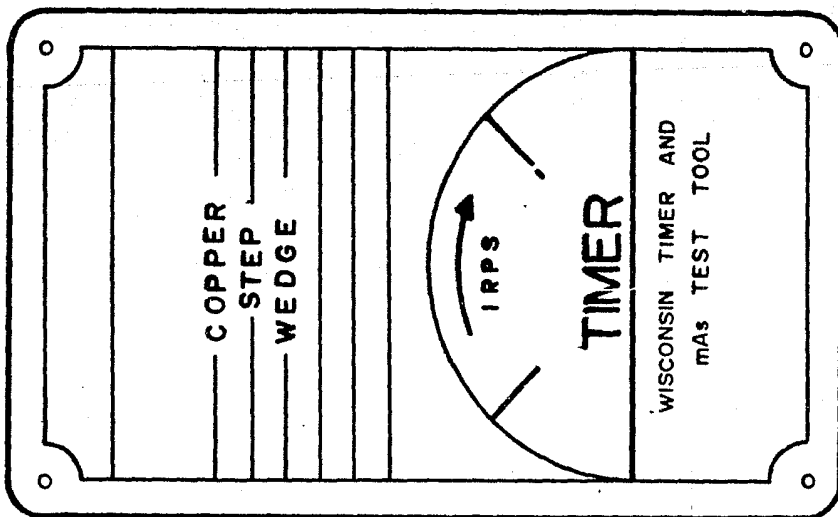


Figura 5. Aparato para prueba de tiempo (Timer)

APARATO DE PRUEBA DE VOLTAJE

Descripción.

El aparato de prueba consiste en un chasis que podemos divi--
dirlo en dos partes anterior y posterior. La parte posterior se -

utiliza solamente para cerrar el chasis. La parte anterior a su vez se encuentra dividida en partes externa e interna. La parte externa tiene una máscara de plomo conteniendo cinco pares de columnas con diez hoyos cada una de ellas (figura 6).

La máscara está colocada de tal forma que la columna de hoyos de la derecha de cada par de columnas se encuentra encima de las barras grises del atenuador óptico (éste se encuentra en la parte-interna). En la columna de hoyos de la izquierda están colocadas cuñas escalonadas de cobre de un espesor específico por hoyo.

Diferentes intervalos se utilizan para cada una de las cinco columnas. Una hoja de cobre de 1.58 cm de espesor es colocada encima de los primeros cuatro pares de columnas para las mediciones de voltaje pico, el quinto par se usa para la estimación del HVL (Half Value Layer- Capa Hemirreductora). Toda la parte externa del chasis está encerrada por una cubierta de plástico con las áreas de prueba definidas (figura 7).

Principio de Operación.

Los primeros cuatro pares de columnas son usadas para medir el potencial del tubo. La hoja de cobre colocada sobre estas columnas se usa para filtrar el haz de rayos X deteniendo los fotones de baja energía. El resultado es un espectro de rayos X más angosto con un intervalo de energía sobre el cual el coeficiente de atenuación del cobre es casi una función lineal de la energía.

El principio utilizado en el chasis es el siguiente: para re-

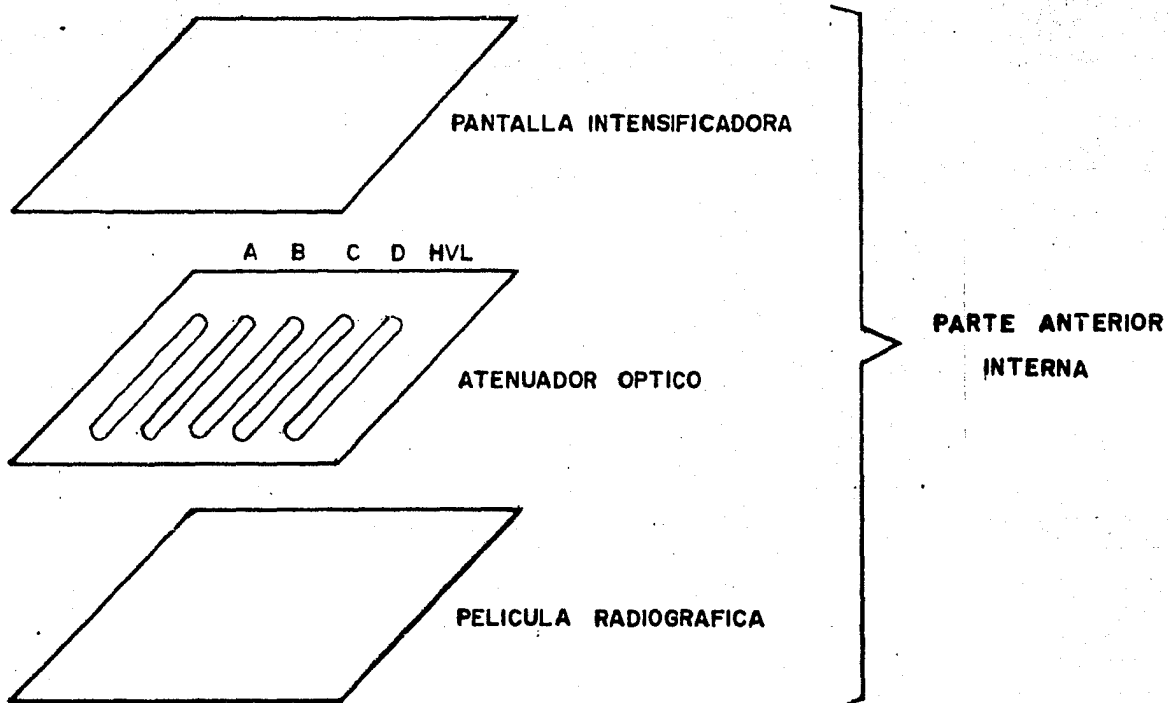
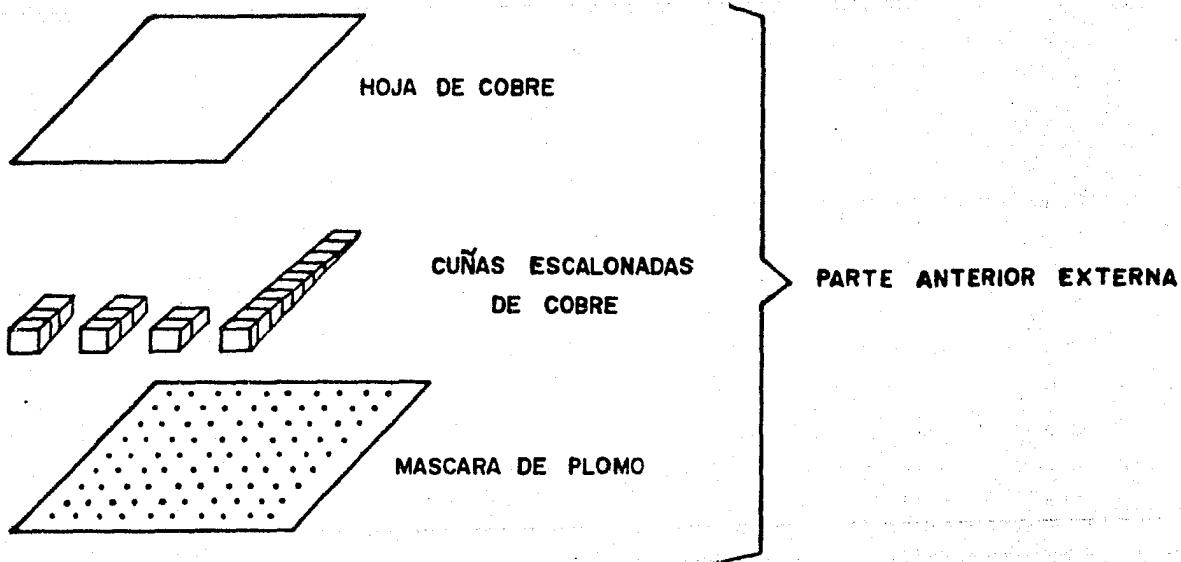


Figura 6. Descripción interna del aparato para prueba de voltaje.

ducir la intensidad de un haz de rayos X a una intensidad fija, es necesario interponer un espesor de un material absorbente, ahora - si aumentamos el voltaje requeriremos incrementar el espesor del - material absorbente para mantener la misma intensidad.

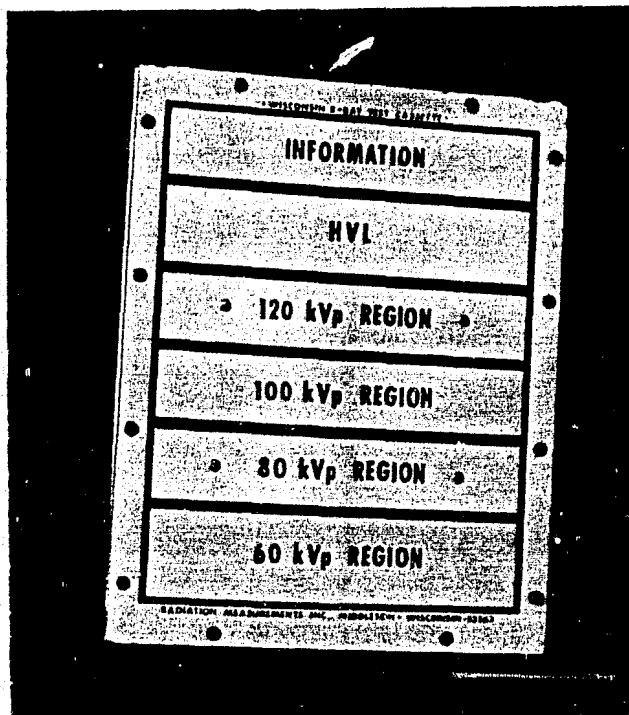


Figura 7. Chasis para prueba de voltaje

Cuando el chasis es expuesto a los rayos X la pantalla intensificadora emite luz y es detectada por la película radiográfica. Hay un espesor del absorbente de cobre (cuña escalonada) el cual - es llevado sobre la pantalla intensificadora sin atenuar, resultando una densidad óptica en la película radiográfica igual a la obtenida sin absorbedor pero con atenuador óptico.

Las cuatro cuñas escalonadas tienen diferentes espesores para

medir el voltaje sobre un amplio intervalo sin sacrificar precisión. Las cuñas escalonadas están diseñadas de tal manera que de izquierda a derecha el espesor igualado para 60, 80, 100 y 120 -- kV_p estén cerca de los pasos del centro.

El quinto par de columnas es usado para la determinación del HVL. No se usa filtro porque la capa hemirreductora depende de la distribución de energía.

APARATO PARA PRUEBA DE MANCHA FOCAL (PRUEBA DEL PUNTO FOCAL)

Descripción.

El aparato consiste de un patrón metálico que tiene once grupos, cada uno con seis ranuras, tres colocadas en forma horizontal y las otras en forma vertical. El espacio entre las ranuras -- va desde 0.6 hasta 3.5 pares de líneas por milímetro. El patrón -- se encuentra montado al centro de una placa de acrílico emplomado de 10 x 10 cm, esta a su vez, se encuentra a una altura de 15 cm de otra placa de acrílico de 10 x 10 cm, sostenida por cuatro tubos de aluminio (figura 8).

Principio de Operación.

Dependiendo del tamaño del punto focal utilizado en un equipo de rayos X será la capacidad para resolver las ranuras del patrón metálico.

Un punto focal perderá su poder de resolución al irse dañando paulatinamente. En general todos los equipos serán capaces de resolver más de cuatro grupos en condiciones óptimas.

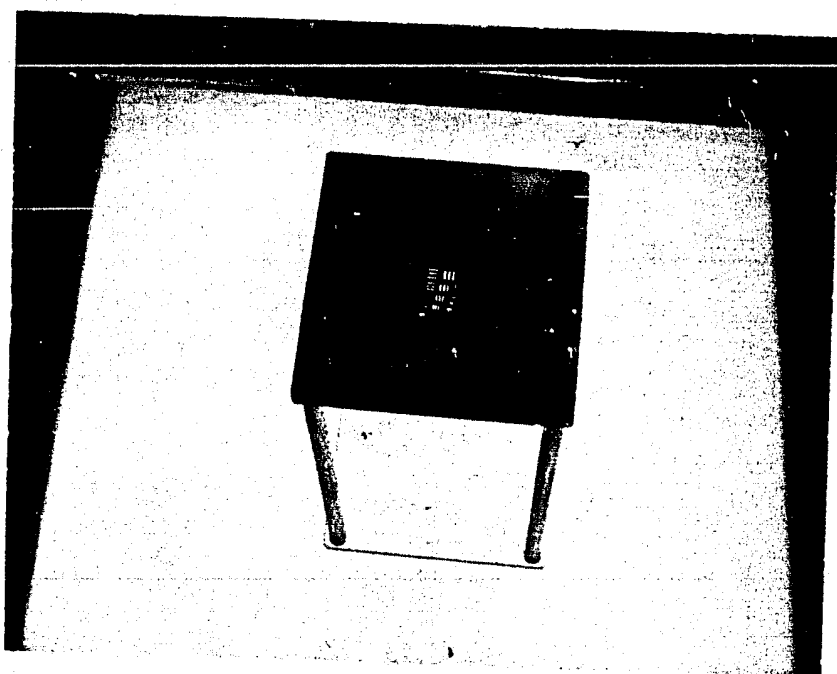


Figura 8. Aparato para prueba de mancha focal

PROCEDIMIENTOS

PRUBA DEL COLIMADOR

Objetivo.

Verificar la congruencia entre campo luminoso y campo de radiación.

Material y equipo.

Cinta métrica.

Chasis portapelícula de 20 x 25 cm.

Película radiográfica virgen.

Aparato para prueba del colimador.

Procedimiento.

- 1.- Ajustar la fuente* sobre la línea central de la mesa a una distancia de un metro de la placa.
- 2.- Colocar el chasis portapelícula bajo la fuente.
- 3.- Colocar el aparato de prueba sobre el chasis portapelícula**.
- 4.- Colimar el haz luminoso sobre el área marcada en el aparato de prueba por líneas negras gruesas.
- 5.- Realizar un disparo con la técnica apropiada (ver técnicas página 39).
- 6.- Anotar los valores empleados en la forma de registro (página 40).

*Entiéndase como fuente el tubo de rayos X.

**Colocar el aparato de prueba de tal forma que la marca cuadrada siempre quede junto al pedestal para que en caso de no existir -- congruencia entre el haz luminoso y el haz de radiación se pueda determinar la dirección del error.

7.- Revelar.

Observaciones.

En dos casos no se realiza la prueba: Cuando el equipo utiliza un sistema de colimación diferente a diafragma luminoso y cuando el haz luminoso del colimador no marque el área a irradiar. - En el primer caso se informa que la prueba no es aplicable y en el segundo que el diafragma luminoso se encuentra sin operar.

Si se presenta el caso en el cual el equipo de rayos X no tuviera los valores recomendados para la realización de la prueba, habrá que ajustar los mismos de tal manera que se cumpla $mAs=100$, o sea, que el producto de la corriente, en miliamperes por el tiempo, en segundos, sea igual a 100.

PRUEBA DE TIEMPO

Objetivo.

Verificar que el valor del tiempo marcado en el tablero de control coincida con el tiempo real de exposición.

Material y equipo.

Cinta métrica.

Chasis portapelícula de 20 x 25 cm.

Película radiográfica virgen.

Placas de plomo.

Aparato para medición del tiempo de exposición.

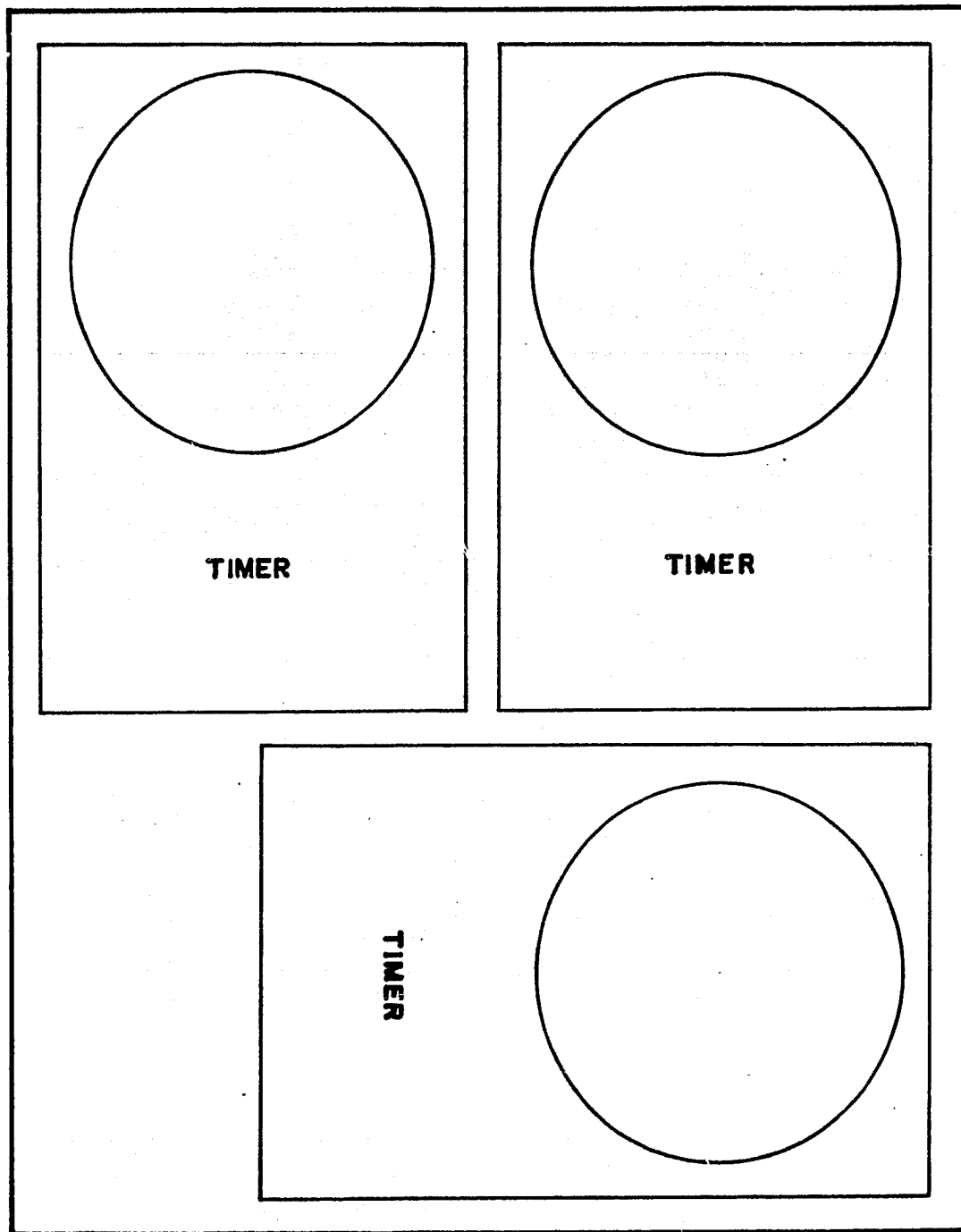
Extensión eléctrica.

Procedimiento.

- 1.- Ajustar la fuente sobre la línea central de la mesa, a una distancia de un metro de la placa.
- 2.- Colocar el chasis portapelícula bajo la fuente.
- 3.- Colocar el aparato para prueba de tal manera que se realicen tres exposiciones sobre la misma placa.
- 4.- Conecte el aparato de prueba a la toma de corriente (che--car que se encuentre funcionando y antes de realizar la --prueba debe tener por lo menos 10 minutos funcionando).
- 5.- Colimar el haz luminoso únicamente sobre el aparato de --prueba.
- 6.- Cubrir el resto del chasis con las placas de plomc.
- 7.- Realizar un disparo con la técnica apropiada (página 39).
- 8.- Realizar las otras dos técnicas sobre el resto del chasis--sin olvidar cubrir las regiones ya expuestas.
- 9.- Anotar los valores empleados en la forma de registro (pá--gina 40).
- 10.- Revelar.

Observaciones.

Observe el dibujo siguiente que explica la colocación del aparato de prueba.



En la realización de esta prueba se determina la congruencia - del tiempo de exposición entre el valor del tablero y el tiempo -- real de exposición, además se verifica la corriente para lo cual - es necesario aplicar correctamente las técnicas 0.2s, 0.1s, 0.05s y 50 mA, 100 mA y 200 mA respectivamente, manteniéndose constante el producto corriente-tiempo.

Por un lado si el tablero del equipo no posee los valores de tiempo o corriente requeridos se buscará que el producto corrient-tiempo se aproxime a 10 mAs de preferencia que el valor sea su perior.

PRUEBA DE VOLTAJE

Objetivo.

Verificar la congruencia entre el voltaje marcado en el table-ro de control y el valor real aplicado por el generador al tubo de rayos X y además medir el espesor del filtro (valor de la capa he-mirreductora).

Material y equipo.

Cinta métrica.

Chasis portapelícula especial (chasis Wisconsin).

Película radiográfica virgen de 20 x 25 cm.

Placas de plomo.

Procedimiento.

- 1.- Ajustar la fuente sobre la línea central de la mesa, a una distancia de un metro de la placa.

- 2.- Colocar el chasis portapelícula bajo la fuente.
- 3.- Colimar el haz luminoso sobre la región de "HVL" conjuntamente con la región "INFORMATION".
- 4.- Cubrir las regiones restantes con las placas de plomo*.
- 5.- Realizar un disparo con la técnica apropiada (página 39).
- 6.- Consecutivamente realizar un disparo sobre cada región de voltaje con la técnica apropiada, sin olvidar cubrir las regiones que no interesan.
- 7.- Anotar los valores utilizados en la forma de registro (página 40).
- 8.- Revelar.

Observaciones.

Todas las pruebas se pueden realizar en un margen de ± 5 kV del marcado en la región del chasis. Si el aparato no posee algún valor de kilovoltaje de los requeridos se informara como: no aplicable y si no posee el valor de corriente-tiempo según lo recomendado, se solicitará un valor que se le aproxime, de preferencia - que sea superior.

*Al cubrir las regiones que no interesan se debe abrir el diafragma para abarcar una área mayor y evitar repeticiones de tomas, ya que no se sabe si el colimador opera en condiciones óptimas.

PRUEBA DE MANCHA FOCAL

Objetivo.

Verificar que el blanco no se encuentre dañado.

Material y equipo.

Cinta métrica.

Chasis portapelícula de 20 x 25 cm.

Película radiográfica virgen.

Placas de plomo.

Aparato de prueba para mancha focal.

Procedimiento.

- 1.- Ajustar la fuente sobre la línea central de la mesa a una distancia de 60 cm de la placa.
- 2.- Colocar el chasis portapelícula bajo la fuente.
- 3.- Colocar el aparato para prueba en una mitad del chasis -- portapelícula.
- 4.- Proteger la otra mitad con las placas de plomo.
- 5.- Colimar sobre la placa superior del aparato de prueba.
- 6.- Realizar un disparo con la técnica apropiada (página 39) utilizando el foco fino.
- 7.- Anotar los valores utilizados en la forma de registro (página 40).
- 8.- Colocar el aparato para prueba sobre la mitad del chasis - portapelícula anteriormente protegida.
- 9.- Proteger con una placa de plomo la mitad ya expuesta.

10.- Realizar un disparo con la técnica apropiada (página 39) utilizando ahora el foco grueso.

11.- Anotar los valores utilizados en la forma de registro -- (página 40).

12.- Revelar.

Observaciones.

Realizar solamente un disparo cuando se encuentre el equipo - con un solo foco. Marcar con una moneda, clip, etc., la prueba -- del foco grueso.

TECNICAS RECOMENDADAS

PRUEBA		DISTANCIA FOCO-PLACA (m)	VOLTAJE (kV)	CORRIENTE (mA)	TIEMPO (s)	CORRIENTE- TIEMPO (mAs)
COLIMADOR		1.0	50			2
TIEMPO DE EXPOSICION	A	1.0	70	200	0.05	10
	B	1.0	70	100	0.1	10
	C	1.0	70	50	0.2	10
VOLTAJE	A	0.5	60			150
	B	1.0	80			90
	C	1.0	100			20
	D	1.0	120			6
HVL		1.0	60			4
MANCHA FOCAL	FOCO FINO	0.6	50 a 60	<100		3 0 5
	FOCO GRUESO	0.6	50 a 60	>100		3 0 5

FORMA DE REGISTRO

INSTITUCION _____

SALA No. _____ FECHA _____

TIPO DE PRUEBA		EN EL APARATO			RESULTADOS	OBSERVACIONES
		kVp	mAs	s		
COLIMADOR						
TIEMPO DE EXPOSICION	A					
	B					
	C					
VOLTAJE	A					
	B					
	C					
	D					
HVL						
MANCHA FOCAL	FOCO FINO					
	FOCO GRUESO					

REALIZADO POR: _____

DEL EQUIPO:

MARCA _____

TIPO _____

FUNCION _____

I N T E R P R E T A C I O N

COLIMADOR

Congruencia haz luminoso-haz de radiación.

Observar el campo irradiado y los marcos límite que aparecen sobre la placa radiográfica. Anotar en la forma de registro el número de lados de cada uno de los marcos, interior y exterior. En la figura 9 se presenta el resultado de esta --- prueba.

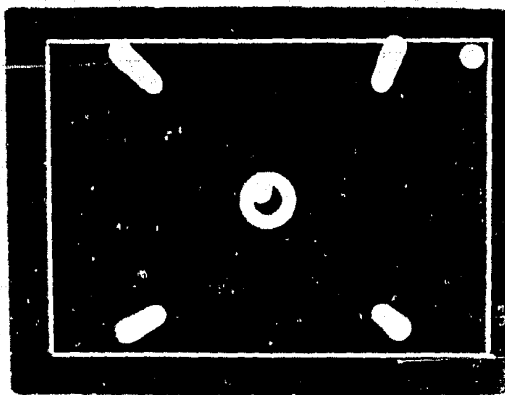


Figura 9. Prueba de Colimador.

TIEMPO DE EXPOSICION

En cada una de las exposiciones medir el ángulo de barrido -- con un transportador*; tomando en cuenta que 360° equivalen a -

*Para medir el ángulo de barrido, el transportador debe estar completamente centrado con respecto al círculo generado en la imagen radiográfica.

un segundo, realizar la conversión y anotar el valor encontrado en la forma de registro. En la figura 10 se presenta el resultado de esta prueba.

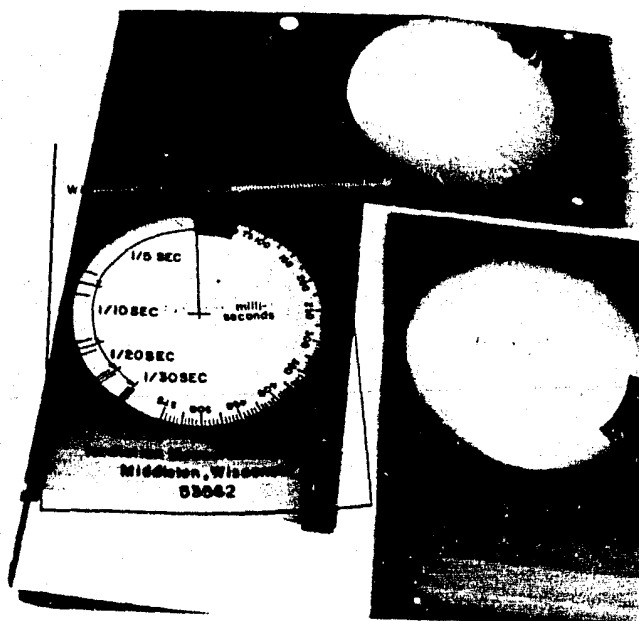


Figura 10. Prueba de Tiempo.

VOLTAJE

Sobre la placa radiográfica se observan cinco regiones A, B, C, D y HVL, con diez pares de círculos cada una y numerados del uno al diez. De cada región la columna de círculos que aparece a la derecha es de referencia mientras que la izquierda es variable. Con el densitómetro se mide la densidad óptica de cada círculo de cada región. Anotar el número asignado al círculo en el cuál se encontró coincidencia con el valor de densidad óptica de la columna de referencia

y con este valor se localiza en su tabla de calibración respectiva, el valor del voltaje asociado para las regiones A, B, C y D, mientras que para la región del HVL se localiza el espesor del filtro asociado en milímetros de aluminio. Anotar los valores encontrados en la forma de registro. En la figura 11 se presenta el resultado de esta prueba.

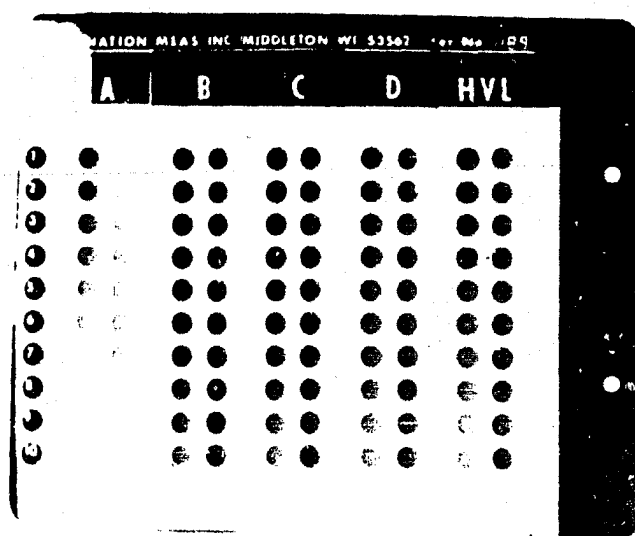


Figura 11. Prueba de Voltaje.

MANCHA FOCAL

Observar cuantos grupos de barras define claramente. Anotar el número de grupos definidos en la forma de registro. En la figura 12 se muestra el resultado de esta prueba.

TABLAS DE CALIBRACION DE LOS CHASIS EMPLEADOS EN LA PRUEBA DE VOLTAJE

Chasis	Paso	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Región										
1189	A (kV)	45	48	52	55	58	61	65	68	71	74
	B (kV)	69	72	74	76	78	81	83	85	87	90
	C (kV)	88	91	94	97	100	103	106	110	113	116
	D (kV)	103	107	112	116	120	124	129	133	137	141
	HVL (mm Al)	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.3	3.6
1190	A (kV)	48	51	54	56	59	62	64	67	70	72
	B (kV)	69	72	74	76	79	81	84	86	88	91
	C (kV)	88	91	95	98	102	105	109	112	116	119
	D (kV)	99	104	109	113	118	123	128	132	137	142
	HVL (mm Al)	1.1	1.4	1.7	2.0	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9
1191	A (kV)	47	51	54	57	61	64	67	71	74	77
	B (kV)	69	72	75	77	80	82	85	88	90	93
	C (kV)	89	93	96	99	103	106	109	113	116	120
	D (kV)	102	106	110	114	119	123	127	131	135	140
	HVL (mm Al)	---	---	1.2	1.8	2.3	1.7	3.0	3.2	---	---

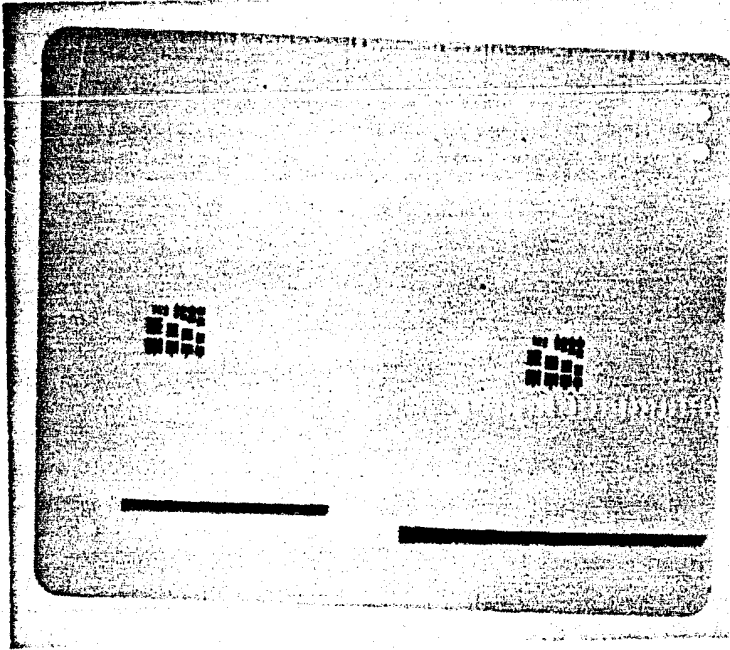


Figura 12. Prueba de Mancha Focal.

CRITERIOS DE ACEPTACION

COLIMADOR

Congruencia del haz luminoso y del haz de radiación. Para que la prueba se considere aceptada el área irradiada tan solo debe presentar los cuatro lados del marco interno, cualquier otra presentación se considera no aceptada.

Anotar en la forma de registro si la prueba fue aceptada o no.

TIEMPO DE EXPOSICION

Los valores reales de tiempo de exposición anotados en la forma de registro se encuentran en los límites de aceptación si no exceden de:

$\pm 1/120$ de segundo para el valor de $1/20$ de segundo (0.05s)

$\pm 1/60$ de segundo para el valor de $1/10$ de segundo (0.10s)

$\pm 1/30$ de segundo para el valor de $1/5$ de segundo (0.20s)

con respecto a los del tablero de control. Anotar en la forma de registro, para cada región de tiempo, si la prueba fue aceptada o no.

VOLTAJE

Se consideran voltajes de operación aceptables si el valor entregado por el tubo de rayos X no excede de ± 6 kilovolts para cada región, con respecto a los valores anotados.

Para la región de la capa hemirreductora (HVL) el espesor del filtro no debe ser menor de 1.5 milímetros de aluminio para voltajes entre 60 kV y 70 kV. Anotar los resultados en la forma de registro.

MANCHA FOCAL

Para ser aceptada la prueba se deben definir cuatro de los on ce grupos que tiene al aparato de prueba para ambos focos (fi no y grueso). Anotar el número de grupos definidos en la forma de registro.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de una vi sita y que corresponden a las figuras 9,10,11 y 12.

FORMA DE REGISTRO

INSTITUCION SEGURIDAD SOCIAL

SALA No. 1 FECHA 16 Julio 85
 MARCO A. Maldonado Rivera
 REALIZADO POR: Valentin Yanez Sanchez

TIPO DE PRUEBA		EN EL APARATO			RESULTADOS		OBSERVACIONES
		kVp	mAs	s			
COLIMADOR		50	2		4 lados marco interno	ACEPTADO	
TIEMPO DE EXPOSICION	A	70	10	.05	.055s	ACEPTADO	10% arriba del valor del tablero
	B	70	12	.12	.11s	ACEPTADO	83% abajo del valor " "
	C	70	10	.20	.24s	NO ACEPTADO	20% arriba " " " "
VOLTAJE	A	60	120		61kV	ACEPTADO	1kV " " " " "
	B	80	96		81kV	ACEPTADO	1kV " " " " "
	C	100	18		97kV	ACEPTADO	3kV por abajo del valor del tablero
	D	120	6		116kV	ACEPTADO	4kV " " " " "
HVL		60	4		1.9mm Al	ACEPTADO	
MANCHA FOCAL	FOCO FINO	50	4		5 qpos. definidos	ACEPTADO	
	FOCO GRUESO	50	4		5 qpos definidos	ACEPTADO	

DEL EQUIPO:
 MARCA FISCHER TIPO FIJO FUNCION RADIOGRAFIA

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de las verificaciones aparecen en una forma simplificada en la tabla 1. La presentación de los resultados fue agrupada de tal forma que correspondieran a los criterios de aceptabilidad, por ejemplo: en mancha focal se agruparon de -- acuerdo al número de grupos definidos del aparato de prueba, mientras que en el voltaje se agruparon de acuerdo a la diferencia numérica que se encontraba entre el voltaje real y el marcado en el tablero de control.

La prueba de colimador, así como todas las demás pruebas aparecen en la tabla 2 presentando los porcentajes de equipos aceptados así como el número de ellos que fue evaluado.

Otra forma de presentación de los resultados son los histogramas para cada una de las pruebas anexándose el porcentaje real de aceptación del total de los equipos existentes localizándose en el extremo superior derecho de cada histograma.

TABLA 1. RESULTADOS AGRUPADOS PARA CADA PRUEBA.

MANCHA FOCAL			TIEMPO DE EXPOSICION				VOLTAJE					H V L (CAPA HEMIRREDUCTORA)	
NUMERO DE GRUPOS DEFINIDOS	FOCO FINO	FOCO GRUESO	DESVIACION (%)	REGION A	REGION B	REGION C	DIFERENCIA EN KILOVOLTS	REGION A	REGION B	REGION C	REGION D	INTERVALO	FRECUENCIA DE EQUIPOS
	FRECUENCIA DE EQUIPOS	FRECUENCIA DE EQUIPOS		FRECUENCIA DE EQUIPOS	FRECUENCIA DE EQUIPOS	FRECUENCIA DE EQUIPOS		FRECUENCIA DE EQUIPOS	FRECUENCIA DE EQUIPOS	FRECUENCIA DE EQUIPOS			
0	0	1	Mayor de 20	4	7	7	Mayor de 8	7	2	0	1	0.9 - 1.1	7
1	5	15	16 a 20	0	0	3	7 a 8	14	4	1	0	1.2 - 1.4	13
2	7	24	11 a 15	2	2	0	5 a 6	3	9	4	3	1.5 - 1.7	24
3	10	28	6 a 10	3	5	4	3 a 4	24	22	5	1	1.8 - 2.0	32
4	34	30	1 a 5	3	1	8	1 a 2	19	15	11	1	Mayor de 2.0	61
5	12	2	0	53	59	50	0	1	9	3	5		
6	31	4	-1 a -5	23	11	11	-1 a -2	25	20	17	7		
7	23	2	-5 a -10	2	16	8	-3 a -4	2	13	20	5		
8	7	4	-11 a -15	2	3	14	-5 a -6	10	17	30	16		
9	3	0	-15 a -20	4	12	7	-7 a -8	0	12	3	10		
10	3	0	Inferior a -20	7	4	6	Inferior a -8	15	15	41	42		

TABLA 2. PORCENTAJE DE EQUIPOS ACEPTADOS EN CADA PRUEBA.

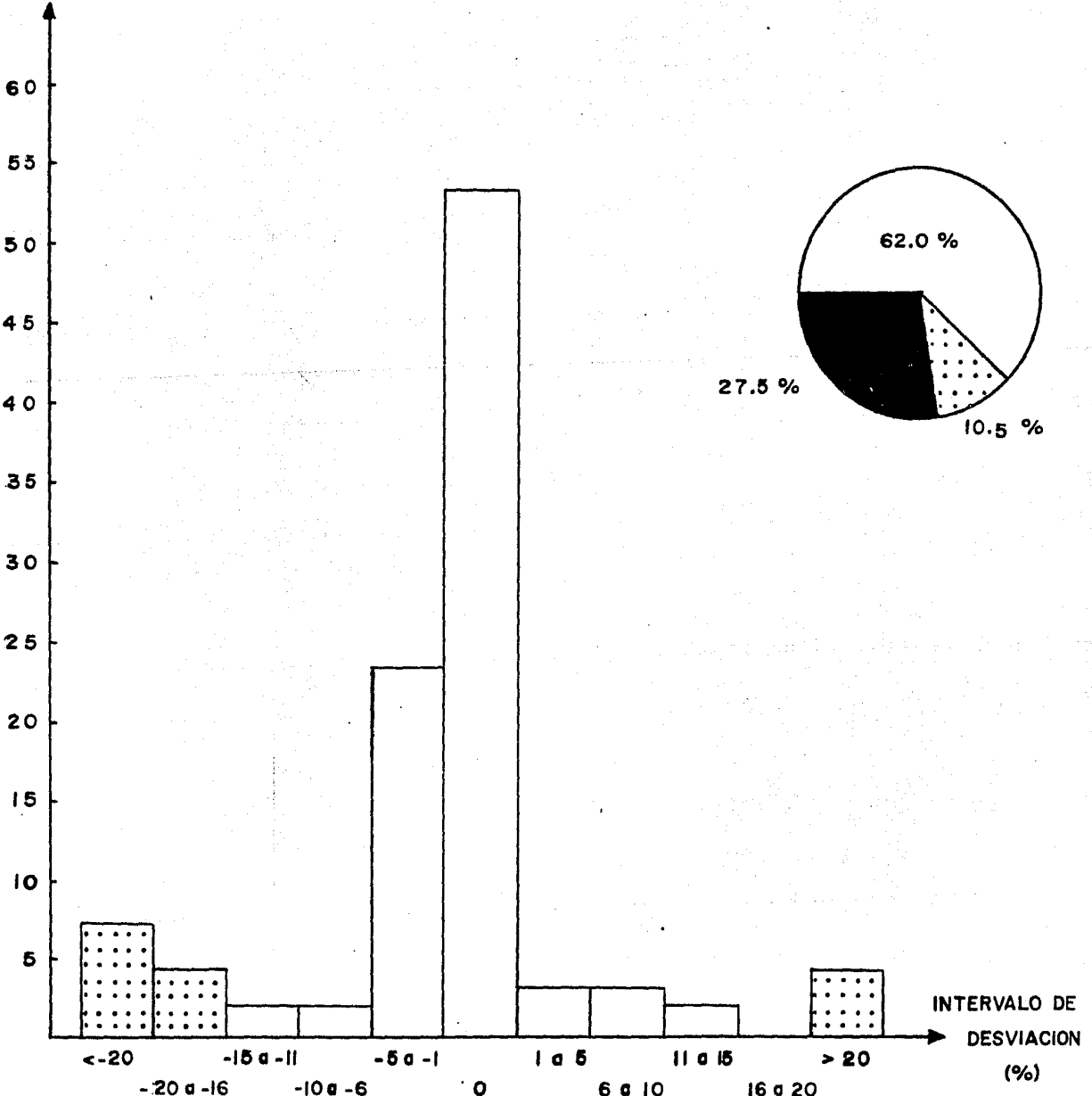
	COLIMADOR		MANCHA FOCAL				TIEMPO DE EXPOSICION						VOLTAJE								HVL	
			FOCO FINO		FOCO GRUESO		REGION A		REGION B		REGION C		REGION A		REGION B		REGION C		REGION D			
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
EQUIPOS VERIFICADOS	136	100	135	100	110	100	103	100	120	100	118	100	120	100	138	100	135	100	91	100	137	100
ACEPTADOS	114	84	113	84	42	38	88	85	97	81	95	81	84	70	105	76	90	67	38	42	117	85
NO ACEPTADOS	22	16	22	16	68	42	15	15	23	19	23	19	36	30	33	24	45	33	53	58	20	15




54

TIEMPO DE EXPOSICION

Región A

FRECUENCIA DE EQUIPOS

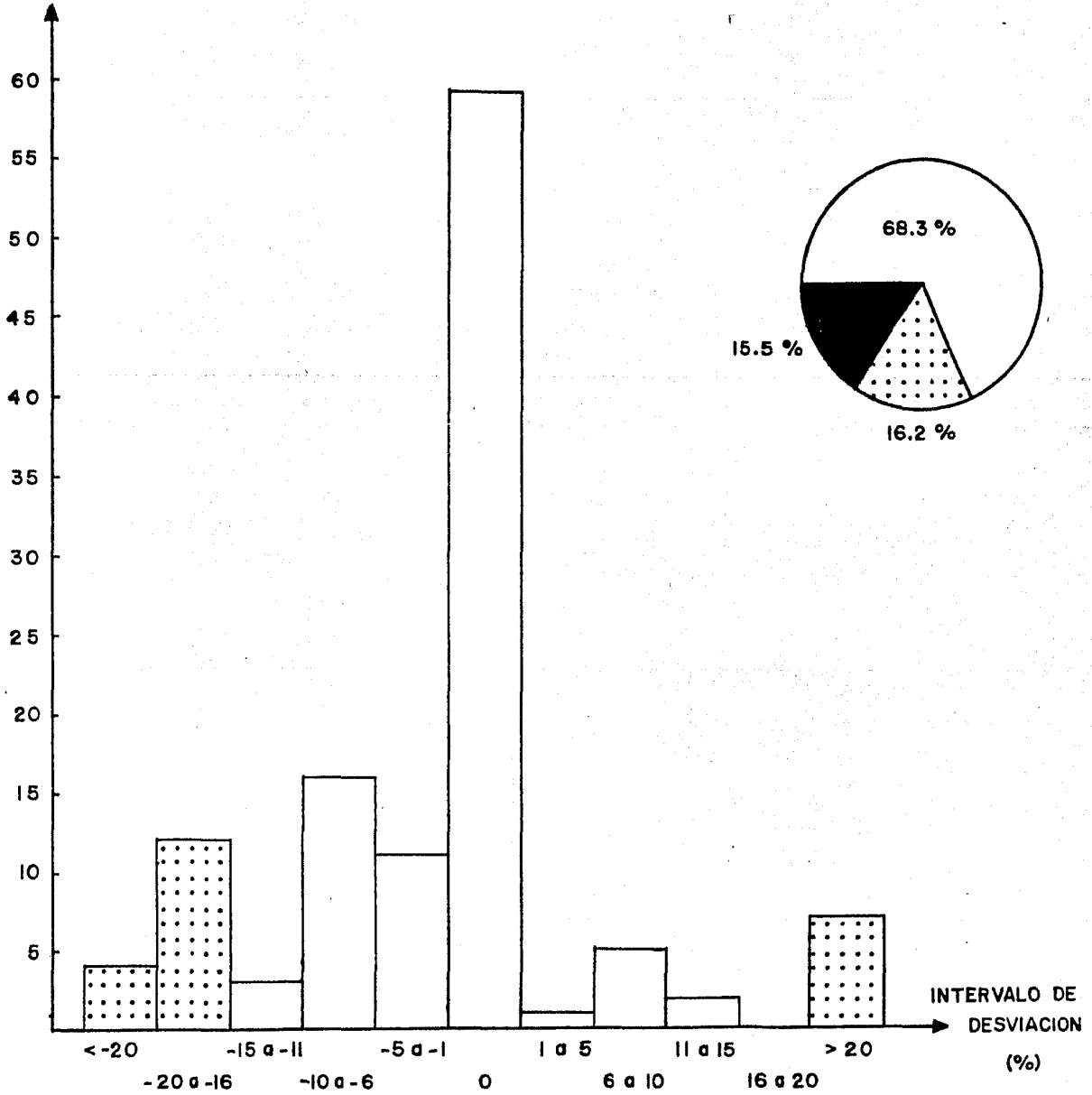





-  ACEPTADOS
-  NO ACEPTADOS
-  NO VERIFICADOS

TIEMPO DE EXPOSICION

Región B

FRECUENCIA DE EQUIPOS

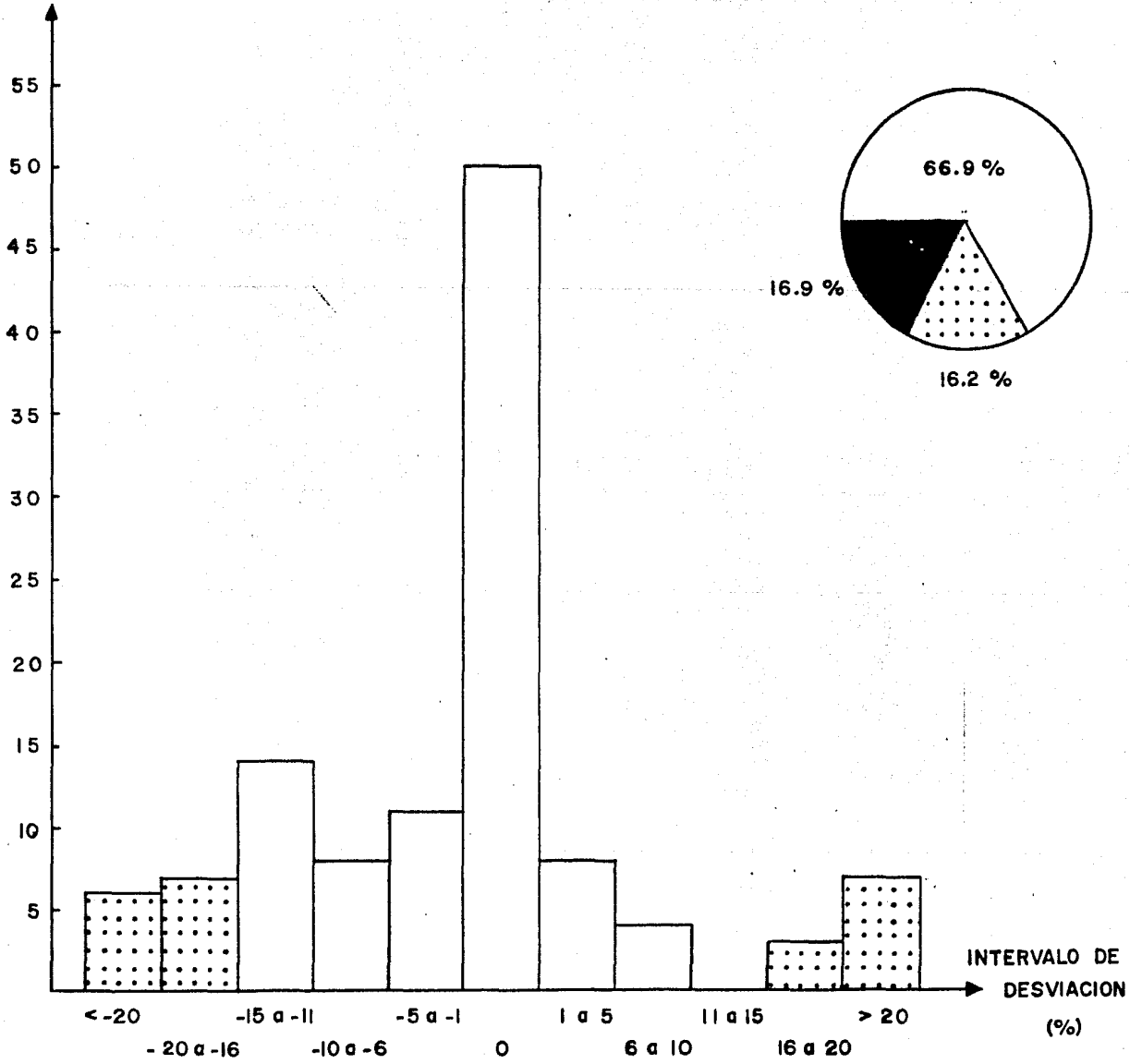





-  ACEPTADOS
-  NO ACEPTADOS
-  NO VERIFICADOS

TIEMPO DE EXPOSICION

Región C

FRECUENCIA
DE EQUIPOS

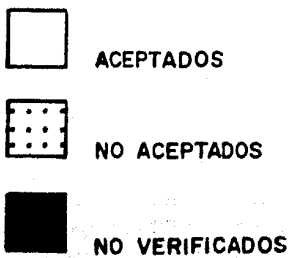
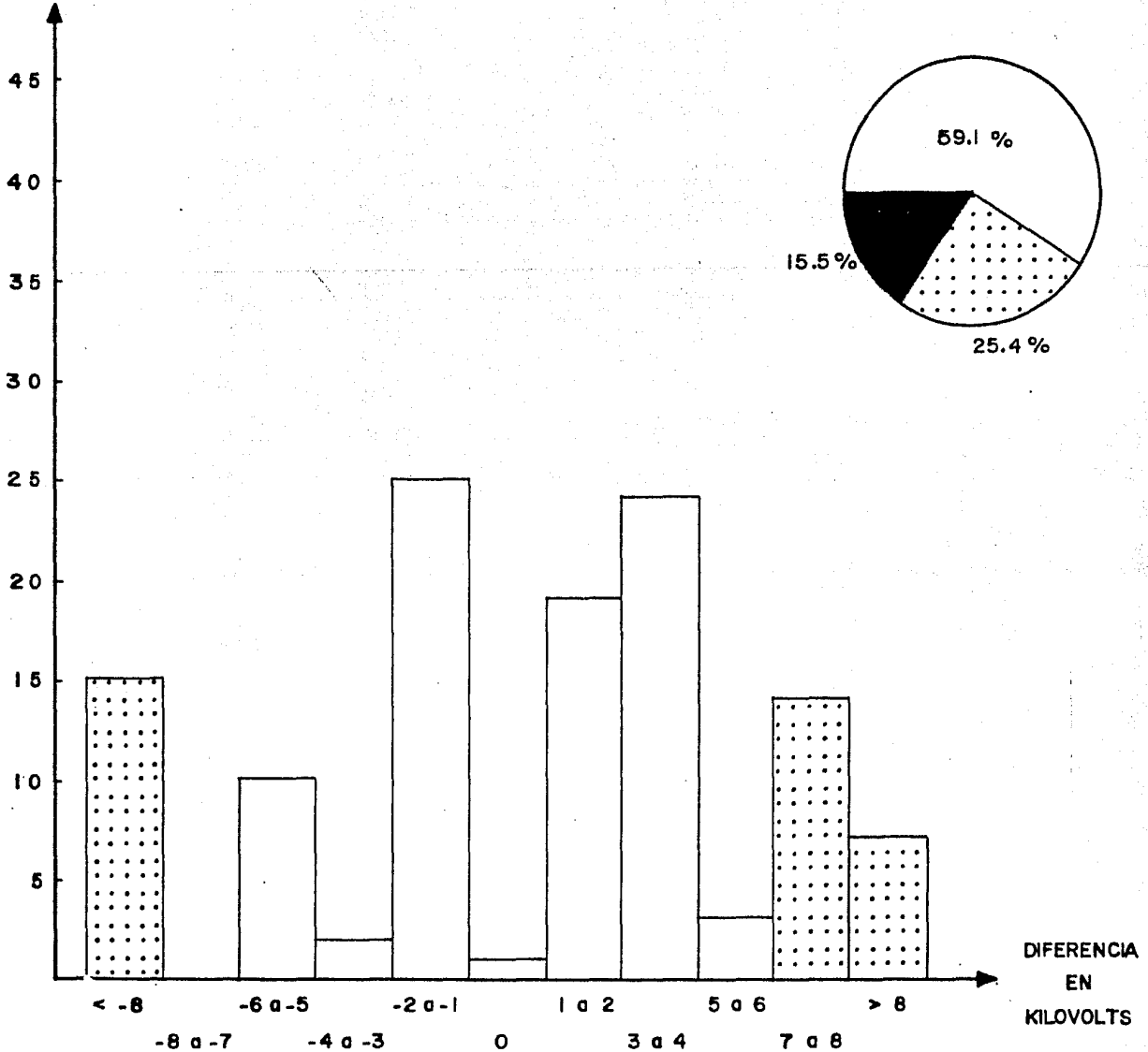


-  ACEPTADOS
-  NO ACEPTADOS
-  NO VERIFICADOS

VOLTAJE

Región A

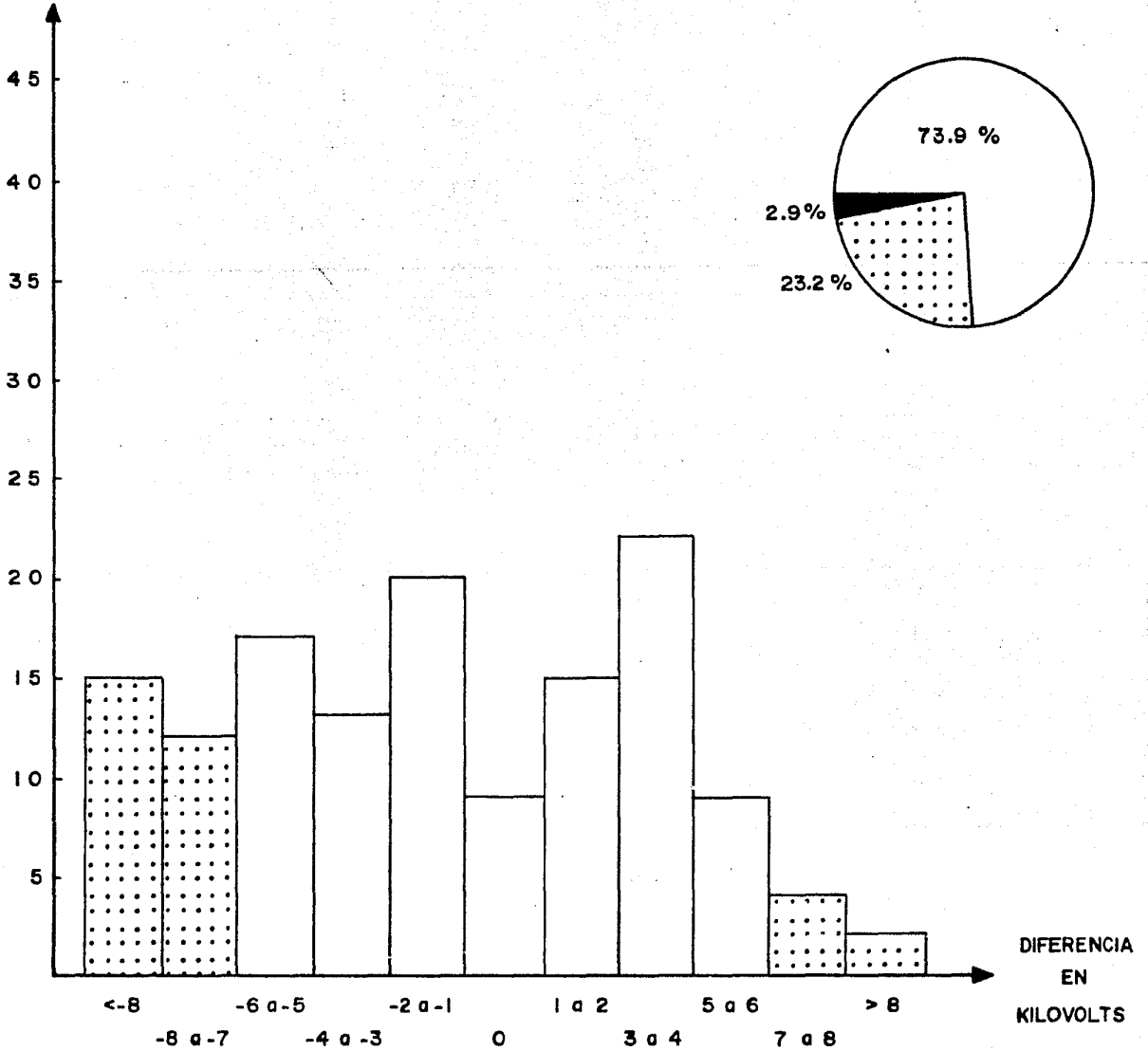
FRECUENCIA
DE EQUIPOS



VOLTAJE

Región B

FRECUENCIA DE EQUIPOS



ACEPTADOS



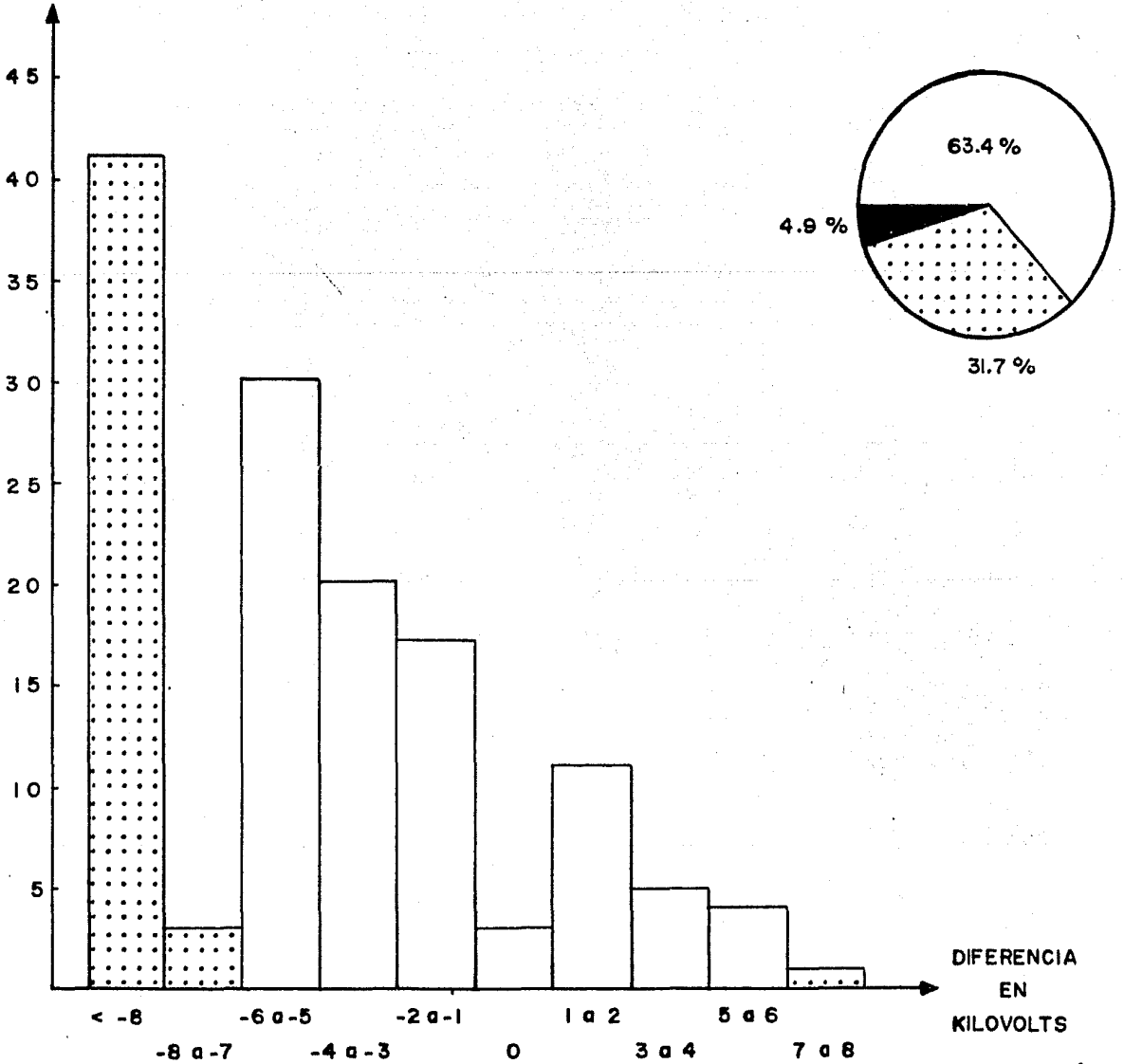
NO ACEPTADOS






NO VERIFICADOS

VOLTAJE
Región C

FRECUENCIA
DE EQUIPOS

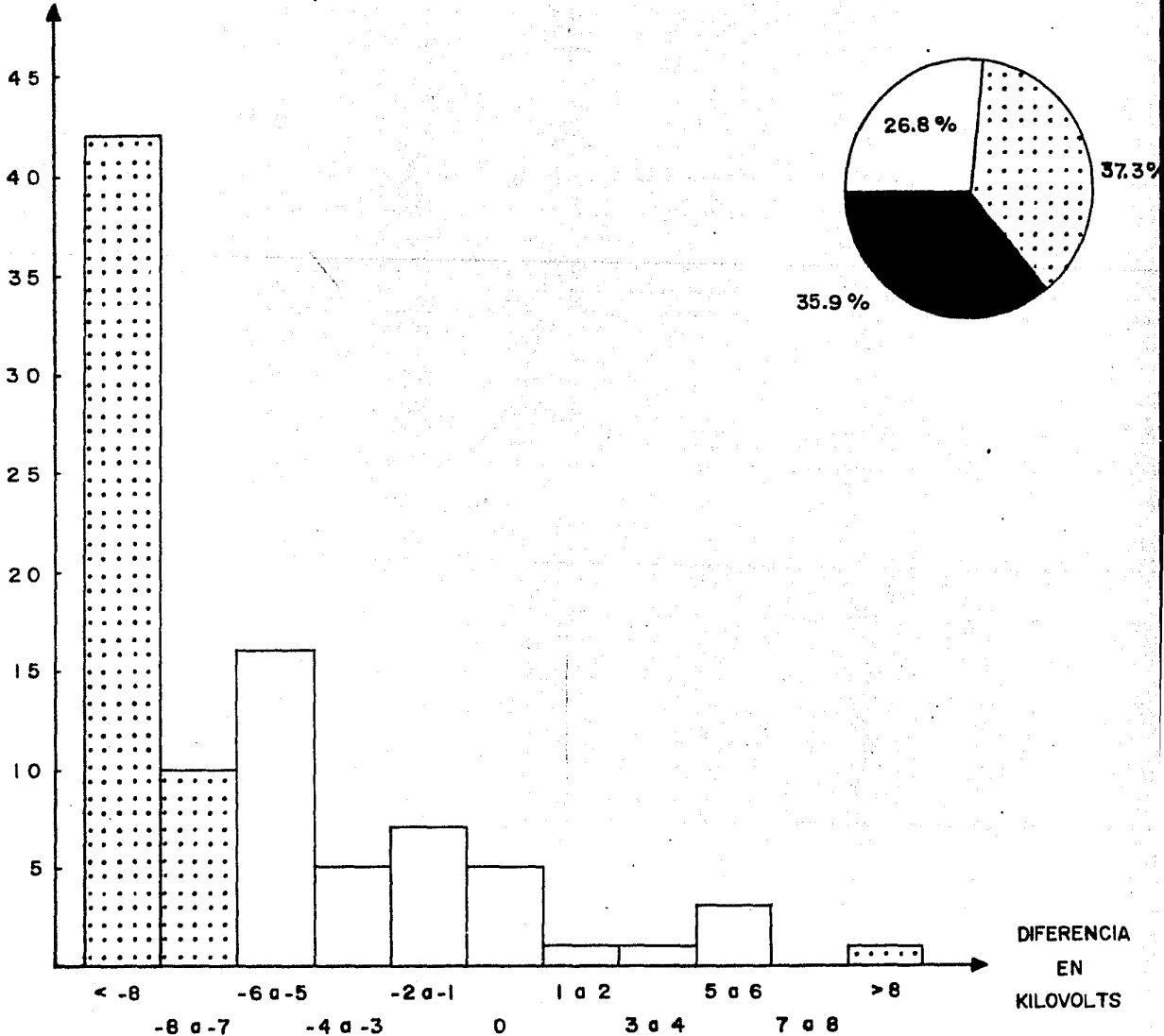





-  ACEPTADOS
-  NO ACEPTADOS
-  NO VERIFICADOS

VOLTAJE

Región D

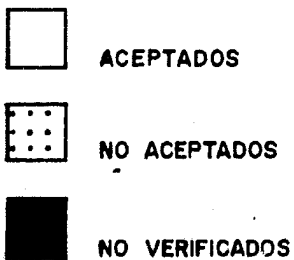
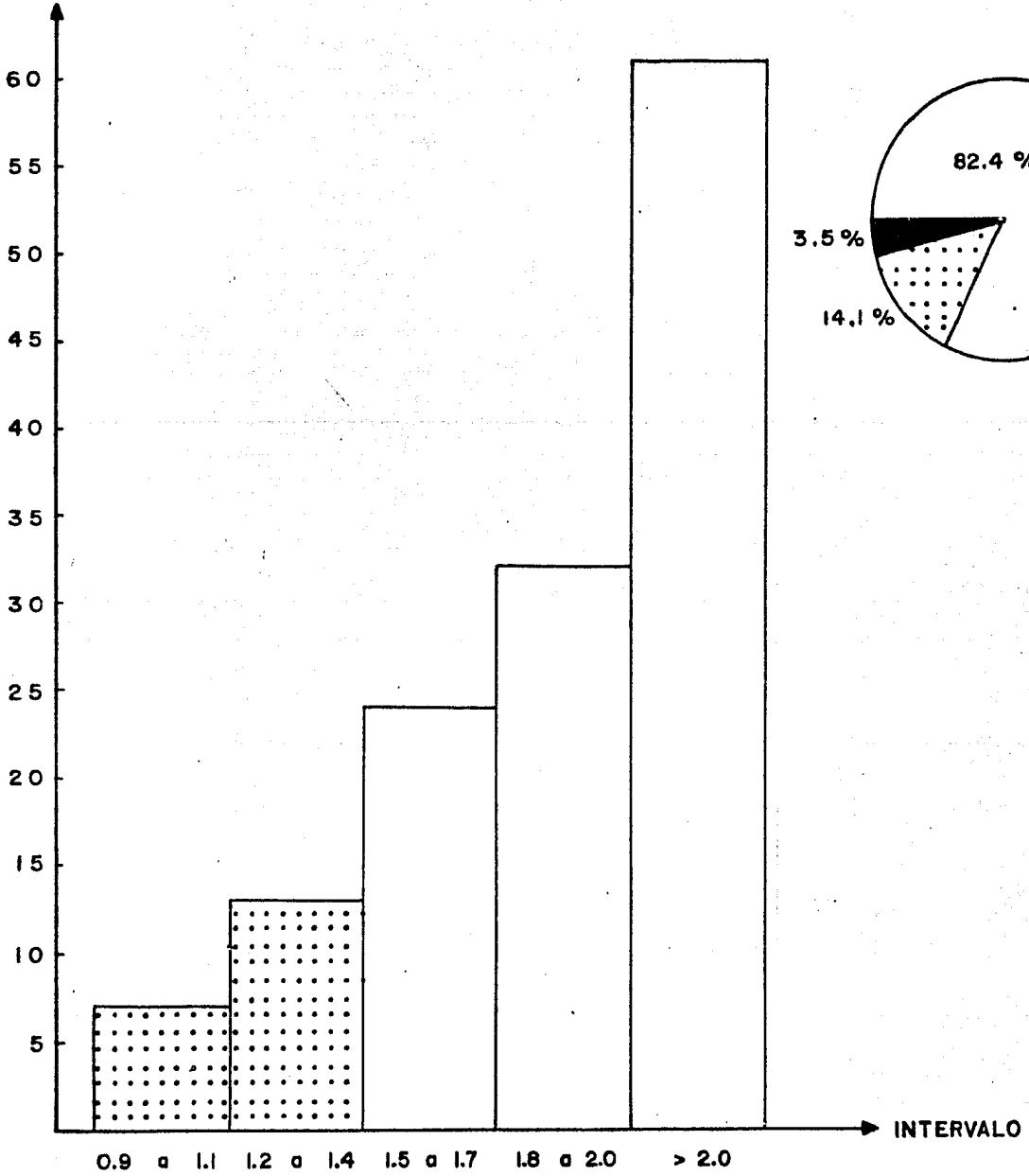
FRECUENCIA
DE EQUIPOS



-  ACEPTADOS
-  NO ACEPTADOS
-  NO VERIFICADOS

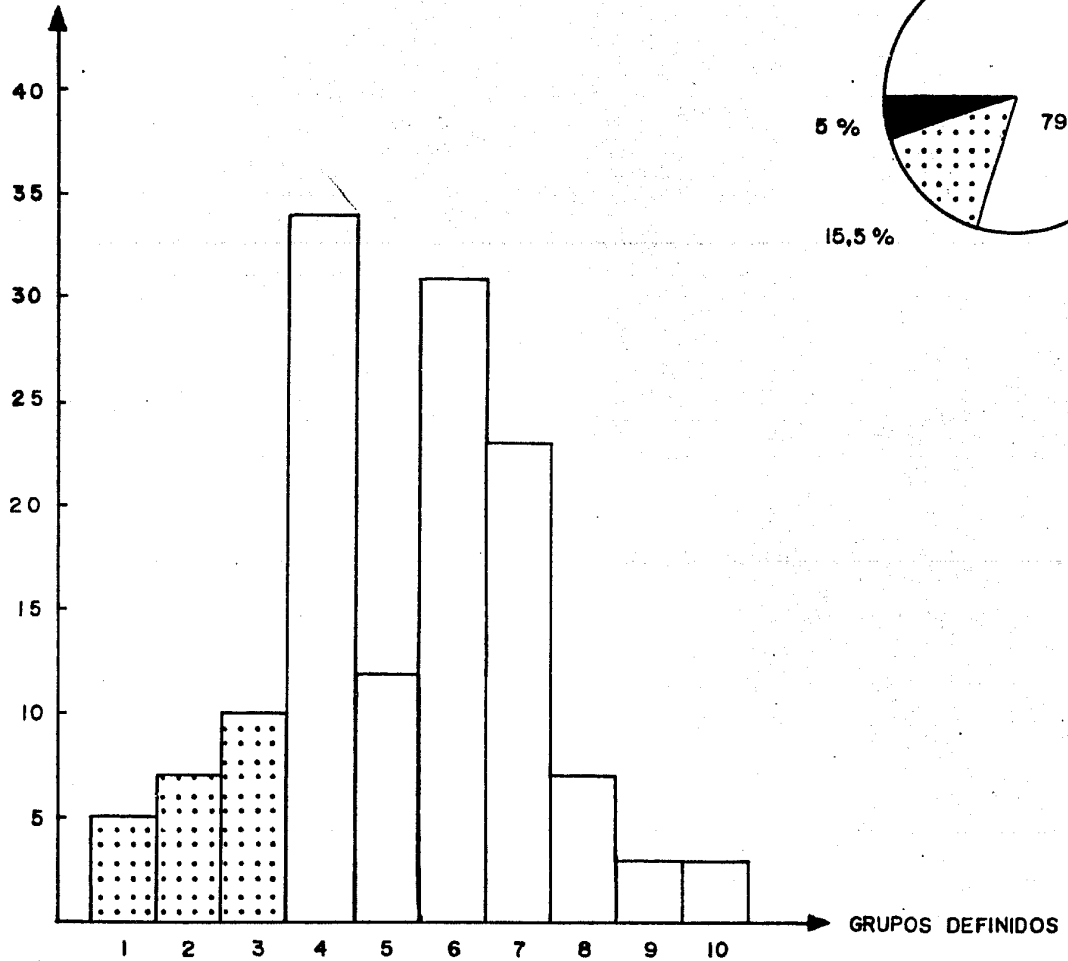
HVL




FRECUENCIA DE EQUIPOS



MANCHA FOCAL
Foco Fino

FRECUENCIA
DE EQUIPOS

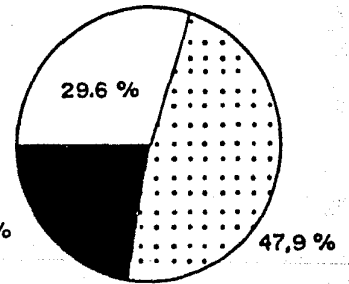
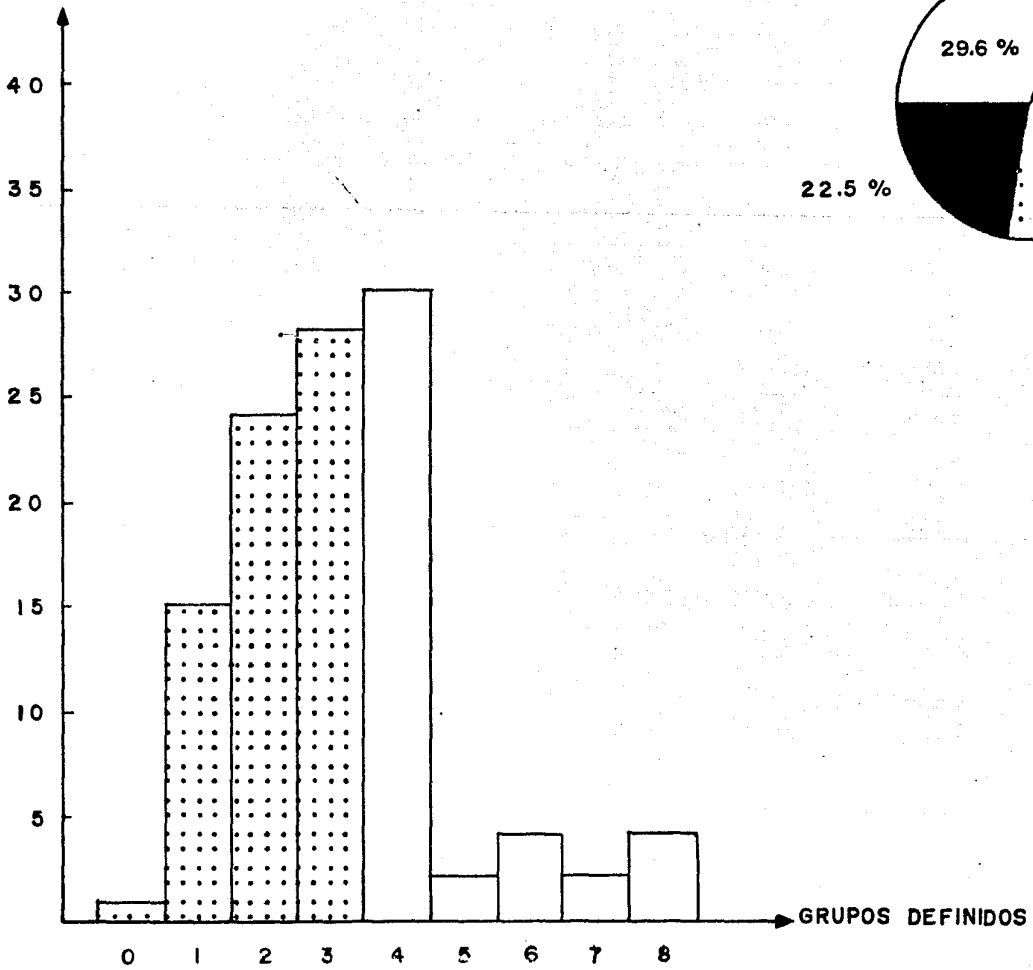


-  ACEPTADOS
-  NO ACEPTADOS
-  NO VERIFICADOS

MANCHA FOCAL

Foco Grueso

FRECUENCIA DE EQUIPOS



ACEPTADOS



NO ACEPTADOS



NO VERIFICADOS

ANALISIS DE RESULTADOS

COLIMADOR

TIEMPO DE EXPOSICION

VOLTAJE

HVL

MANCHA FOCAL

En forma general se encuentran descritas las técnicas óptimas para la realización de cada estudio; distancia, corriente, voltaje y tiempo de exposición; la inexactitud de alguno de los parámetros necesariamente repercute en la calidad de la imagen radiográfica y como consecuencia natural en la repetición del estudio y exposición extra a la radiación del paciente y personal.

En este análisis de resultados se hacen observaciones en cada uno de los parámetros evaluados además de las condiciones generales en que se encuentran los equipos de la Institución de Seguridad Social.

COLIMADOR. El 84% de los equipos revisados se encuentran en condiciones aceptables. (El número total de equipos existentes es de 142, de los cuales 136 se evaluaron).

Observaciones: la incongruencia entre el haz luminoso y el haz de radiación es notoria debido a que en un estudio radiográfico dada la imagen aparece cortada o extendida (irradiando zonas fuera de estudio); por esta razón es injustificable que no se realice el ajuste necesario, por otro lado, todavía más grave aún, es el hecho de que los equipos no evaluados (6) se encuentran operando sin el sistema luminoso, lo que quiere decir que los estudios radiográficos se realicen con el colimador abierto irradiando zonas fuera de estudio.

Conclusión: El porcentaje de equipos en buenas condiciones en este parámetro es aceptable. Lo que no se puede aceptar es el hecho de

que no se realice el ajuste necesario cuando la falla es notoria y mucho menos que un equipo opere sin el sistema de colimación.

TIEMPO DE EXPOSICION. Como los equipos operan en un intervalo de tiempo, se realizaron evaluaciones en tres valores diferentes de tiempo, alrededor de 0.2s, 0.1s y 0.05s. De los resultados se observa que más del 80% de los equipos se encuentran operando en condiciones aceptables.

Observaciones: La falla que existe en los equipos es electrónica y corresponde al técnico especializado corregirla.

Conclusión: El porcentaje de equipos en buenas condiciones en este parámetro es aceptable. Para poder detectar las fallas existentes es necesario un control de calidad a los equipos, mientras no se realice, la calidad de la imagen radiográfica se verá disminuida.

VOLTAJE. Se realizaron evaluaciones en cuatro valores diferentes de voltaje 60, 80, 100 y 120 kv. En general menos del 70% de los equipos se encuentran operando en condiciones aceptables.

Observaciones: La falla en este parámetro repercute en el contraste de la placa radiográfica por lo cual se hace necesaria su corrección por el técnico especializado ya que es de tipo electrónica. Capa hemirreductora (HVL). El 85% de los equipos tiene el tamaño de filtro adecuado (1.5 mm de Pb). Aquí tan solo es necesario añadir un material que complete el espesor de filtro correcto.

Observaciones: Al tener un espesor de filtro menor del especifica

do sucede que deja pasar radiación X de energía pequeña y no sirve para propósitos radiográficos y tan solo hace que aumente la dosis del paciente al ser absorbida por el cuerpo.

Conclusión: Una a una las fallas se van integrando y en conjunto nos disminuyen la calidad de la imagen radiográfica. Si bien una falla no es detectable a simple vista, las fallas en conjunto las hacen visibles.

MANCHA FOCAL. La prueba se realizó sobre los dos tamaños de focos, fino y grueso, que corresponden a una corriente baja (menor de 100 mA) y a una alta (mayor de 100 mA) respectivamente. De los resultados se observa al foco fino en condiciones aceptables mientras que en el foco grueso se detectan grandes fallas.

Observaciones: El desgaste mayor del foco grueso probablemente se deba a la creencia del técnico de que al usarlo se irradia menos, ya que su uso implica utilizar tiempos de exposición muy cortos. Caso contrario sucede con el foco fino debido a que su uso significa utilizar tiempos de exposición prolongados.

Conclusión: La observación anotada se trata de una falacia porque la dosis de exposición está dada por el producto corriente-tiempo. Se puede utilizar indistintamente el foco grueso y fino ajustando el tiempo de exposición para obtener la dosis indicada para el estudio y no tener un uso generalizado del foco grueso.

CONCLUSIONES

Las fallas en colimador, tiempo de exposición, corriente, voltaje, focos fino y grueso, se hacen evidentes cuando las personas solicitan el servicio de radiodiagnóstico y muchas veces es necesaria la repetición del estudio.

Si las técnicas para la realización del estudio ya están dadas y varían muy poco con el grosor de la persona, es lógico pensar -- que existe una falla en el equipo y si tan solo pensarán en mejorar la eficiencia deberían realizar periódicamente un control de calidad a los equipos.

El hecho grave no es el equipo sino la dosis de radiación extra -- que reciben tanto el paciente como el personal. Definitivamente -- no podemos hacer un uso indiscriminado de los rayos X, si bien son una ayuda necesaria en el diagnóstico, debemos pensar en los riesgos intrínsecos que llevan el hacer uso de cualquier fuente de radiación ionizante.

Para realizar la evaluación del equipo de rayos X existe una extensa variedad de aparatos y marcas pero pensamos que la manera más -- apropiada sería que la autoridad sanitaria fuera la encargada de -- realizar dichas evaluaciones para tener un mejor control de estas -- fuentes de radiación ionizante.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alonso, Marcelo and Finn, Edward J.
Fundamental University Physics. Vol. II
Addison-Welsey Publishing Company.
U.S.A. 1967.
- 2.- Colegio Americano de Radiología.
Exámenes Radiológicos. Publicación Científica No. 229.
Organización Panamericana de la Salud-Organización-
Mundial de la Salud.
E.U.A. 1971.
- 3.- Eastman Kodak Co.
Elementos de Radiografía.
Eastman Kodak Co.
México. 1974
- 4.- Johns, Harold and Cunningham, John
The Physics of Radiology
Springfield, Illinois.
U.S.A. 1983.
- 5.- Manual de Operación del Equipo Wisconsin
Radiation Measurements Incorporated (RMI).
Middleton, Wisconsin, E.U.A. 1978.
- 6.- National Council on Radiation Protection and Measurements.
Basic Radiation Protection Criteria. Report No. 39
National Council on Radiation Protection and Measurements.
Washington D.C., U.S.A. 1971.
- 7.- National Council on Radiation Protection and Measurements.
Structural Shielding Design and Evaluation for Medical
Use of X Rays and Gamma Rays of Energies Up To 1- MeV.
Report No. 49
Washington D.C., U.S.A. 1976.
- 8.- Skvarca, Jorge y otros autores.
Manual Básico de Protección Radiológica. Vol. I
Organización Panamericana de la Salud.
Bogotá, Colombia. 1981
- 9.- Van Der Plaats.
Técnica de la Radiología Médica.
Biblioteca Técnica Philips.
Madrid, España. 1972.