

EVALUACIÓN DEL BLINDAJE DE UNA SALA PARA RADIODIAGNÓSTICO

Z.P. Padilla Reyes^{1/2}, E. Acuña Duarte², E. Escareño Juárez², H.R. Vega Carrillo²

*¹Hospital de Especialidades en Salud Mental
Servicios de Salud de Zacatecas
Prolongación 5 de Mayo 1702-Sur
Parque Industrial
98500 Calera de Víctor Rosales, Zac. México*

*²Unidad Académica de Estudios Nucleares
Universidad Autónoma de Zacatecas
C. Cipres 10, Fracc. La Peñuela
98000 Zacatecas. Zac. Mexico*

Abstract

The X-ray discovery by Röntgen in 1895 and its application in diagnosis was a breakthrough in medicine. Worldwide, x ray technique is one of the most widely used procedures in medical diagnosis. At the Mental Health Hospital of Calera Zacatecas a room has been designed as radiology room, however there is not a record of shielding characteristics. In order to determine the features of x-ray equipment that the room can host, in this work a series of calculations were carried out. Calculations were based upon the NCRP 151 recommendations and fulfilling the requirements given in the Mexican standard NOM-229-SSA1-2002. From the actual room conditions this can host a x-ray equipment without fluoroscopy, with a workload of 80 mA-min/week, with 125 kVp as maximum operating voltage. From the actual conditions a set of recommendations, for better protection of radiation workers and public are also given.

Palabras clave: rayos X, radiodiagnóstico, blindaje, barrera primaria, barrera secundaria.

1. Introducción

A finales del siglo XIX hubo varios descubrimientos científicos que permitieron el avance en el campo de la medicina moderna y sirvieron como pilar al desarrollo de la humanidad y su bienestar (Cuenca, 1997). Tal es el caso del descubrimiento de los rayos X, por Röntgen en 1895, que permitieron la observación de estructuras anatómicas internas humanas que antes era imposible percibir. Actualmente la radiación ionizante es ampliamente utilizada tanto en el diagnóstico como en el tratamiento de diversas patologías (Siebert y Boone, 2005; Turner, 2005). Sin embargo las exposiciones médicas son la fuente de exposición más significativa de radiación ionizante para la población en general y el campo de aplicación más importante es el diagnóstico con rayos X, que supera ampliamente el riesgo asociado por el beneficio obtenido (IAEA, 2007).

El riesgo asociado con la exposición a rayos X depende del tiempo de exposición, la dosis recibida, la radiosensibilidad del paciente, entre otros factores (Frush *et al*, 2003). Para el caso del diagnóstico, los rayos X es una técnica no invasiva que permite obtener imágenes de secciones del cuerpo cuya estructura se puede observar debido a las diferentes densidades de los órganos y tejidos. Las imágenes que se obtienen en radiografía permiten que ante la evidencia de ésta el profesional de la salud realice un mejor diagnóstico (Vassileva, 2002).

En la radiografía para diagnóstico no es común que se lleve un control dosimétrico del paciente debido que no es frecuente que se hagan muchas tomas y a que el beneficio obtenido es superior al riesgo. Los profesionales involucrados en las exposiciones médicas deben estar familiarizados con las dosis típicas de los diferentes exámenes y los métodos de reducción de dosis; su práctica debe regirse por el paradigma ALARA, para abatir los niveles de dosis del personal y el paciente a valores tan bajos como razonablemente sea posible (Marshall, 2007; Gaona y Enríquez, 2004).

En México, la radiografía es la técnica de imagen para diagnóstico más utilizada (Gaona y Enríquez, 2004) y en la Norma Oficial Mexicana NOM-229-SSA1-2002 (NOM 2002) se señalan las medidas de protección radiológica en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X. En el recién construido Hospital de Salud Mental de Calera existe un recinto destinado a servicios de radiología, sin embargo no se cuenta con la memoria de cálculo que garantice la capacidad de la sala para albergar equipos para radiología.

El objetivo de este trabajo es determinar el tipo de equipo de radiología que puede albergar el Hospital de Salud Mental de Calera a partir de analizar la ubicación del recinto, las áreas que lo rodean y las dimensiones de cada muro.

2. Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el Hospital de Especialidades en Salud Mental de los Servicios de Salud de Zacatecas. El hospital está en el municipio de Calera en el estado de Zacatecas. En la figura 1 se muestra un esquema de la sala de radiodiagnóstico.



Fig. 1. Plano de la sala de radiodiagnóstico del Hospital de Salud Mental.

Para determinar el equipo que se puede instalar se procedió a calcular la capacidad de cada muro para desempeñarse como barrera primaria o secundaria, tal y como se define en el NCRP 151 (NCRP, 2005). A partir de la ubicación y las condiciones en torno a la sala se definieron dos tipos de áreas, la controlada o restringida y la libre. También, por el tiempo en que cada área es ocupada por personas se les asignó un factor de ocupación. Los valores permisibles tras las barreras dependen del tipo de área, si se trata de un área controlada la tasa semanal de dosis equivalente, H_w , es de 1.0 mSv/semana, si el área es no controlada entonces sólo se permiten 0.1 mSv/semana.

2.1 Cálculo para la barrera primaria

La barrera primaria es aquella donde incide directamente el haz de rayos X. Para poder calcular el espesor de la barrera primaria, se evaluó la transmisión mediante la ecuación 1.

$$B = \frac{H_w d^2}{W U T} \quad (1)$$

Donde, B es la Trasmisión, Hw es la Tasa semanal de la dosis equivalente, d es la distancia del blanco del tubo de rayos X al punto a proteger tras la barrera, W es la Carga de trabajo, U es el Factor de uso de la barrera y representa la fracción de tiempo en que el haz de rayos X estará sobre este muro y T es Factor de ocupación del área a proteger, representa la fracción de tiempo que en esa área habrá personas.

2.2 *Calculo de la barrera secundaria*

La barrera secundaria es aquella donde llega la radiación dispersada y la radiación de fuga. La radiación de fuga es aquella que se escapa del cabezal del equipo de rayos X y la radiación dispersa es aquella que es dispersada por el paciente. Para calcular el espesor de la barrera secundaria se obtuvo, con la ecuación 2, la transmisión de la barrera secundaria.

$$B_s = \frac{H_w d_s^2 d_p^2}{(W T a) \left(\frac{400}{F} \right)} \quad (2)$$

En esta ecuación B es la Trasmisión de la radiación dispersada, Hw es la Tasa semanal de la dosis equivalente, d_s es la Distancia del blanco al paciente, d_p es la Distancia del paciente al punto a proteger, W es la Carga de trabajo, T es el Factor de ocupación del área a proteger, a es el Factor de dispersión un metro del paciente cuyo valor es 0.002 y F es el Área que ilumina al paciente.

2.3 *Calculo de la radiación de fuga*

El factor de transmisión para la radiación de fuga se obtuvo con la ecuación 3.

$$B_L = \frac{Q d^2 H_w}{W T} \quad (3)$$

Donde el valor máximo de la carga, Q, depende del potencial del equipo, así para un equipo operando a 125 kVp la carga máxima es 200 mA-min/h. Una vez obtenidos los factores de

transmisión para cada barrera, el número de capas hemireductoras necesarias para asegurar el factor de transmisión se obtuvo mediante la ecuación 4.

$$n_{x_{1/2}} = 3.3219 \log \left(\frac{1}{B} \right) \quad (4)$$

Cada material tiene se caracteriza por el valor del espesor hemireductor, que depende de la energía de la radiación y la densidad del material, así conociendo la cantidad de capas hemireductoras y el material de los muros se obtiene es espesor necesario. En la figura 2 se muestra el factor de transmisión en función del espesor de concreto para rayos X producidos por equipos operados a diferentes voltajes.

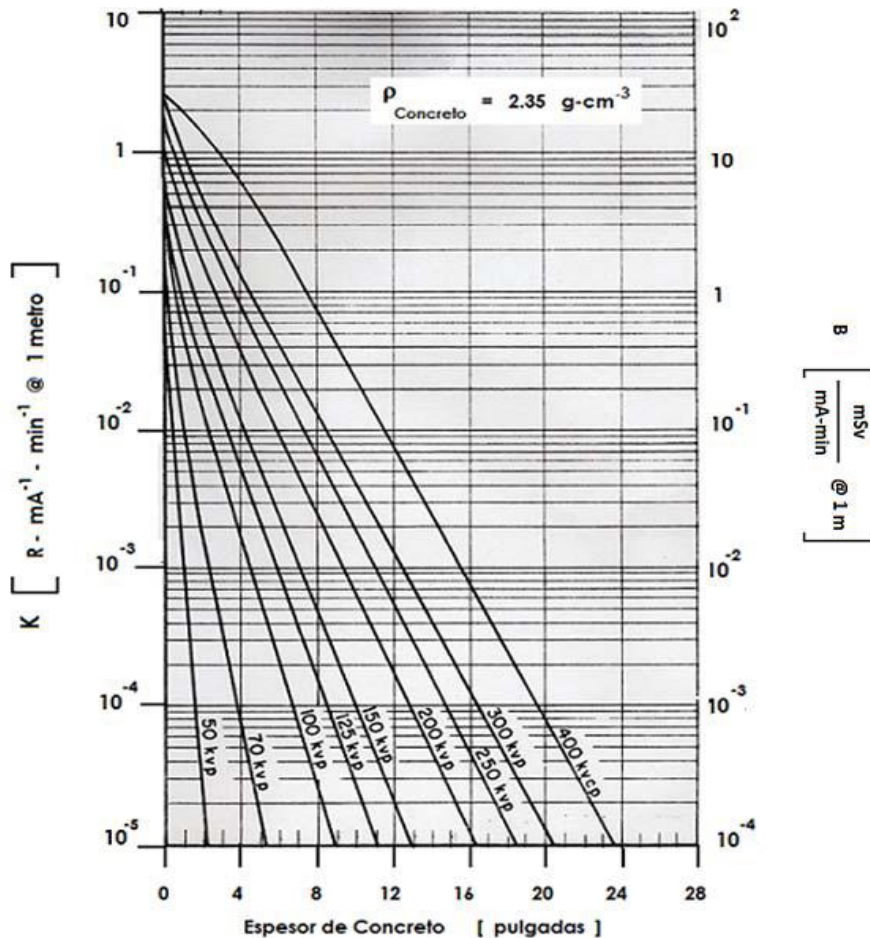


Fig. 2. Transmisión de rayos X de diagnostico a través de concreto.

3. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos de los diferentes espesores tanto de la barrera primaria como de la barrera secundaria se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Espesores de los muros necesarios para fungir como barrera primaria o secundaria.

ÁREA	BARRERA PRIMARIA ESPESOR DE CONCRETO [cm]	BARRERA SECUNDARIA ESPESOR DE CONCRETO [cm]
MURO 1 (PASILLO TRASERO) NO CONTROLADA	9.8	2.5
MURO 2 (ÁREA DE CONTROL) NO CONTROLADA	16	2.9
MURO 3 (SALA DE ESPERA) NO CONTROLADA	9.8	2.5
MURO 4 (CUARTO OSCURO) CONTROLADA	10.1	2.7
MURO 5 (VESTIDOR) NO CONTROLADA	8.8	0

Los diferentes espesores que se requieren para poder blindar la radiación varían debido a las variables utilizadas como es la distancia del blanco al punto a proteger tras la barrera, el factor de ocupación del área a proteger y el tiempo de ocupación del área a proteger. Para el caso de la barrera primaria los espesores de concreto requeridos para poder blindar la radiación varían entre 8.8 y 16 cm. Para el caso de las barreras secundarias los espesores varían entre 0 y 2.9. Lo que nos indica, según la NCRP y la IAEA, que las barreras con mayor espesor son para una zona controlada en comparación con una zona que no es controlada.

Para el caso de este recinto, el espesor de los muros es suficiente para blindar la radiación ya que los muros son de 18 cm, siempre y cuando sea un equipo de rayos X convencional cuya carga de trabajo sea de 80 mA-min/semana y su voltaje máximo de operación sea de 125 kVp.

Según nuestros resultados este recinto no sería adecuado para albergar un equipo con otra carga de trabajo y otra corriente como es el caso de un equipo de fluoroscopia con intensificador de imagen con una carga de trabajo de 300 mA-min/semana y voltaje máximo de operación de 125 kVp, ya que se necesitarían muros de concreto de entre 31 y 38 cm para blindar la radiación.

3. Conclusiones

La sala de rayos X del Hospital de Salud Mental puede albergar un equipo de radiografía sin fluoroscopia, cuya carga de trabajo (W) es de 80 mA-min/semana y su voltaje máximo de operación es de 125 kVp, ya que el espesor de los muros para atenuar la radiación debe ser entre 16 y 8.8 cm y los muros del recinto miden 18 cm.

Durante su operación, el tubo de rayos X debe dirigirse hacia la pared que da al pasillo trasero ya que es un área que está ocupada parcialmente.

Una vez instalado el equipo se recomienda realizar monitoreos periódicos para asegurar que no haya fugas de radiación.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto LINAC parcialmente apoyado por el COZCyT. Los autores, excepto HRVC, recibieron beca del CONACyT para realizar los estudios de maestría.

Referencias

- Cuenca, R., (1997). La Génesis del Uso de las Radiaciones en la Medicina. Colombia Médica. 28: 349-41.
- Frush, D., Donnelly, L., Rosen, N., (2003). Computed Tomography and Radiation Risks: What Pediatric Health Care Providers Should Know. Pediatrics. 112: 951-957.

- Gaona, E., Enriquez, J., (2004). Occupational exposure to diagnostic radiology in workers without training in radiation safety. American Institute of Physics Conference Proceedings. 724: 179-181.
- IAEA. (2007). Dosimetry in diagnostic radiology an International code of practice. International Atomic Energy Agency Technical reports series No. 457.
- ICRP (2007). International Commission of Radiological Protection, Recommendations of the ICRP. Publication 103. Annals of the ICRP 37.
- Marshall, G., W., Shane, K., (2007). Radiation Safety in the modern radiology department: A growing concern. Internet Journal of Roentgenology 5: 1-4.
- NCRP (2005). Structural shielding design and evaluation for megavoltage x- and gamma-ray radiotherapy facilities. National Council on Radiation Protection and Measurements Report 151.
- NOM (2002). Norma Oficial Mexicana. Salud Ambiental. Requisitos Técnicos para las Instalaciones, Responsabilidades Sanitarias, Especificaciones Técnicas para los Equipos y Protección Radiológica en Establecimientos de Diagnóstico Médico con Rayos X. NOM-229-SSA1-2002.
- Seibert, J., A.; Boone, J., M., (2005). X-ray imaging physics for Nuclear Medicine Technologists. Part 2: CX-ray interaction and image formation. J. Nucl. Med. Technol., 33: 3-18.
- Tsoufanidis, N., (1995). Measurement and detection of radiation. Hemisphere Publishing Co.
- Turner, J., E., (2005). Interaction of ionizing radiation with matter. Health Phys., 88: 520-544.
- Vassileva, J., (2002). A phantom for dose-image quality optimization in chest radiography. Br. J. Radiol., 75: 837-842.