

MEMORIA ANALITICA.

Cálculo de blindajes de la instalación de diagnóstico médico con Rayos X.

Nombre de propietario o razón social:	INSTITUTO DE SALUD PUBLICA DEL ESTADO DE GUANAJUATO
Denominación del establecimiento:	HOSPITAL GENERAL ACAMBARO "MIGUEL HIDALGO"
Dirección	
Calle:	BLVD. BICENTENARIO NO. 20
Colonia y/o localidad:	LAS TRANCAS
Municipio:	ACAMBARO
Código postal:	38720
Entidad federativa:	GUANAJUATO
Denominación de la instalación:	SALA DE TOMOGRAFIA
Equipo de radiodiagnostico:	TOMOGRAFO
Marca:	Siemens
Modelo:	SOMATOM Emotion 16

Pruebas y tolerancias conforme a la NOM-229-SSA1-2002.

Factores de cálculo empleados con base a la información proporcionada por el establecimiento a la fecha de cálculo.

Se sugiere una nuevo cálculo cuando existan modificaciones a: barreras, colindancias, equipo de RX y/o su posición, incremento de la carga de trabajo, etc.

El presente reporte puede ser solicitado por la autoridad correspondiente para su revisión, por lo que se sugiere su resguardo y fácil acceso.

CONTROL DE EMISION Y VENCIMIENTO

Número de reporte: **118-1-MA-19**

Fecha: **29 marzo, 2019**

Vigencia: **Mientras se conserven las condiciones en las que fue emitido.**

I. IDENTIFICACION DE LA SALA, EQUIPO Y RESUMEN DE RESULTADOS

EQUIPO:	TOMOGRAFO	Denominación de la instalación:	SALA DE TOMOGRAFIA
Tipo:	Fijo		
Marca:	Siemens	Características de la sala:	W= 36000 mAmín/sem
Modelo:	SOMATOM Emotion 16		Base de calculo: 30 pac/día
No. Ser.:			Ubicación: Planta baja
KV máx= 130kV	mAmáx= ∞		

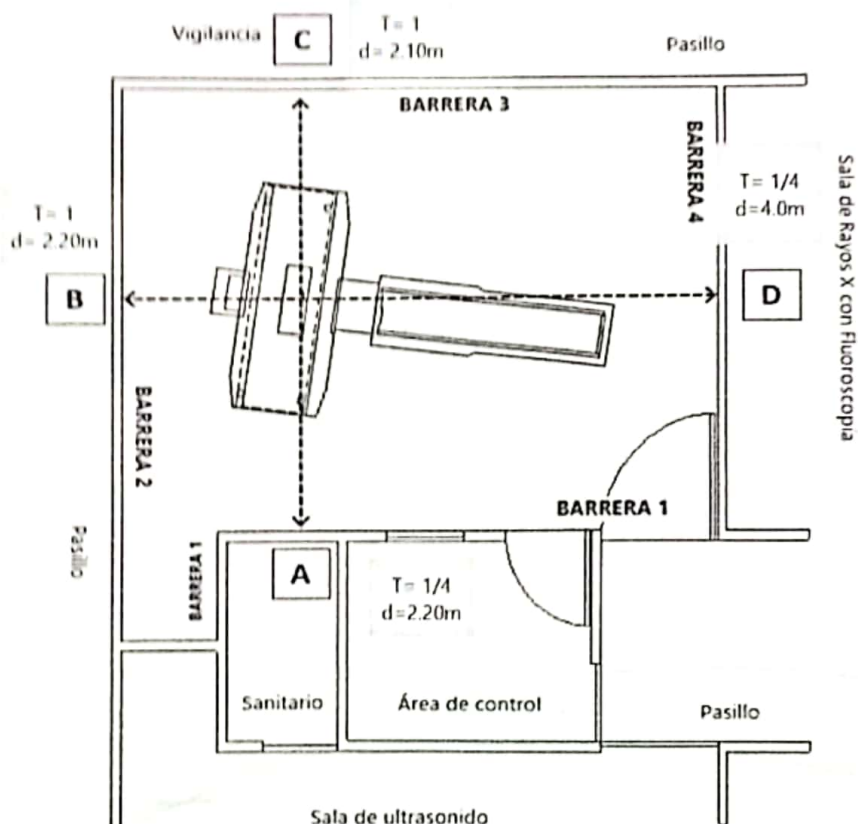


Ilustración 1. Distribución de barreras y colindancias.

CONTROL DE EMISION Y VENCIMIENTO

Número de reporte: 118-1-MA-19

Fecha de las pruebas: 29 marzo, 2019

Vigencia: Mientras se conserven las condiciones en las que fue emitido.

Elaboró y aprobó:

[Firma]

ING. FIS. DANIEL VASQUEZ LOPEZ
ASESOR ESPECIALIZADO EN SEGURIDAD RADIOLOGICA
PERMISO DE S.S. - COFEPRIS NO. 006/AESR/2018
CED. PROF.: 7004750

De acuerdo a los datos disponibles, *tabla 6*, y a los cálculos realizados, los espesores mínimos de blindaje que se deben de colocar en cada **BARRERA** se especifican en la *tabla 7* y la *ilustración 1*.

Tabla 5. Clasificación de zonas y factores de cálculo empleados

Muro considerado	Área colindante	Clasificación de la zona	H ₀ [mSv/sem]	T	d [m]
BARRERA 1	Pasillo, área de control y sanitario	supervisada	0.002	1/4	2.50
BARRERA 2	Pasillo	No controlada	0.002	1	2.50
BARRERA 3	Área de vigilancia y pasillo	No controlada	0.002	1	2.40
BARRERA 4	Sala de Rayos X con Fluoroscopia	Controlada	0.002	1/4	4.30
TECHO	Cuarto de máquinas	No controlada	0.002	1	3.00

Las distancias indicadas para el cálculo, son distancia a cada barrera más 30 cm.

Piso: colinda con suelo firme

Tabla 7. Relación de espesores finales calculados

Muro considerado	Área colindante	Tipo de barrera	Clasificación de la zona	ESPESOR DEFINITIVO	
				Piso [mm] $\rho=11.35$ g/cm ³	Concreto Normal [cm] $\rho=2.4$ g/cm ³
BARRERA 1	Pasillo, área de control y sanitario	Secundaria	supervisada	1.7	16.1
BARRERA 2	Pasillo	Secundaria	No controlada	2.2	20.1
BARRERA 3	Área de vigilancia y pasillo	Secundaria	No controlada	2.3	20.4
BARRERA 4	Sala de Rayos X con Fluoroscopia	Secundaria	Controlada	1.4	12.9
TECHO	Cuarto de máquinas	Secundaria	No controlada	2.1	19.1

Piso: colinda con suelo firme

CONTROL DE EMISIÓN Y VENCIMIENTO

Número de reporte: 118-1-MA-19

Fecha de las pruebas: 29 marzo, 2019

Vigencia: Mientras se conserven las condiciones en las que fue emitido.

Elaboró y aprobó:



ING. FIS. DANIEL VASQUEZ LOPEZ
ASESOR ESPECIALIZADO EN SEGURIDAD RADIOLOGICA
PERMISO DE E.E. - COFEPRIS NO. 006/AESR/2018
CED. PROF.: 7004750

1. MEMORIA ANALÍTICA DE LA SALA DE RADIODIAGNÓSTICO.

Se presentan a continuación las consideraciones para el cálculo de blindajes, recomendaciones de los espesores mínimos de blindaje a colocar en cada barrera, los cálculos realizados, factores empleados en el cálculo, clasificación de zonas, etc. Los detalles de la distribución de la instalación se muestran en la *Figura 1*, o bien en el anexo de este documento en el caso de que aplique. Los espesores finales para cada barrera en consideración se muestran en la *sección 4* de este documento, así como en el *anexo A* se podrán encontrar las consideraciones normativas en la colocación del blindaje.

1.1 DEFINICIONES.

Barrera primaria.— Blindaje de la instalación sobre el cual incide, el haz de radiación útil producido por el equipo de rayos X durante el tiempo de exposición.

Barrera secundaria.— Blindaje de la instalación sobre el cual nunca incide directamente el haz útil producido por el equipo de rayos X, sino sólo la radiación de fuga y la radiación dispersa.

Blindaje.— Material empleado para atenuar la intensidad de las radiaciones ionizantes al interponerse en su trayectoria.

Campo de rayos X (campo de radiación).— Área definida por la intersección del haz útil de radiación y el plano, perpendicular al eje del haz, donde se encuentra el punto de interés para la medición o estudio a realizar.

Capa decirreductora.— Espesor de un material que al interponerse en un haz útil de rayos X, atenúa la intensidad de la radiación al 10% de su valor inicial. El valor de la capa decirreductora es característico para cada material y cada tensión aplicada al tubo de rayos X. En esta definición se excluye la contribución de toda la radiación dispersa, que no sea la que se encuentra presente desde el inicio, en el haz bajo estudio.

Capa hemirreductora.— Espesor de un material que al interponerse en un haz útil de rayos X, atenúa la intensidad de la radiación al 50 % de su valor inicial. El valor de la capa hemirreductora es característico para cada material y cada tensión aplicada al tubo de rayos X. En esta definición se excluye la contribución de toda la radiación dispersa, que no sea la que se encuentra presente desde el inicio, en el haz bajo estudio.

Carga de trabajo.— Producto de factores que determinan la cantidad de radiación emitida por el tubo de rayos X, en función de su grado de utilización, para una tensión y corriente dadas, durante un tiempo específico. Para equipos de rayos X de diagnóstico médico usualmente se expresa en mAs/min/sem.

Distancia foco-receptor de imagen.— Distancia que existe entre el foco y el centro de la superficie de entrada del receptor de imagen.

Dosis absorbida.— Energía depositada por la radiación ionizante en la unidad de masa de un determinado material, medida en un punto específico. La unidad de dosis es el gray (Gy) y corresponde a 1 J kg⁻¹.

Efectos deterministas.— Efectos biológicos de la radiación que se presentan sólo cuando se rebasa la dosis umbral específica para ese efecto y cuya severidad es función de la dosis absorbida.

Efectos estocásticos.— Efectos biológicos de la radiación para los cuales no existe una dosis umbral, sino que la probabilidad de que se produzcan, es función de la dosis absorbida y cuya severidad es independiente de la dosis.

Equipo de rayos X.— Dispositivo generador de rayos X destinada a realizar estudios de diagnóstico médico. Esta puede ser fija, diseñado para permanecer dentro de una sala o cuarto destinado específicamente para realizar dichos estudios, o móvil diseñado para poder transportarse, manualmente o por medios motorizados a las diferentes áreas donde sean requeridos dichos estudios dentro de una misma instalación.

Equivalente de dosis.— Cantidad que resulta del producto DQN donde D es la dosis absorbida en Gy, Q es el factor de calidad y N es el producto de todos los demás factores modificantes, tomándose por ahora un valor para N igual a la unidad. El nombre especial para la unidad de equivalente de dosis es el sievert (Sv).

$$H = DQN$$

Equivalente de dosis efectivo.— Suma ponderada de los equivalentes de dosis para los diferentes tejidos del cuerpo humano H_T tanto por irradiación externa como por incorporación de radionúclidos. Se define como:

$$H_T = \sum_T W_T H_T$$

donde W_T es el factor de ponderación por tejido.

Espesor equivalente.— Espesor de un material de referencia que proporciona la misma atenuación que el espesor del material de interés. En el caso de rayos X depende de la tensión aplicada al tubo.

Establecimiento.— Local en el que se use un sistema de rayos X de manera que provoque la irradiación de alguna parte del cuerpo humano, con fines de diagnóstico médico.

Exposición.— Acción y efecto de someter a un individuo a los rayos X.

Exposición ocupacional.— La recibida por el personal ocupacionalmente expuesto durante su trabajo y con motivo del mismo.

Factor de calidad.— Factor adimensional por el que se multiplica la dosis absorbida debida a cada tipo de radiación, para considerar el riesgo relativo para la salud por ese tipo de radiación. Para los rayos X de todas las energías el factor es 1.

Factor de ocupación.— Fracción de tiempo que las personas (ocupacionalmente expuestas o del público) permanecen en las áreas que deben protegerse de la radiación, respecto al tiempo total de uso del equipo, en el contexto del cálculo de blindajes.

Factor de uso.— Fracción del tiempo total de operación del equipo de rayos X durante la cual el haz útil de radiación está dirigido hacia una barrera en particular.

Instalación.— Cada sala de rayos X con su respectiva área de ubicación de la consola de control y el cuarto oscuro y área de interpretación que dan servicio a esta sala.

Límite anual de dosis.— Valor de la dosis individual, en equivalente de dosis efectiva, debida a prácticas controladas y que no se debe rebasar en un año.

Memoria analítica.— Documento que certifica los requerimientos de blindaje de la instalación de rayos X para diagnóstico médico, realizado por un asesor especializado en seguridad radiológica.

Operador.— Persona autorizada para operar el equipo de rayos X.

Personal ocupacionalmente expuesto (POE).— Persona que en el ejercicio y con motivo de su ocupación está expuesta a la radiación ionizante. Quedan excluidos los trabajadores que ocasionalmente en el curso de su trabajo puedan estar expuestos a este tipo de radiación.

Público.— Toda persona que puede estar expuesta a las radiaciones de equipos de diagnóstico médico con rayos X por encontrarse en las inmediaciones de las instalaciones.

Radiación ionizante.— Radiación electromagnética o corpuscular capaz de producir iones, en forma directa o indirecta, al interactuar con la materia.

Radiación de fuga.— Radiación generada en el tubo de rayos X y que atraviesa la coraza del mismo, exceptuando el haz útil.

Radiación dispersa.— Fracción del haz útil cuya dirección y energía han sido modificadas al interactuar con la materia. En diagnóstico médico con rayos X se considera al paciente como el principal dispersor de la radiación del haz útil.

Radiación secundaria.— Suma de la radiación dispersa y de la radiación de fuga.

Sala de rayos X.— Área del establecimiento de diagnóstico médico con rayos X donde está instalado un equipo fijo y se lleva a cabo la generación de rayos X para efectuar los estudios.

Tensión en el tubo.— Valor máximo de la diferencia de potencial que se establece a través del tubo de rayos X durante una exposición.

Tubo de rayos X.— Tubo electrónico diseñado para producir rayos X.

Vigilancia radiológica.— Supervisión profesional destinada a verificar el cumplimiento de las normas de protección contra las radiaciones ionizantes, mediante la medición de las exposiciones o las dosis recibidas por el POE y su interpretación con fines de control.

Zona controlada.— Zona sujeta a supervisión y controles especiales con fines de protección radiológica.

Zona supervisada.— Área en la cual existe vigilancia de las condiciones de exposición ocupacional aunque normalmente no sean necesarias medidas protectoras ni disposiciones de seguridad concretas.

2. ALGORITMO DE CALCULO.^[1,2,3,4]

2.1. FACTORES DE CALCULO

2.1.1 Factor de uso y factor de ocupación

• Dependiendo de las condiciones de irradiación de las barreras en consideración, así como de las colindancias a proteger y clasificación del personal y zonas alrededor de la sala, se asignarán factores de uso y ocupación de acuerdo a la *Tabla 1* y *Tabla 2*.

Tabla 1. Factor de uso.

BARRERA	U
Piso	+
Barrera primaria	1/p*
Barrera secundaria	1

* número de paredes donde incide el haz
util

Tabla 2. Factor de ocupación

FACTOR DE OCUPACIÓN	EJEMPLOS
T=1 ocupación total	Áreas de trabajo, laboratorios, oficinas, talleres, tiendas, conserjerías, recepciones, pasillo anchos, cuarto obscuro, vivienda, zonas infantiles, colindancia externas de propiedad privada, etc.
T=1/4 ocupación parcial	Pasillos estrechos, salas de espera, estacionamientos, elevadores con operador, sanitarios, vestidores, etc.
T=1/16 ocupación ocasional	Exteriores, cuartos de aseo, escaleras, elevadores automáticos, etc.

2.1.2 Distancias al punto de cálculo

• La distancia se considera desde la fuente emisora de radiación primaria o secundaria, al punto de cálculo que se localiza a 0.30 m de la cara exterior de las barreras a blindar, a 0.50 m de la barrera superior, por protección a gonadas, y a 2.0 m sobre el piso de la colindancia inferior.

2.1.3 Límites de dosis

• El límite del equivalente de dosis efectiva anual, especificado en la NOM-229-SSA1-2002, es de 50mSv/año para el POE (1mSv/sem) y para el público de 5mSv/año (0.1mSv/sem).

• Considerando un eventual cambio de los límites de dosis nacionales se toma como referencia para efectos de los cálculos, la referencia del ICRP 103 [4], donde los límites de dosis considerados son: para el POE 20mSv/año, o bien 0.4 mSv/sem (0.04cGy/sem) y para el público 1mSv/año, 0.02mSv/sem (0.002cGy/sem).

Tabla 3. Límites de dosis semanales

	Referencia Nacional [mSv]	Referencia Internacional [mSv]
POE	1	0.4
PUBLICO	0.1	0.02

Se consideran 50 semanas laborales por año

2.1.3 Carga de trabajo

La carga de trabajo W se determina por la Ec. 1:

$$W = \frac{1}{60} N_R * D_{sem} * I * t \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

- N_R : número de estudios y/o disparos por día.
- D_{sem} : días laborales por semana
- I : corriente promedio en mA.
- t : tiempo de disparo promedio por radiografía en segundos.

• Considerando una técnica promedio por disparo de 140kV, 300mA, 10seg; y tomando como base 30pacientes/día, 4 disparos por paciente, 6 días por semana, empleando la Ec.1, se obtiene un una $W=36000\text{mAmin/sem}$ a emplear en los cálculos.

2.2 CALCULO DEL BLINDAJE

• Se calcula el factor de transmisión B_t en unidades $[\text{cGym}^2/\text{mAmin}]$ para la barrera requerida mediante la Ec.2:

$$B = \frac{H_E * d^2}{K_{1m} * W * T} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

- H_E : es la dosis límite $[\text{mGy/sem}]$
- d : es la distancia desde la fuente al punto de interés en la barrera $[\text{m}]$
- K_{1m} : es el Kerma en aire máximo a 1m $[\text{cGym}^2/\text{mAmin}]$
- W : es la carga de trabajo $[\text{mAmin/sem}]$
- T : es el factor de ocupación de la colindancia.

• Para encontrar el espesor de blindaje (plomo) contra la radiación de secundaria se emplea la Ec. 4:

$$S = \frac{1}{\alpha\gamma} * \ln \left[\frac{B^{-\gamma + \frac{\beta}{\alpha}}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right] \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

- B : es el coeficiente de transmisión.
- $\alpha\gamma\beta$: son coeficientes de ajuste que dependen del kV, ver tabla 4

Tabla 4. Coeficientes de ajuste

COEFICIENTE/ MATERIAL	140 keV			120 keV		
	α	β	γ	α	β	γ
Plomo	2.7394	13.2290	0.9429	2.7667	10.8550	1.0281
Concreto	0.3916	0.6204	1.1792	0.3422	0.4628	1.1691
Vidrio	0.4050	0.5567	1.5438	0.3627	0.3807	1.5712

2.3 ESPESORES EQUIVALENTES DE PLOMO PARA DISTINTOS MATERIALES.

- Una vez obtenido los valores definitivos en plomo se emplea la *tabla 4* para realizar las conversiones correspondientes a cada material empleando los coeficientes mencionados.
- En caso de requerir el equivalente en algún material en específico es necesario que se proporcione la densidad del material en cuestión para que el AESR pueda realizar la equivalencia correspondiente.

3. IDENTIFICACION DE LA SALA.

Con base a los datos proporcionados por el establecimiento, la sala cuenta con los siguientes datos generales:

DENOMINACION DE LA INSTALACION:		
SALA DE TOMOGRAFIA		
W=	36000	mAmin/sem
Altura=	3.50	m
Ubicación:	Planta baja	
Base de cálculo W:	30	pac/día
Energía de cálculo:	140	keV

EQUIPO	
Marca:	Siemens
Modelo:	SOMATOM Emotion 16
No. Ser.:	
kVmax=	130kV
mAmax=	--

4. CALCULOS Y RESULTADOS.

Una vez definidas las barreras y sus colindancias, se procede a clasificar las zonas a proteger, así como se asignan los factores de cálculo a cada zona, límites de dosis, factor de ocupación, uso y distancia al punto de cálculo de acuerdo a numeral II, ver *tabla 5*.

Tabla 5. Clasificación de zonas y factores de cálculo empleados					
Muro considerado	Área colindante	Clasificación de la zona	He [mSv/sem]	T	d [m]
BARRERA 1	Pasillo, área de control y sanitario	supervisada	0.002	1/4	2.50
BARRERA 2	Pasillo	No controlada	0.002	1	2.50
BARRERA 3	Área de vigilancia y pasillo	No controlada	0.002	1	2.40
BARRERA 4	Sala de Rayos X con Fluoroscopia	Controlada	0.002	1/4	4.30
TECHO	Cuarto de máquinas	No controlada	0.002	1	3.00

Las distancias indicadas para el cálculo, son distancia a cada barrera más 30 cm.

Piso: colinda con suelo firme

Una vez que se tienen definidos los factores de cálculo de la *tabla 5*, se procede a calcular el factor de transmisión de la barrera en consideración empleando las *Ec.2*, *Ec.3* y *Ec. 5* para cada barrera, una vez obtenido *B*, ver la *tabla 6*, se obtiene el espesor de blindaje en [mm] de pb, empleado los criterios de la *tabla 4* y la *Ec. 3*.

Ejemplo 1.-

Cálculo de la barrera secundaria

BARRERA 1

Tipo de barrera: secundaria

Colindancia: Pasillo, área de

Zona: supervisada

He= 0.002 mSv/sem

T= 0.25

d= 2.50 m

W= 36000 mAmin/sem

klm= 6.96E-04 cGy/mAmin

De acuerdo a la *Ec.*

$$B_{prim} = \frac{(0.002) (2.5)^2}{(0.000696) (36000) (0.25)} = 0.0019955$$

Considerando la energía de cálculo: 140 kV

$$\alpha = 2.7394 \quad \beta = 13.229 \quad \gamma = 0.9429$$

Por lo que empleando la *Ec.3* para plomo:

$$S = \frac{1}{(2.7394)(0.9429)} \ln \left[\frac{(0.001996) + \frac{13.229}{2.7394}}{1 + \frac{13.229}{2.7394}} \right] = 1.69 \text{ mm}$$

Redondeando el valor anterior, la recomendación del espesor definitivo será:

$$S = 1.7 \text{ mm de pb}$$

La metodología anterior se aplica para el resto de las barreras, encontrándose los valores de transmisión, espesores para cada tipo de radiación y espesores finales que se recomiendan en la *tabla 6*.

Tabla 6. Factor de transmisión y espesor final de blindaje calculados.

Muro considerado	Tipo de barrera	B [mSv ² /mAmin]	Espesor de blindaje calculado [mm] de Pb	Espesor final recomendado [mm] de Pb
BARRERA 1	Secundaria	0.001996	1.69	1.7
BARRERA 2	Secundaria	0.000499	2.19	2.2
BARRERA 3	Secundaria	0.000460	2.22	2.3
BARRERA 4	Secundaria	0.005904	1.30	1.4
BARRERA	Secundaria	#[DIV/0]	#[DIV/0]	#[DIV/0]
TECHO	Secundaria	0.000718	2.06	2.1

El valor de **espesor final recomendado**, se redondea al valor superior para mayor seguridad empleado la *tabla 4*, se realiza la conversión a los materiales utilizados más frecuentemente en la práctica dando como resultado la *tabla 7*, que contiene los espesores definitivos de cada barrera.

5. ESPESORES DEFINITIVOS.

De acuerdo a los datos disponibles y a los cálculos realizados, los espesores mínimos de blindaje que se deben de colocar en cada **BARRERA** se especifican en la *tabla 7* y la *ilustración 1*.

Tabla 7. Relación de espesores finales calculados

Muro considerado	Área colindante	Tipo de barrera	Clasificación de la zona	ESPESOR DEFINITIVO	
				Plomo [mm] $\rho=11.35$ g/cm ³	Concreta Normal [cm] $\rho=2.4$ g/cm ³
BARRERA 1	Pasillo, área de control y sanitario	Secundaria	supervisada	1.7	16.1
BARRERA 2	Pasillo	Secundaria	No controlada	2.2	20.1
BARRERA 3	Área de vigilancia y pasillo	Secundaria	No controlada	2.3	20.4
BARRERA 4	Sala de Rayos X con Fluoroscopia	Secundaria	Controlada	1.4	12.9
TECHO	Cuarto de máquinas	Secundaria	No controlada	2.1	19.1

Piso: colinda con suelo firme

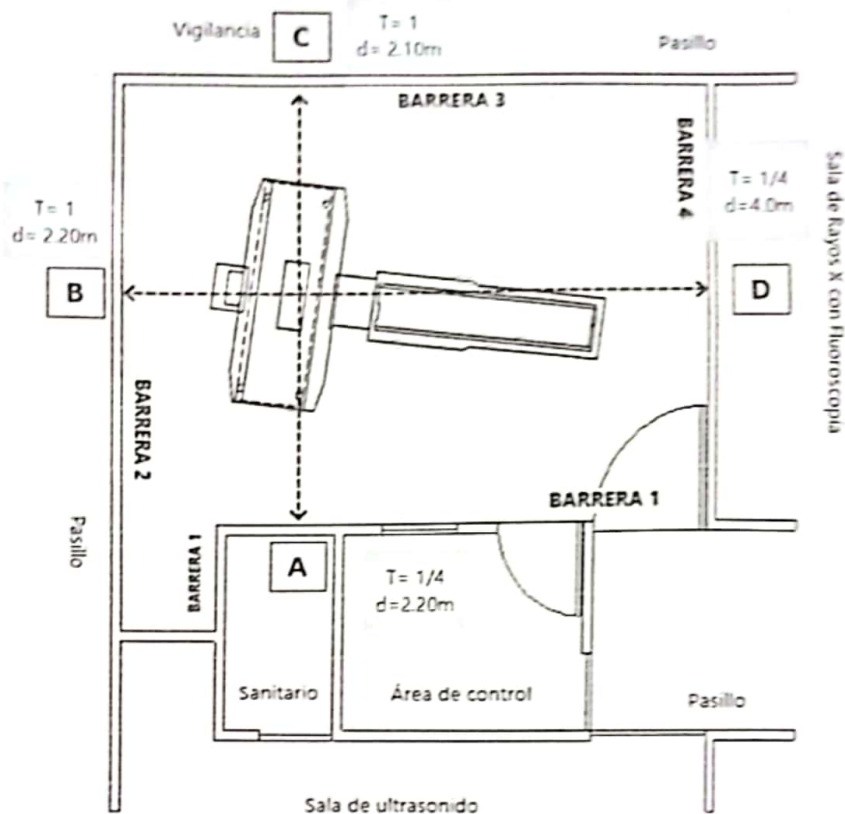


Ilustración 1. Distribución de barreras y colindancias.

6. REFERENCIAS

1. Norma Oficial Mexicana NOM-229-SSA1-2002 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.
2. NCRP Report No. 49 Structural shielding desing and evaluation for medical use of X rays and gamma rays of energies up to 10 MeV.
3. Dra. Maricela Verdejo Silva, Lic. Raúl Ramírez García. Programa Nacional de Protección Radiológica en el Diagnóstico Médico con Rayos X en México. Organización Panamericana de Salud, México-Salud 2000.
4. ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).
5. NCRP Report No. 147 Structural Shielding Desing for Medical X-Ray Imaging Facilities.
6. AAPM Report No.39. Specification and Acceptance Testing of Computed Tomography Scanners.
7. Norma Oficial Mexicana NOM-156-SSA1-1996 Salud ambiental. Requisitos técnicos para las instalaciones en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X.

7. ANEXOS

A. REQUERIMIENTOS NORMATIVOS EN LA COLOCACION DE LOS BLINDAJES.

NOM-229-SSA1-2002.

A.1. El blindaje puede elegirse de diversos materiales, como lámina de plomo, concreto normal, concreto baritado, tabique u otros, siempre y cuando se garantice debidamente documentado, que el espesor equivalente de plomo del material utilizado corresponde al indicado en los cálculos.

A.2 El paciente debe ser observable en todo momento desde la consola de control por contacto visual directo a través de una ventana blindada, o mediante otros sistemas, por ejemplo, con espejos ó por medio de sistemas de circuito cerrado de televisión.

A.3 La sala de rayos X debe estar diseñada de tal forma que exista comunicación directa o electrónica, desde la consola de control con el paciente.

A.4 Se requiere que en el exterior de las puertas principales de acceso a las salas de rayos X exista un indicador de luz roja que indique que el generador está encendido y por consiguiente puede haber exposición.

A.5 El área de almacenamiento de placas no debe estar ubicada en el interior de la sala de rayos X.

A.6 Los blindajes para la construcción, adaptación o remodelación deben determinarse con base en una memoria analítica, elaborada de acuerdo con el punto 5.7 de esta Norma, misma que debe ser realizada por un asesor especializado en seguridad radiológica.

A.7 La altura de blindaje para las paredes de una instalación no debe ser inferior a 2.1 metros previa evaluación de las áreas colindantes, pudiendo esta altura ser mayor en reservadas ocasiones.

A.8 En instalaciones fijas, es indispensable que la protección del operador durante la exposición consista en una mampara fija si la consola de control está dentro de la sala de rayos X.

A.9 Los blindajes para una instalación deben construirse de manera que exista continuidad entre los diferentes elementos constructivos donde sean instalados: muros, marcos, hojas de puertas, ventanillas de control, pasaplaques, entre otros, de tal manera que dicho blindaje no se vea interrumpido en ningún punto de la superficie a proteger.

A.10 Las juntas constructivas que existieran entre los muros, columnas, tableros precontruidos u otro elemento de la instalación y que se ubiquen en la sala de rayos X, deben blindarse de tal forma que si se presentaran movimientos normales de la estructura, la protección no se viera afectada. Es recomendable el empleo de ángulos o tiras de plomo adosados al interior de las juntas o remates de los muros.

A.11 Las puertas de acceso a la sala de rayos X, tanto la de entrada principal como las de los vestidores, deben garantizar el permanecer cerradas durante el estudio radiológico.

A.12 Los tableros de control, cajas de instalaciones u otros materiales, que interrumpen la continuidad de la protección, deben cubrirse por su interior y si esto no es posible por el lado opuesto del muro, con el blindaje suficiente.

A.13 Cuando se utiliza como blindaje lámina de plomo o un material similar, éste debe estar montado de tal manera que no se deslice bajo su propio peso y el empalme entre las láminas deberá ser de 1 cm como mínimo. Las cabezas de clavos, tornillos o remaches deben estar cubiertos con plomo del mismo espesor que el de la lámina.

A.14 Los blindajes deben ser homogéneos y cumplir con la composición y densidad exigidas.

A.15 Toda instalación debe contar con una verificación de blindaje realizada y documentada por un asesor especializado en seguridad radiológica, que garantice que la dosis que reciben público y POE se encuentre por debajo de los límites de dosis establecidos en esta norma. Dicha verificación se hará de acuerdo con los criterios establecidos en el punto 5.8.

A.16 En caso de siniestros naturales o eventos que afecten en forma evidente la integridad de los blindajes de las salas de rayos X, se deberá realizar la verificación de los mismos.

A.17 En instalaciones nuevas deberán presentar memoria analítica de cálculo de los blindajes en las salas de rayos X avalada por un asesor especializado en seguridad radiológica para el trámite de licencia sanitaria del establecimiento; así como presentar verificación de blindajes realizado avalado por el asesor.

A.18 En el caso de modificación a las condiciones originales del establecimiento, es decir las condiciones en las cuales fue emitida esta memoria analítica; particularmente para los casos en donde existen alteraciones en la posición o cambio de equipo, modificaciones a las barreras o colindancias, es necesaria una revisión de la presente memoria analítica.