

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS SISTEMAS DE VISUALIZACIÓN DE LAS PLACAS RADIOGRÁFICAS EN LOS CENTROS DE DIAGNÓSTICO POR IMAGEN DEL PARAGUAY

EVALUATION OF PERFORMANCE OF VIEWBOXES EMPLOYEES IN RADIOGRAPHIC PLATES IN IMAGING CENTERS OF PARAGUAY

F. J. GÓMEZ GRANCE¹, S. RAMÍREZ LEÓN¹, O. VUKUJEVIC², N. ZARACHO³

¹Publicación Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-Laboratorio de Ciencia Radiológica e Imagenología, Universidad Nacional de Asunción, Campus Universitario, San Lorenzo, Paraguay. E-mail: fjgrance@yahoo.com.

²Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias y el Ambiente, "Prof. Dr. Juan Max Boettner", INERAM-MSPyBS, Asunción, Paraguay.

³Servicio de Radiología del Hospital Nacional de Itaugua-MSPyBS, Itaugua, Paraguay.

Resumen: En el presente trabajo se determinó la luminancia de los negatoscopios y la iluminación ambiental de las salas de lectura en cinco centros de diagnóstico por imagen del país, para lo cual se contó con el equipamiento del Laboratorio de Ciencias Radiológicas e Imagenología (LCRI) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Del total de salas de lectura evaluadas, el 29,5%, presentaron iluminación ambiental por debajo de los 50 lux, y el 60,6% de los valores de luminancia se encuentran fuera de tolerancia, y sólo el 8,4 % de los negatoscopios cumplen con los límites de luminancia, considerados como recomendables (superior a 1500 cd/m²) para negatoscopios de uso convencional. Los negatoscopios utilizados en mamografía no alcanzaron los niveles de luminancia recomendados (superior a 3000 cd/m²), aunque estos también son utilizados para imágenes convencionales. Estos resultados demuestran la necesidad de mantener un programa de control de calidad en radiodiagnóstico, que garantice la calidad del negatoscopio y su mantenimiento preventivo a fin de contribuir a la reducción de errores en el diagnóstico.

Palabras claves: Imagen radiográfica, Control de calidad, Luminancia, Iluminación, Negatoscopio.

Abstract: In this paper luminance viewboxes and ambient lighting of the reading rooms is determined in five centers imaging of the country, for which he received the equipment of the Laboratory of Radiological Sciences and Imaging (LCRI) of the Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Of all reading rooms evaluated 29.5% had mood lighting below 50 lux, and 60.6% of the luminance values exhibit poor viewing conditions, and only 8.4% viewboxes comply with the limits luminance considered advisable (greater than 1500 cd/m²) for conventional viewboxes use. Viewboxes used in mammography did not reach recommended levels of luminance (greater than 3000 cd/m²), although these are also used for conventional images. These results demonstrate the need to maintain a quality control program in Diagnostic ensuring quality viewing box and preventive maintenance to help reduce errors in diagnosis.

Key words: radiographic imaging, quality control, luminance, illumination, viewboxes.

INTRODUCCIÓN

Una de las áreas médicas, que mayor progreso ha tenido los últimos años, es el radiodiagnóstico, tal es así, que actualmente en los países desarrollados, el 66 % de las decisiones médicas críticas, dependen de la información obtenida mediante alguno de los procedimientos de diagnóstico por imagen (Llorca, A. 1993).

Desde que se decide estudiar una estructura anatómica, hasta que se realiza el diagnóstico mediante la imagen de dicha estructura, se efectúa un

complejo trabajo en el que intervienen diferentes procesos físicos y médicos, como también equipos y especialistas, dependiendo unos de otros para obtener el mejor diagnóstico, que a su vez permite la mejor estrategia terapéutica, con el consecuente aumento de la calidad de vida de la población.

La calidad de la imagen estará determinada, por los diferentes equipos a utilizar, en función de las exploraciones que con ellos vayan a efectuarse (OIEA, 1997).

Entendiendo como "equipos" a todos los ele-

mentos del proceso de formación de la imagen: almacenamiento de películas, cuarto oscuro, chasis, película, procesadora de películas, generador, tubo de rayos X y negatoscopio, constituyendo este último, parte esencial de la “Garantía de Calidad” de todo servicio de Radiodiagnóstico (OIEA, 1997).

La interpretación precisa de los resultados, necesita de imágenes de buena calidad, además del buen funcionamiento de los equipos auxiliares como el negatoscopio (Llorca, A. 1993).

El presente trabajo evaluó los parámetros físicos que afectan el desempeño de los sistemas de visualización de las placas radiográficas, en los cinco (5) centros de diagnóstico por imágenes.

Los resultados de las evaluaciones indican, la necesidad de realizar controles de calidad periódicos y mantenimientos preventivos para mejorar la visualización de las placas radiográficas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en los servicios de radiodiagnóstico de cinco centros médicos de los Departamentos Central e Itapúa de la Región Oriental del Paraguay, en donde se evaluaron los siguientes parámetros y aspectos físicos de visualización de la imagen radiográfica como ser:

- a) Inspección Visual;
- b) Luminancia;
- c) Iluminación ambiental.

Los materiales utilizados para la evaluación de cada aspecto fueron los siguientes:

- Detector de luz (LD: Light detector), Unfors (modelo), Xi (tipo). S/N: 171959;
- Unfors Xi Base Unit, Resolución: Luminancia (0.01cd/m^2); iluminación (0.01lux), (Figura 1);
- Herramienta de acrílico (fabricación propia);
- Accesorios.

Para la evaluación de luminancia, fue necesario el diseño y la construcción de una herramienta que posicione y fije los puntos de medida del detector sobre la superficie del negatoscopio, de tal manera a asegurar la repetitividad de la medida y su ubicación

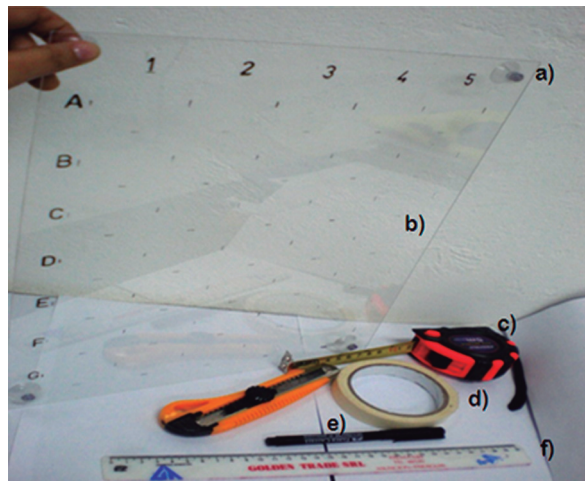


Figura 1. Materiales para el diseño y construcción de la herramienta de acrílico. a) Ventosa de goma. b) Acrílico. c) Cinta métrica. d) Cinta de papel. e) Marcador. f) Regla milimetrada.

relativa respecto a los cuerpos del negatoscopio.

Para construir la herramienta se utilizó una lámina de acrílico transparente, cuya superficie posee una forma rectangular de 35 cm de ancho y 40cm de largo, con 2 mm de espesor, sobre dicha lámina se diseñan cuadros de 5cm^2 , formando un patrón de cuadrículas, de manera que el accesorio circular del detector LD (Light Detector) pueda quedar circunscrito a dichos cuadros.

Los 35 cuadros forman una matriz cuyas filas son marcadas con letras y las columnas con números como se muestra en la Figura 1, de esta forma se obtuvieron 35 medidas sobre la superficie de un cuerpo del negatoscopio, repitiéndose el procedimiento para los demás cuerpos, en caso de que el negatoscopio fuese de dos o más cuerpos.

Para sostener la herramienta de acrílico colocamos unas ventosas de goma en los puntos extremos de cada lado de la herramienta, esto facilitó su ubicación en un sector del negatoscopio (negatoscopio de varios cuerpos), de tal manera a poder realizar las medidas en cada cuadro.

Además, se realizaron medidas de atenuación del haz de luz por el acrílico, midiendo en un mismo punto luminoso sin acrílico y con acrílico, corroborándose de esta manera que la atenuación es del orden del 0,1%.

La metodología utilizada para la evaluación de

las condiciones de visualización está basada en la valorización de los siguientes aspectos:

a) Inspección Visual

Para valorar las condiciones del negatoscopio mediante una inspección visual establecimos una planilla de control, con las características físicas a evaluar como por ejemplo: el color de los tubos, manchas, rajaduras y deformaciones sobre la superficie del negatoscopio, color de la superficie del negatoscopio, vibraciones de los tubos fluorescentes, incluyendo los datos del negatoscopio de cada centro de radiodiagnóstico como: su ubicación, dimensiones, numeración y antigüedad.

Para cuantificar el resultado de la inspección se asignó una puntuación (porcentaje) de acuerdo a la ponderación dada a cada una de las características físicas observadas durante la visita a los servicios radiológicos.

b) Luminancia

Se midió la luminancia del negatoscopio con la luz del cuarto apagada, utilizando el detector "LD" en cada cuadro de la herramienta de acrílico, colocada sobre la superficie del negatoscopio previamente encendido (Figura.2a). Los valores de luminancia fueron registrados en las planillas diseñadas para

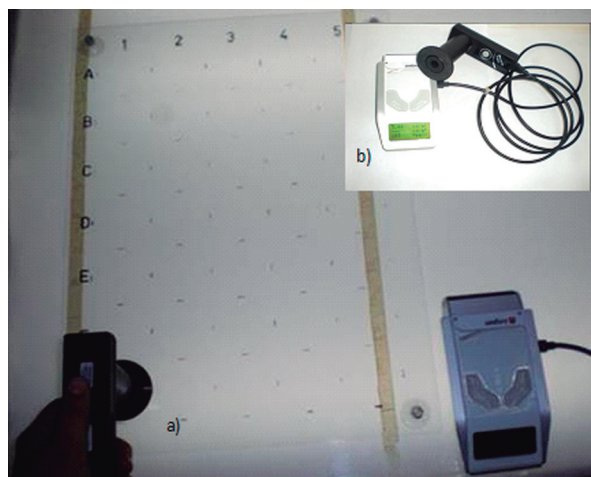


Figura 2. Materiales para el diseño y construcción de la herramienta de acrílico. **a)** Montaje de materiales para la obtención de luminancia del negatoscopio. **b)** Detector de luz (LD: Light detector) Unfors XI, utilizado para medir iluminación ambiental y luminancia en negatoscopios.

el efecto.

Con los datos obtenidos en cada negatoscopio se realizó el cálculo del error relativo porcentual o desviación realtiva porcentual, según la expresión mostrada en la ecuación 1.

$$L_j = 100 \frac{(L_i - L_p)}{L_p} \quad (1)$$

Donde: L_i = es la luminancia en cada punto del negatoscopio, L_p = es el promedio de luminancia, el cual fue obtenido calculando el promedio de los 35 valores medidos.

Luego se determina la distribución de estos valores en el plano del negatoscopio construyéndose una nueva tabla de puntos correspondientes a los valores L_j , de tal manera que la uniformidad del brillo de la superficie, se representa por el valor de homogeneidad (H) respecto al total de valores de (L_j) del negatoscopio, dicho valor es calculado mediante la ecuación 2.

$$H = 100 \left(\frac{L_n^*}{35} \right) \quad (2)$$

Donde L_n^* = es la cantidad de puntos L_j que se encuentran por debajo de un desvío porcentual del 30%.

Para cada negatoscopio, se evaluó la homogeneidad de la luminancia, definida según la ecuación 2, en cada una de las secciones de negatoscopios de varios cuerpos, y se comparó con los valores de tolerancia establecidos por los lineamientos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA, 2006) Cuadro 1.

Los resultados obtenidos fueron agrupados en cinco categorías según el promedio de luminancia, de tal manera que se propone como mínimo aceptable aquellos negatoscopios (para radiografía convencional) cuyo promedio de luminancia son mayores a 1200 cd/m² y Homogeneidad entre el 70 % y 75%. Las demás categorías se muestran en el cuadro 2.

c) Iluminación ambiental de la sala

Se midió la luz ambiental que incide sobre el negatoscopio previamente apagado, utilizando el de-

Cuadro 1. Parámetros de referencia en el análisis de luminancia e iluminación (OIEA).

<i>Parámetros Físicos</i>	<i>Tolerancias</i>
Iluminación de la sala	$\leq 50\text{lux}$
Luminancia	<ul style="list-style-type: none"> $>3000\text{ cd/m}^2$ mamografía $>1500\text{cd/m}^2$ convencional
Uniformidad de la luminancia	$< 30\%$ en diferentes zonas de un mismo negatoscopio.
*No seguimos la recomendación del OIEA, en cuanto a las medidas, hemos decidido tener más estadística, de manera que no se define el punto central exactamente como el centro de un negatoscopio de tres cuerpos y lo definimos como el centro de una sola sección o cuerpo del negatoscopio.	

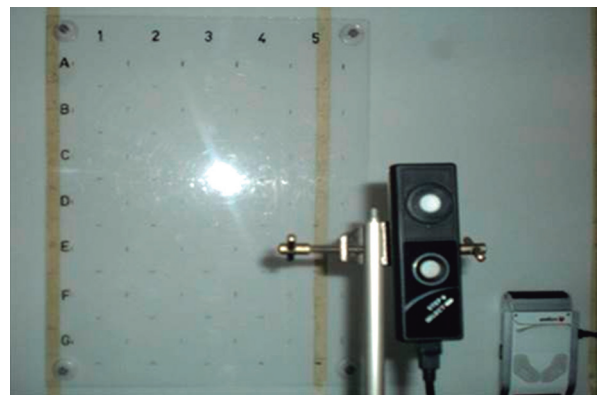
Cuadro 2. Categorías según promedio de luminancias (propuesto por el grupo de investigación) para negatoscopio de uso convencional.

Categoría	Promedio de Luminancia L (cd/m ²)	Homogeneidad (H)
Muy malo	< 1000	$<70\%$
Malo	1000 a 1200	$=70\%$
Aceptable	1201 a 1500	$>70\%$ y $\leq 75\%$
Bueno	1501 a 1700	$>75\%$ y $\leq 80\%$
Excelente	1701 a 2000	$>80\%$

lector "LD" en dirección a la fuente de iluminación ambiental, a una distancia habitual de observación de las películas radiográficas (30 cm del negatoscopio) figura 3.

Los puntos medidos fueron nueve, de manera a obtener mayor estadística de la intensidad de luz que llega al negatoscopio (tres en cada extremo y tres en los puntos medios). Los datos obtenidos fueron registrados en una hoja de datos, para su posterior análisis teniendo en cuenta la tolerancia establecida en el cuadro 1.

La evaluación de la iluminación ambiental se realizó mediante el cálculo del promedio porcentual de los puntos medidos en cada sala de lectura.

**Figura 3.** Montaje de materiales para medir Iluminación ambiental de la sala.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se midieron la iluminación ambiental en 14 salas de radiodiagnóstico y la luminancia en 71 negatoscopios, pertenecientes a cinco centros de Radiodiagnóstico denominados como clínicas A, B, C, D y E, cuyos resultados de las evaluaciones de los parámetros físicos y las condiciones de visualización se describen a continuación:

a) Inspección visual

Mediante la inspección visual podemos señalar que el 60% de los negatoscopios se encuentran en óptimas condiciones de acuerdo a las características físicas evaluadas.

Además se ha notado que, es preciso la limpieza periódica de la superficie del negatoscopio, como también el cambio de los tubos por envejecimiento, y sustitución de aquéllos con iluminación vibrante.

b) Luminancia

Los valores promedios de luminancias de los negatoscopios utilizados para radiografías convencionales, revelan que el 60,6% se encuentran fuera de tolerancia, y solo el 8,4% dentro de los límites considerados como recomendables para negatoscopios de uso convencional, (superior o igual a 1500 cd/m²) y sólo un reducido porcentaje, concretamente el 2,8% de los negatoscopios fueron calificados como excelentes, asegurándose las buenas condiciones para el uso en radiodiagnóstico convencional, no así para negatoscopios utilizados

Frecuencia de Luminosidad de Negatoscopios

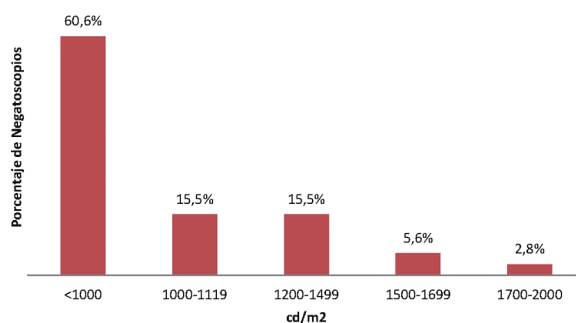


Figura 4. Distribución de valores promedios de luminancia en negatoscopios.

para mamografía, cuyas recomendaciones son de mayor o igual a 3000 cd/m².

Los valores promedios de la luminancia, agrupados por categorías se presentan en la figura 4.

Los datos de luminancia y la evaluación de homogeneidad se presentan en el cuadro 3, donde se puede observar que la homogeneidad es de 97,1%, lo cual es un ejemplo de buen funcionamiento del negatoscopio y en el cuadro 4 se puede observar la homogeneidad de 28,6%, ejemplo de un negatoscopio no aceptable.

En el trabajo se asume que un valor de desvío relativo porcentual menor a 30% es equivalente a una homogeneidad de 70%, con lo cual todos los negatoscopios con valores mayores a 70% de homogeneidad son considerados aceptables para su utilización.

Cuadro 3. Valores de luminancia en cd/m² y desviación relativa porcentual, donde las letras y los números de la primera fila corresponden a los valores indicados en el acrílico. a) Valores considerados buenos y dentro de tolerancia.

I	1	2	3	4	5
a	881,8	896,4	901,5	904	924,4
b	1033	1063	1023	1058	1053
c	937,7	963,2	951,3	944,8	937,8
d	909,9	908,6	903,1	904	900,1
e	991,1	1017	1021	1028	1023
f	1033	1047	1048	1035	1033
g	786,1	801,2	603,5	776,1	702,5
Promedio Lp = 941,3					
I	1	2	3	4	5
a	6,3	4,8	4,2	4,0	1,8
b	9,7	12,9	8,7	12,4	11,9
c	0,4	2,3	1,1	0,4	0,4
d	3,3	3,5	4,1	4,0	4,4
e	5,3	8,0	8,5	9,2	8,7
f	9,7	11,2	11,3	10,0	9,7
g	16,5	14,9	35,9	17,5	25,4
Número de desviación <30% Ln= 34					
Homogeneidad				H= 97,1%	

Cuadro 4. Valores de luminancia en cd/m^2 y desviación relativa porcentual, donde las letras y los números de la primera fila corresponden a los valores indicados en el acrílico. **b)** Valores considerados fuera de tolerancia.

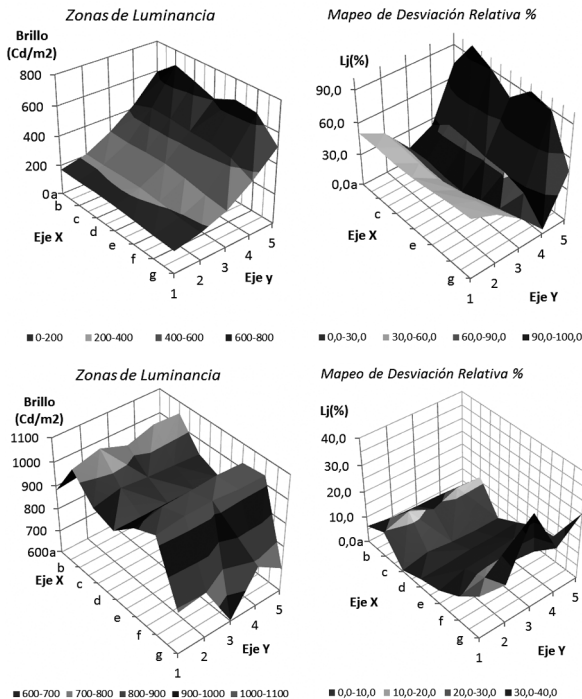
II	1	2	3	4	5
a	169,9	209,7	301,2	426	594,5
b	169,7	210,3	295,6	471,2	701
c	174,4	216,8	304,6	466,5	656,7
d	171,9	218,9	307,5	453,9	607
e	164	206,3	289,3	451,6	667,2
f	154	191,2	262	431	652,3
g	148	182,7	243,7	359,5	508,6
Promedio Lp = 343,9					
Número de desviación < 30% Ln = 10,0					
Homogeneidad H = 28,6%					

II	1	2	3	4	5
a	50,6	39,0	12,4	23,9	72,8
b	50,7	38,9	14,1	37,0	103,8
c	49,3	37,0	11,4	35,6	90,9
d	50,0	36,4	10,6	32,0	76,5
e	52,3	40,0	15,9	31,3	94,0
f	55,2	44,4	23,8	25,3	89,6
g	57,0	46,9	29,1	4,5	47,9

Con los valores de las tablas de los Cuadros 3 y 4 se grafican las zonas de luminancia y se mapean las desviaciones relativas porcentuales para el cálculo de la homogeneidad, dichas gráficas se muestran en las Figuras 5 y 6, para negatoscopio con máf funcionamiento y negatoscopio con buen funcionamiento respectivamente.

En relación a la Homogeneidad de la luminancia, el 83,1% de los negatoscopios presentan un nivel óptimo de homogeneidad (mayor al 70%), como se puede notar en la figura 7.

Sin embargo, el 89,8% de los negatoscopios dentro los límites de homogeneidad “no cumple con la luminancia promedio, aceptable para su utilización



Figuras 5 y 6. Gráficos en tres dimensiones mostrando la luminancia y la desviación porcentual. **5)** Para un negatoscopio no aceptable. **6)** Para un negatoscopio con buen funcionamiento.

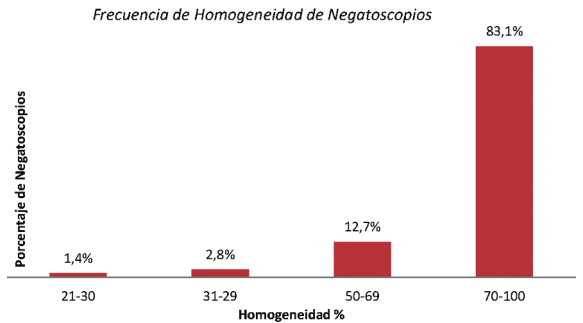


Figura 7. Distribución de valores de homogeneidad en 71 negatoscopios.

en radiodiagnóstico” y sólo seis negatoscopios que representan el 10,2% cumplen con las condiciones de luminancia y uniformidad.

Con los valores de Homogeneidad y de máxima luminosidad se graficó la figura 8, en donde se puede observar la gran cantidad de negatoscopio en malas condiciones.

c) Iluminación ambiental de las salas

En las 14 salas evaluadas existen variaciones de la iluminación ambiental que inciden en la luminancia

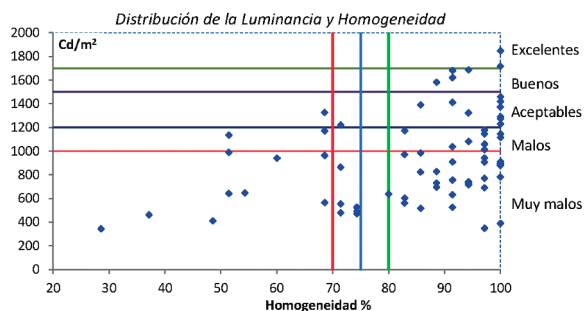


Figura 8. Distribución de luminancia y homogeneidad separadas en categorías.

de los negatoscopios, dichas variaciones son distintas para cada una de las clínicas visitadas, y solo el 29,5% se encuentran dentro de las tolerancias establecidas según las normas técnicas correspondientes (menor a 50 lux), esto se puede observar en la figura 9.

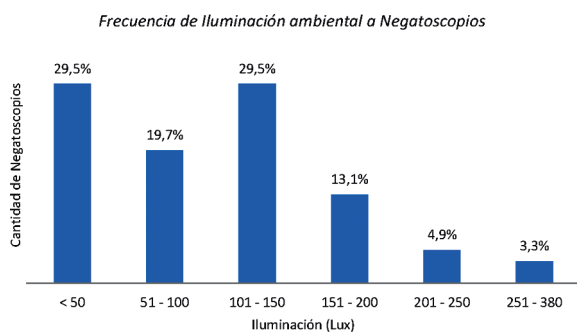


Figura 9. Promedio de la Iluminación Ambiental para Negatoscopios en 14 salas.

CONCLUSIONES

Bajo los criterios de evaluación sólo dos negatoscopios cumplen con una Calidad Excelente para visualizar una buena imagen radiológica, con menor posibilidad de error y menor fatiga visual del observador.

Las variaciones de iluminación ambiental, obtenidas en los servicios de radiodiagnóstico visitados, demuestran la importancia de un ambiente adecuado y exclusivo para la interpretación de estudios radiológicos de manera a detectar estructuras de bajo contraste y disminuir los niveles de fatiga visual del médico, a causa de la observación prolongada en malas condiciones.

Los niveles bajos de luminancia en la superficie de los negatoscopios, reducen la capacidad de interpretación radiográfica, en comparación con un negatoscopio en óptimas condiciones, esto se debe a la disminución del contraste de las imágenes radiográficas, por lo cual las acciones correctivas sugeridas por este trabajo son: la renovación total de los tubos fluorescentes con periodicidad y forma adecuada, la limpieza en la superficie difusora del negatoscopio y su correcta fijación.

Con los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del trabajo, concluimos que existe la necesidad de mantener un programa de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, que garantice la correcta utilización del negatoscopio y su mantenimiento preventivo, además sugerimos la implementación de niveles más restrictivos de tolerancia combinada (Cuadro 2) de uniformidad y promedio de luminancia.

LITERATURA CITADA

- AGUILA, S. 2005. Procedimientos de evaluación de riesgos ergonómicos y psicosociales (en línea). España. Consultado 10 Oct 2012. Disponible en: <http://www.ual.es/GruposInv/Prevencion/evaluacion/procedimiento/A-Espacio%20de%20trabajo.pdf>
- AGUILAR. A. 2006. Modelos visuales en análisis de calidad de imagen (en línea). Madrid, España. 5 mar 2012. Disponible en: http://optica.csic.es/papers/pfc_ana.pdf.
- COLOMBO, E.; O'DONELL, B.; KIRSHBAUM, C. 2002. Luz, color y visión. (en línea). Argentina, Consultado el: 02 sep 2011, Disponible en: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eliiluminacion/cap02.pdf>.
- HARVEY E. WHITE.; FRANCIS A. JENKINS; 1964. Fundamentos de Óptica. 3ra. Ed. Madrid. Aguilar S. A. de Ediciones. 696p.
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). 1997. Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación. Colección de Seguridad. Viena

- Austria: OIEA. 366p. Nº 115.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 1983. Criterios Aplicables a las Exploraciones Radiodiagnóstico. Publicación N. 689.
- PEDROSA. C.; CASANOVA R. Diagnóstico por imagen. Compendio de radiología clínica. Interamericana McGraw-Hill, 1988. 805p.
- STEWART, C.; BUSHONG. 1998. Manual de radiología para técnicos. Física biológica y protección radiológica. 6ta. Edición. Harcourt Brace España S.A .704p.
- TABOADA. J; 1993. *Manual de Luminotecnica. Westinghouse*. Editorial AYMI. Argentina. 254p.
- TECDOC-1517. 2006. Control de Calidad en Mamografía. Vienna Austria: OIEA. 138p.