

NORMALIZACIÓN de MONITORES para IMAGENOLOGÍA MÉDICA

Br. Santiago Schettini Arbelo, sschettini@adinet.com.uy,

Monografía vinculada a la conferencia del Sr. Jacques Fauquex (D.E.A. Sorbonne, Paris) sobre
“Criterios de calidad de monitores de imágenes para uso médico:
¿Cuales son las especificaciones mínimas?”

fotómetro.

I. RESUMEN

La monografía consta de tres partes importantes. En la primera parte se intenta dar una explicación del funcionamiento del instrumento utilizado. Este instrumento es el utilizado para efectuar las medidas necesarias para comparar con los valores mencionados en la norma.

En la segunda parte se describen los parámetros de respuesta lumínica presentes en la norma.

Al final se presentan los resultados de las medidas realizadas en el Hospital Maciel y las conclusiones correspondientes.

II. PALABRAS CLAVE

Iluminancia: La iluminancia es el término fotométrico usado para describir la tasa en la cual la luz visible llega a una superficie. Se utiliza a menudo para describir la cantidad de iluminación ambiente o de la luz que llega a una superficie de exhibición. La unidad de la iluminación es el lumen por metro cuadrado (lm/m²) o lux (lx)[1].

Luz incidente: Se denomina luz incidente a la luz que incide sobre el sujeto procedente de todas las fuentes de luz.[2]

Luz reflejada: Es la parte de luz incidente que se refleja de una superficie. El total de la luz reflejada por una superficie depende de la cantidad de luz incidente sobre esa superficie y de la reflectancia de la misma.[2]

III. INTRODUCCIÓN

ESTA monografía intenta mostrar una base de lo que son los parámetros y procedimientos de medida que recomienda la AAPM (American Association of Physicist in Medicine)[1] para aprobar el funcionamiento de monitores para imagenología médica.

La normalización de estos monitores es de vital importancia para la fijación de mínimos aceptables en el diagnóstico médico. Se describirán los diferentes factores que influyen en el comportamiento de la respuesta lumínica de un monitor, según menciona la norma de la AAPM. También se comentarán los métodos necesarios para efectuar una medición de los mismos.

Es importante conocer los instrumentos que existen para efectuar este tipo de medición, para luego utilizar el que mejor se ajuste a nuestras necesidades. Para este fin se seleccionó el

IV. EL FOTÓMETRO

A. Composición y funcionamiento

El fotómetro es un dispositivo para efectuar mediciones de cantidad de luz. Generalmente constan de una célula fotoeléctrica, una fuente de alimentación (salvo en los que tienen células fotogeneradoras) y un dial o algún dispositivo de visualización de la medida.

Existen dos tipos de células fotoeléctricas, las que necesitan una fuente de energía (fotoresistentes) y las que no necesitan más que la luz incidente (fotogeneradoras).

Hay cuatro tipos de células de uso general[2], las de selenio, sulfuro de cadmio (CdS), silicio y las de galio-arsénico-fósforo. La primera en utilizarse fue la de selenio, que tiene la ventaja de ser fotogeneradora, pero tiene el grave problema de que no tiene una buena respuesta a bajos niveles de iluminación.

En cambio, las células de sulfuro de cadmio (CdS) mejoraron mucho la sensibilidad para medir niveles de iluminación muy bajos. La célula de CdS cambia su resistencia según la cantidad de luz incidente. El problema de estas células es la llamada “deriva”. Esta propiedad tiene que ver con la “memoria” de la célula, consiste en un remanente de las medidas anteriores que puede afectar a la medida actual. La deriva es especialmente notoria luego de un deslumbramiento (exposición a una fuente de luz de alta magnitud) de la célula.

En la actualidad se fabrican los fotómetros con una célula de silicio azul o de galio-arsénico-fósforo. Tienen una buena sensibilidad en condiciones de bajo nivel de luz y un efecto menor de deriva. Siguen teniendo el problema de que son fotoresistentes al igual que las de CdS, por lo que deben ser alimentadas con baterías.

Existen dos tipos de fotómetro, el analógico y el digital. El primero consiste de una célula, de una batería (en el caso que la necesite) y de un dispositivo de dial con aguja que indica el valor medido. En cambio, el segundo usa una pantalla digital para mostrar el valor medido.

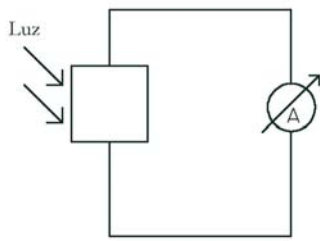


Fig.1. Esquema del fotómetro con una célula fotogeneradora. Se ve la célula y el amperímetro usado para medir la corriente generada.

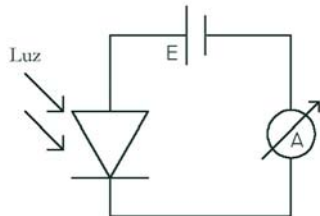


Fig.2. Modelo de un fotómetro con célula fotoresistente. Se observa la célula, la fuente y el amperímetro que realiza la medida.

B. Técnicas de medición

Se pueden elegir entre dos posibilidades de funcionamiento del fotómetro, se puede medir luz incidente o reflejada.

Para medir luz incidente se coloca una semiesfera opalina sobre la célula, esta sirve para “tomar” toda la luz que incide sobre ella y promediarla. También existen accesorios planos para medir la luz incidente en superficies planas.

En cambio para medir luz reflejada se utiliza directamente la célula con un artefacto que limita la luz que incide sobre ella.

V. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS Y PROCEDIMIENTOS DE MEDIDA DE LA RESPUESTA LUMÍNICA

AAPM estudia 8 parámetros de los monitores, la distorsión geométrica, el reflejo en el display, la respuesta lumínica, la uniformidad lumínica, la resolución del display, el ruido del display, el resplandor y la respuesta cromática del display.

Por un tema de tiempos y espacio, elegimos solamente comprobar los parámetros lumínicos.

Aquí se presenta la descripción de los mismos y de los métodos propuestos para su cuantificación.

Idealmente, la distribución de la luminiscencia en la superficie del monitor sería asociada solamente a la luz generada por el dispositivo, es decir, la información de la imagen. En la práctica, la luz ambiente de un sitio se refleja de la superficie del monitor y agrega luminiscencia a la imagen exhibida. El funcionamiento de un monitor es altamente dependiente de las características de la reflexión del dispositivo. Por lo tanto, es importante evaluar esta respuesta en el principio y, basado en eso, determinar el nivel máximo de la iluminación ambiente que se puede utilizar en el área de la lectura sin el compromiso de la presentación de la imagen. El control de las condiciones ambiente también permite una adaptación visual más eficaz del observador mientras que interpreta imágenes médicas.

A grandes rasgos, las reflexiones pueden tener dos formas generales, especulares o difusas. La reflexión especular

ocurre cuando el ángulo de los rayos de luz incidente es igual que el de los rayos que emergen de la superficie según lo dictado por la óptica geométrica. Tal reflexión produce una imagen virtual de la fuente como un espejo. En la reflexión difusa, la luz se dispersa aleatoriamente de la dirección especular y no se produce ninguna imagen virtual de la fuente. Hay dos tipos de reflexión difusa. Uno es cuando los ángulos de la dispersión de luz saliente se distribuyen ampliamente y se correlacionan mal con el ángulo de la luz incidente.

El otro tipo de reflexión difusa es cuando la luz se dispersa aleatoriamente en una distribución estrecha de ángulos en la vecindad de la dirección especular. Algunos han llamado a este tipo la neblina.

A) Reflexión especular

La reflexión especular produce una imagen espejo de la fuente de luz, aunque la aspereza superficial del display que produce la neblina puede velar la imagen reflejada. La reflexión especular de objetos brillantes o fuentes de luz agregan patrones estructurados a la imagen, que puede interferir con la interpretación de las características de lo observado. Los objetos iluminados en un cuarto aparecerán como reflexión con una luminiscencia proporcional a la iluminación del objeto para las reflexiones puramente especulares.

A.1) Cuantificación

Las reflexiones especulares se pueden describir por un coeficiente de reflexión especular adimensionado R_s , que es el cociente de la luminiscencia vista de una fuente de luz reflejada y la luminiscencia real de la fuente. R_s se mide apropiadamente con la fuente de luz cerca de 15 grados de la normal de la superficie. La fuente de luz debe ser relativamente pequeña en diámetro para reducir al mínimo la iluminancia difusa, pero lo suficientemente grande para producir una imagen más grande que la región de la respuesta del fotómetro telescópico. Idealmente, la fuente de luz debería subtender 15° del centro del display y ser colocado en 15° de la normal de este (Kelley 2002).

A.2) Evaluación visual

La iluminación ambiente en el cuarto se debe mantener en las condiciones normalmente usadas. Si fuentes de luz tales como un iluminador o una ventana son vistas, la posición del monitor en el cuarto debe ser cambiada. La superficie del monitor se debe examinar a una distancia de alrededor 50 cm dentro de un ángulo de $\pm 15^\circ$ para la presencia de fuentes de luz especularmente reflejadas o de objetos iluminados. Los patrones de alto contraste en la ropa de los espectadores son fuentes comunes de características reflejadas.

A.3) Evaluación cuantitativa

El monitor debe estar apagado. La luz incidente debe subtender un ángulo de 15° desde el centro del display, posicionada a una distancia d1 del mismo, y debe ser direccionada mirando al monitor a 15° de la normal de la superficie de este.

La iluminancia reflejada debe ser medida con un fotómetro desde una distancia d2 desde el centro del display, y debe estar direccionado a 15° de la normal del display.

Para terminar, debe ser medida la iluminancia directa vista (de la fuente) desde una distancia d1+ d2 con el mismo fotómetro. El cociente Rs es la razón de la iluminancia reflejada sobre la iluminancia directa vista.

A.4) Respuesta esperada

Los problemas asociados a la reflexión especular y la potencial pérdida de contraste asociada a las reflexiones difusas, dependen de la iluminación ambiente. Mientras que uno quisiera idealmente tener $R_s = R_d = 0$, los valores medidos se pueden relacionar con la iluminación ambiente máxima del sitio que es apropiada para ver un monitor con una luminiscencia mínima especificada. Suponga que un objeto blanco iluminado con reflexión difusa de 90 por ciento está posicionado para estar en una dirección especular cuando se observa la superficie del monitor, por ejemplo, una pared blanca que esté detrás del observador.

La luminiscencia de ese objeto es $L_o = 0.9 E / \pi$, donde está la iluminación E en unidades del lux y L_o es la luminiscencia observada en nit. La luminiscencia especularmente reflejada de este objeto debe así ser menos que el cambio apenas visible de la luminiscencia en las regiones oscuras del monitor, es decir,

$$R_s * L_o \leq C_t * L_{min},$$

$$E \leq (\pi * C_t * L_{min}) / (0.9 * R_s)$$

$C_t = ((\Delta L)) / L$; umbral de contraste (Va desde 0.032 a 0.021 para L_{min} de valores 0.5 a 1.5 nits).

La relación esta tabulada (ver tabla n° 1), así se sabe el máximo de luz para una habitación sabiendo el R_s y el L_{min} .

Para medir la cantidad apropiada de luz incidente en la superficie del monitor, se debe medir la luz del ambiente con el fotómetro ubicado en el centro del display del monitor, mirando hacia afuera.

Lmax- Lmin (cd/m2)	Ct	Luminancia máx. de habitación (lux)				
		Rs 0.002	Rs 0.004	Rs 0.008	Rs 0.02	Rs 0.04
5000 - 20	0.010	349	175	87	35	17
2500 - 10	0.011	192	96	48	19	10
1000 - 4	0.015	105	52	26	10	5
500 - 2	0.018	63	31	16	6	3
250 - 1	0.024	42	21	10	4	2

Tabla 1.- Relación entre la luminancia máxima de la habitación con el R_s y $L_{max}-L_{min}$. [1]

B) Reflexión difusa

La reflexión difusa lambertiana (en distinción con la reflexión tipo neblina) produce una luminiscencia uniforme en el display sin patrones estructurados visualmente perceptibles. La luminiscencia agregada reduce contraste en la imagen mostrada alterando el cambio relativo de la luminiscencia asociado a las características específicas de la imagen. La reducción del contraste es predominante en las áreas oscuras de una imagen puesto que esas áreas son propensas a un cambio más relativo en luminiscencia. Los CRT difunden extensivamente la luz incidente en la capa de fósforo y pueden tener reflexión difusa excesiva a menos que ésta sea disminuida por la absorción de luz en la placa frontal de cristal o el material del fósforo, que alternadamente reduce la luminiscencia del dispositivo.

B.1) Cuantificación

La reflexión difusa puede ser descrita por el coeficiente de reflexión R_d , que relaciona la luminancia inducida con la iluminación ambiente de la superficie del display.

Cuando está calibrado correctamente, el contraste de un objeto considerado en una región oscura debe ser igual a el de un objeto equivalente considerado en una región brillante cuando la iluminación ambiente típica está presente.

B.2) Evaluación visual

El efecto de la luz difusamente reflejada en contraste con la imagen puede ser observado alternativamente viendo los patrones de bajo contraste del patrón de prueba TG18-AD en oscuridad total y con la iluminación ambiente normal, determinando el umbral de visibilidad en cada caso. Un paño oscuro colocado sobre el monitor y el espectador puede ser provechoso para establecer una situación de oscuridad total.

B.3) Evaluación cuantitativa

El monitor debe estar apagado. Las lámparas deben iluminar solamente indirectamente la placa frontal, idealmente colocándolos en los lados detrás del plano de la superficie del monitor. La iluminación debe ser medida en el centro del monitor, usando una punta de prueba puesta en el centro de la superficie del mismo. El área sensible del fotómetro se debe poner vertical para medir la iluminación incidente en la superficie del monitor. La luminiscencia inducida en el centro de la superficie del monitor se debe medir con un fotómetro telescópico. El ángulo de visión se debe situar de 8° a 12° de la normal para no interferir con el resultado de la medida. El coeficiente de reflexión difuso R_d se computa como el cociente de la luminiscencia con la iluminación en unidades de sr-1.

B.4) Respuesta esperada

La luminiscencia de reflexiones difusas se agrega a la producida por el monitor.

En las áreas oscuras de una imagen, el cambio en el ΔL_t de la luminiscencia producido por un patrón de prueba de bajo contraste producirá un contraste relativo de $(\Delta L_t)/(L_{min} + \Lambda)$, si la iluminación ambiente produce una luminiscencia del $\Lambda = R_d \cdot E$, donde E es la iluminación ambiente en la superficie del monitor y el R_d es el coeficiente de reflexión difusa en unidades de nit/lux o de 1/sr.

$$E \leq (0.25 L_{min}) / R_d .$$

Esto asegura que el contraste en las regiones oscuras observadas con la iluminación ambiente será por lo menos el 80% del contraste observado en oscuridad total. La tabla 2 identifica la iluminación ambiente para la cual el Λ es 0.25 de L_{min} en función de R_d y de L_{min} .

Lmax- Lmin (cd/m2)	Luminancia máxima en la habitación (lux)				
	Rd 0.005	Rd 0.01	Rd 0.02	Rd 0.04	Rd 0.06
5000 - 20	1000	500	250	125	83
2500 - 10	500	250	125	62	42
1000 - 4	200	100	50	25	17
500 - 2	100	50	25	12	8
250 - 1	50	25	12	6	4

Tabla 2.- Valores de iluminación ambiente para la cual Λ es 0,25 de la L_{min} , en función de R_d y L_{min} [1].

C) Respuesta lumínica

Esto se refiere a la relación entre la luminancia mostrada y el valor de las entradas estandarizadas de un monitor.

C.1) Cuantificación de la respuesta lumínica

La medida visual de la respuesta de la luminiscencia es hecha a través de un patrón de prueba que tiene una secuencia de regiones de luminancia sistemáticamente variada.

C.2) Evaluación de la respuesta lumínica

La respuesta de la luminiscencia de un dispositivo de exhibición se examina visualmente usando el patrón de prueba de TG18-CT.

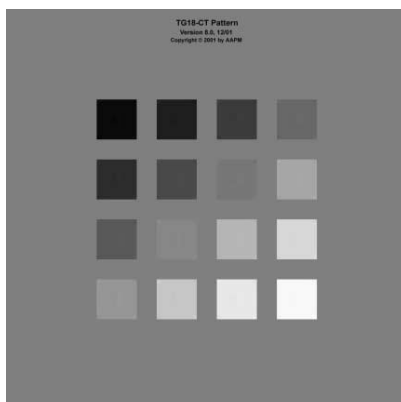


Fig.3.- Imagen del patrón TG18-CT. El patrón incluye 16 regiones adyacentes que varían en luminiscencia a partir del 128 (8, 8-bit) al 3968 (248, 8-bit), encajado en un fondo uniforme. Cada cuadrado contiene cuatro pequeños cuadrados en las esquinas de 10x10 (versión 1k) de diferencia de valor de pixel de ± 64 (4) con respecto al fondo. Además, en el centro de cada cuadrado existe una media luna con una diferencia del valor de pixel de ± 32 (2) con el fondo [1].

El patrón de TG18-CT se debe evaluar para la visibilidad de las media lunas en el centro de cada cuadradito y los cuatro objetos de bajo contraste en las esquinas de cada una de las 16 regiones de diferente luminiscencia. Además, la resolución de la profundidad de bit del monitor se debe evaluar usando el patrón de prueba de TG18-MP.

El aspecto del patrón de prueba TG18-CT debe demostrar claramente los blancos (medialunas y cuadrados) de bajo contraste en cada una de las 16 regiones.

Una falla común es no poder ver los blancos en una o dos de las regiones oscuras. En la evaluación del patrón de TG18-MP, la localización relativa de las bandas de contorno y cualquier nivel de luminiscencia no debe ser más lejana que la distancia entre los marcadores de 8-bit (marcadores largos). Ninguna anulación del contraste debe ser visible.

Usando un fotómetro calibrado y los patrones de prueba de TG18-LN, la luminiscencia en la región de prueba se debe registrar para los 18 niveles digitales. El efecto de la iluminación ambiente se debe reducir a niveles insignificantes usando un paño oscuro. Para permitir la evaluación de las diferencias de la luminiscencia, las medidas se deben hacer con una precisión de por lo menos 10^{-2} e idealmente 10^{-3} .

Después de que se hayan registrado todos los valores de la luminiscencia, el monitor se debe apagar y la luminiscencia ambiente (Λ) debe ser medida con la iluminación del sitio en las condiciones establecidas para el uso normal del equipo. Los valores para L_{max} y L_{min} se deben computar con la adición de Λ a los valores medidos de L_{max} y de L_{min} .

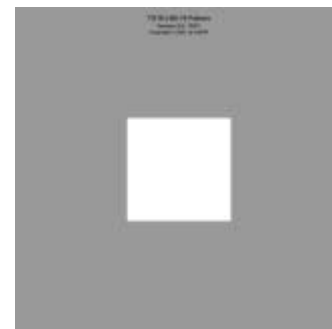


Fig.4.- Ejemplo del patrón TG18-LN. En este caso se muestra el utilizado para la medida de la luminancia máxima[1].

El valor recomendado para L_{max} es determinado típicamente por el vendedor como el valor más alto que puede ser utilizado sin el compromiso de otras características de funcionamiento tales como tiempo de vida o resolución. El colegio americano de radiología (ACR) ha recomendado que todos los monitores usados para la diagnosis primaria estén funcionando con una luminiscencia máxima de por lo menos 171 cd/m2 (ACR 1999).

L_{min} debe ser tal que el cociente deseado de luminiscencia, $LR' = L'_{max}/L'_{min}$, sea obtenido. Si las recomendaciones del fabricante no están disponibles, se recomienda que el cociente de la luminiscencia de un monitor sea fijado igual a o mayor a 250 para todos los dispositivos de clase primarios.

D) Resplandor

La dispersión ligera en monitores induce una luminiscencia difusa que vela la imagen mostrada (reduce el contraste y la resolución).

Se mide usando un patrón de prueba con una región oscura rodeada por un campo brillante. Un patrón radial-simétrico que consiste en un punto oscuro circular rodeado por un punto brillante circular puede proporcionar los resultados experimentales que se pueden relacionar con las funciones de respuesta de anillo y las funciones de respuesta del punto (Badano 2000, Badano 1999).

Para un patrón de prueba particular, el resplandor se puede cuantificar por el cociente de la luminiscencia máxima a la luminiscencia mínima, designado el cociente de resplandor.

D.1) Evaluación del resplandor

La medición visual del resplandor se puede lograr usando los patrones de prueba TG18-GV y TG18-GVN. El tamaño de display debe ser ajustado de modo que el diámetro de la región blanca sea 20 centímetros. El observador debe discernir los objetos de bajo-contraste en la visión secuencial de los patrones de TG18-GVN y de TG18-GV con la región brillante enmascarada de la visión.

Ninguna reducción significativa en el contraste del objeto a observar se debe notar entre los dos patrones con y sin el campo brillante. El 3º objeto debe ser visible en cualquier patrón para los monitores de clase primaria. Un sistema inaceptable puede hacer estos objetos no visibles.

La evaluación cuantitativa del resplandor se logra usando un fotómetro altamente enfocado y los patrones TG18-GQ, TG18-GQB, y TG18-GQN. Es importante asegurar que los patrones están exhibidos en el tamaño especificado. El tamaño de la exhibición debe ser ajustado de modo que el diámetro de la región blanca sea 20 centímetros. Con el fotómetro, registre la luminiscencia en el centro de la región oscura central del patrón TG18-GQ, esto es L , la luminiscencia blanca en el centro de la región blanca del patrón TG18-GQB, esto es L_b , y el valor de la luminiscencia del fondo en el centro del patrón TG18-GQN, esto es L_n . El cociente del resplandor para el monitor se computa como: $GR = (L_b - L_n) / (L - L_n)$.

El resplandor para un sistema de visualización de la alta fidelidad no debe cambiar el contraste de un patrón en más del 20% con o sin brillo que lo rodee.

V. MEDIDAS EXPERIMENTALES

Para poder evaluar la norma se efectuaron medidas del monitor que se utiliza en el Hospital Maciel para visualización de tomografías computadas. Se trata de un ViewSonic Professional P90f de 19".

Se midió la respuesta lumínica de este monitor. Especial atención se le dedicó a la luminancia máxima, dado que los fabricantes no lo presentan en los manuales por su rápida caída en el tiempo.

Se midió con un fotómetro digital Minolta Autometer 4F. Este fotómetro nos permite sacar medidas de luz reflejada y de luz incidente.

No se contó con el accesorio ideal para tomar las mediciones, este accesorio es un difusor plano, que nos permite hacer mediciones sobre superficies planas.

Se midió usando una tela negra para disminuir al mínimo la influencia de la luz ambiente en la medida de la L_{min} y L_{max} . Se posicionó el fotómetro pegado al monitor, de manera de tener una medida en la cual el problema de la curvatura de la esfera afectara lo mínimo posible.

Para efectuar medidas válidas es importante calibrar el monitor correctamente. En nuestro caso se efectuó una calibración rápida. Calibramos el contraste y el brillo con un método muy simple. Primero se mueve el área de visualización del monitor (área de display del monitor), apareciendo una zona con un color negro "puro" (zona donde no emite el monitor). Se sube el contraste al máximo y se calibran el brillo del monitor para que el negro visto en el área de visualización sea igual (a ojos del observador) al "puro".

Ahora que se tiene el monitor calibrado del punto de vista del brillo y el contraste, se tienen que revisar las condiciones en las que se encuentra con respecto a la habitación. Se revisó de que no hubieran mayores reflejos en la pantalla del monitor, ajustando su ubicación para que se vean la menor cantidad posible de estos.

Para medir la luminancia emitida por el monitor, se midió luz incidente sobre el fotómetro. Se midió usando una tela negra para disminuir al mínimo la influencia de la luz ambiente en la medida de la L_{min} y L_{max} . Se posicionó el fotómetro a la menor distancia posible del monitor, de manera de tener una medida en la cual el problema de la curvatura de la esfera afectara lo menos posible.

El valor que nos da el fotómetro es en EV (exposure values, valores de exposición), y a nosotros nos interesa la cantidad de luxes (cd/m^2) máxima. Para convertir EV en luxes se utilizó la tabla que da el fabricante del fotómetro en el manual [3].

Primero que nada se debe setear el fotómetro para que mida luz incidente, y se debe fijar la sensibilidad del mismo en ISO100 ASA (esto porque la tabla del fabricante es para esta sensibilidad).

Luego de tener el fotómetro correctamente seteado se procedió a tomar las medidas de la manera que se menciona en la norma (C.2). En este caso se midió solamente L_{max} y L_{min} (el blanco y el negro del patrón TG18LN), por un tema de disponibilidad de la instalación para poder efectuar la

medida. También se efectuaron medidas de la luminancia ambiente.

Los valores de L_{max} y L_{min} fueron 170 lx y 0,9 lx respectivamente, mientras que el valor de la L_{amb} nos dio como máximo 140 lx, siendo la usada en condiciones normales de trabajo la de 20 lx.

No se midió los valores de patrones intermedios, con lo cual no podemos establecer la curva de respuesta lumínica del monitor.

VI. CONCLUSION

Es importante mencionar que no se hicieron todas las medidas necesarias para poder concluir sobre si el monitor en cuestión pasa o no los criterios de la norma. Igual se puede tener una idea de si está dentro de lo aceptable estudiando el valor de L_{max} , L_{min} y L_{amb} .

El valor de L_{max} de 170 lx es apenas aceptable para la norma, mientras que no llega al valor recomendado por la ACR (American College of Radiology).

En la norma se indica que el valor de la razón de luminancia (LR' , Luminance Ratio) tiene que ser menor que 250. Para el cálculo de este valor se indica en la norma que se debe sumar a las luminancias máxima y mínima el valor de la L_{amb} . Pero se precisa que la L_{amb} no sea mayor que $0,25L_{min}$. Con nuestro fotómetro no podemos medir un valor mayor a 0,63 lx, por lo que no podemos medir el 25% de L_{min} . Dado esto, el valor que tomaremos de LR' será igual a el cociente entre la L_{max} y la L_{min} .

El valor al que llegamos de la razón de luminancia es de 189, lo que no es muy bajo, pero no pasa los requisitos de la norma.

Para obtener un valor aceptable de LR' con la misma L_{min} se debería tener una L_{max} igual a 225 lx.

Existe una dispersión en los valores debido a los errores efectuados en las medidas. Se debe tener en cuenta la incertidumbre que genera la utilización del fotómetro.

La medida del fotómetro está acotada a un salto de 0.1 EV, o sea 2.68 lx. Este es el único dato que se da en el manual con respecto a la incertidumbre de la medida.

Además tenemos todos los errores agregados por la calibración del monitor.

Los resultados de L_{amb} son aceptables, pero de cualquier manera vale mencionar que las condiciones de luz en la habitación del monitor cambian de manera significativa a lo largo del día. Esto conlleva a que se está frente a valores que pueden no estar dentro de los aceptados por la norma.

Los resultados nos hacen pensar en la necesidad de establecer una norma que se ajuste a las necesidades de este país, que tenga en cuenta las características de los usuarios y de las instalaciones.

Es importante no olvidar que esto ayudaría en la toma de decisiones, tanto a la hora de comprar un monitor, como a la de utilizarlo.

Para finalizar se debe mencionar que existen diversos factores que no se mencionan en la norma y que sería importante tomar en cuenta. Como ejemplo se puede mencionar el hecho de que no debería ser posible variar la posición del monitor ni la

configuración de este luego de que se ha calibrado de manera de que pase los criterios de la norma.

REFERENCIAS

- [1] Norma de la AAPM TG18, "Assesment of Display Performance for Medical Imaging Systems", Preprint DRAFT version 9.0, 9/10/2002.
- [2] Ansel Adams, "La Cámara". Omnicón S.A., 1993 Madrid, España; pp. 163–167.
- [3] Manual del fotómetro Minolta Autometer 4F, Konica Minolta, www.konicaminolta.com.