



Memoria Analítica

Sala de Rayos X Convencional

Nombre del Establecimiento
HOSPITAL GENERAL DE CELAYA

Razón Social
**INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DEL ESTADO DE
GUANAJUATO**

Dirección:
**Gobernador Victor Lizardi, esq. Juan B. Castelazo,
Col. Valle del Real, C.P. 38020,
Celaya, Guanajuato.**

Permiso de la S.S No. 005/AESR/2018 del 13 de Julio de 2018

51

FECHA: 19 de Noviembre de 2020

Página 1 de 10

Seguridad
Radiológica,
Radioterapia,
Medicina
Nuclear y
Aplicaciones
Industriales



Sala y equipo:

Esta memoria analítica se refiere a la Sala de Rayos X Convencional del establecimiento HOSPITAL GENERAL DE CELAYA, que se ubica en Gobernador Victor Lizardi, esq. Juan B. Castelazo, Col. Valle del Real, C.P. 38020, Celaya, Guanajuato. Cuyo equipo tiene los siguientes límites operativos:

Equipo de Rayos X Convencional

Marca: *Siemens*
kV_{máx}: *150 kV*

Modelo: *Multix Top*
mA_{máx}: *500 mA*

Consideraciones generales:

- La dosis límite semanal de 0.04cGy (equivalente de 0.4 mSv) para personal ocupacionalmente expuesto (POE) y 0.002cGy (equivalente de 0.02 mSv) para público.
- La capa hemirreductora CHR y decirreductora CDR depende de la energía de la radiación, para 100 kV se considera de 0.27 y 0.88 mm en plomo respectivamente.
- La carga de trabajo (W) para radiografía convencional se calcula sobre la base de 450 placas por semana con técnica de 100kV, 100mA y 0.4seg y seis días de trabajo a la semana, esto es W=300 mAmin/sem, con $a = 0.002$ y $A = 1000 \text{ cm}^2$, $ddis = 1.5$ y 0.8 m para el haz dirigido hacia el bucky de la pared y sobre la mesa respectivamente.

Algoritmos de cálculo:

- El coeficiente de atenuación B para las barreras primarias es:

$$B = \frac{Hm * d_{prim}^2}{W * U * T} \quad \text{Eq. 1}$$

- Para las barreras secundarias, en el caso de fuga es:

$$Bf = \frac{Hm * d_{sec}^2 * 600 * I}{W * T} \quad \text{Eq. 2}$$



- Para el caso de barreras secundarias, en el caso de dispersión es:

$$Bd = \frac{400 * Hm * d_{sec}^2 * d_{dis}^2}{a * W * T * A} \quad \text{Eq.3}$$

Donde:

- Hm es la dosis límite [cGy/sem]
 - dpri es la distancia desde la fuente al punto de interés en la barrera primaria [m]
 - dsec es la distancia desde la fuente al punto de interés [m]
 - ddis es la distancia de la fuente al dispersor [m]
 - W es la carga de trabajo [mA min/sem]
 - U es el uso de la barrera
 - T es la ocupación del área
 - I es la corriente del equipo que para este caso tiene un valor de 5mA*
 - a es la razón de la exposición incidente a dispersa
 - A es el área del campo de radiación máximo del equipo [cm²]
- * Valor determinado en NCRP 49.

- Los espesores de los blindajes para radiación primaria y dispersa se obtienen de la figura 1 del NCRP 49.

- Para la radiación de fuga se aplica la ecuación siguiente:

$$S = CDR * \log\left(\frac{1}{B}\right) \quad \text{Eq. 4}$$

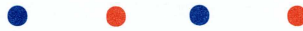
- En referencia a los concretos, concreto es aquel con densidad de 2.2 gr/cc y concreto baritado es el de 3.2gr/cc.

- Cuando la diferencia entre los espesores es mayor a una CDR se toma al mayor de ellos, en caso contrario se agrega una CHR al mayor para determinar el espesor definitivo de cada pared.

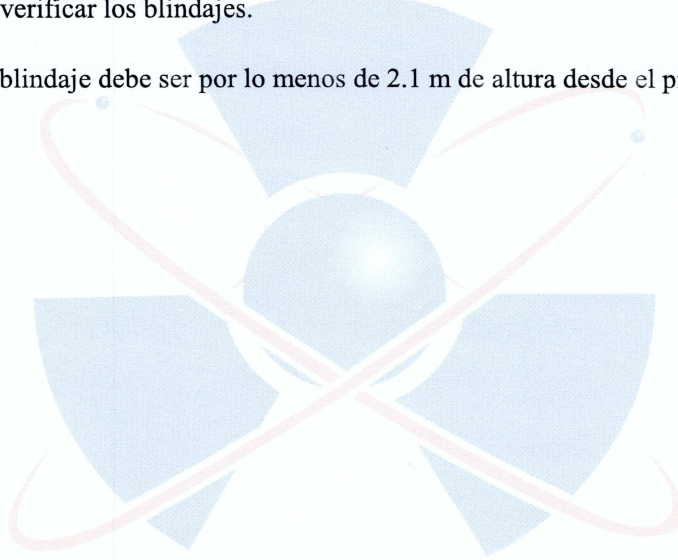
- La distancia se toma desde la fuente emisora de radiación al punto de cálculo que se localiza a 0.30 m de la cara exterior de las paredes, a 0.50 m del piso superior en consideración y a 1.70 m del piso inferior en caso de que aplique.

- La Sala se encuentra en planta baja, con una altura piso-loza de 4.05 m.

- Los espesores calculados son válidos exclusivamente para las condiciones expresadas en este documento, cualquier variación en los planos (dimensiones o colindancias) o en las características del equipo o en su disposición, pueden alterar los espesores calculados, por lo que en este caso se deberá hacer una revisión de esta memoria.



- ASESORES EN RADIACIONES S.A. (ARSA), cuenta con Permiso de la S.S No. 005/AESR/2018 del 13 de Julio de 2018, para realizar trabajos de Asesor Especializado en Seguridad Radiológica para Establecimientos de Diagnóstico Médico con Rayos X.
- La presente memoria deberá ser evaluada y autorizada por la SS.
- Para la sala existe un anexo donde se determinan los puntos de cálculo y medida.
- En caso de que los marcos de las puertas sean de acero, 1 mm de plomo es equivalente a 6.5 mm de acero.
- Antes de poner en operación los equipos, se deberá realizar un levantamiento de niveles de radiación para verificar los blindajes.
- La altura del blindaje debe ser por lo menos de 2.1 m de altura desde el piso.





Sala de Rayos X Convencional

Descripción de la instalación, cálculos y resultados.

PARED I

Colinda con pasillo, barrera primaria, ocupación parcial y zona no controlada. Con $H_m = 0.002$ cGy/sem, $d_{prim} = 2.10$ m (al punto a y haz dirigido hacia el bucky de pared), $T = 0.25$ y $U = 0.5$. Para este caso usando la ecuación 1 se tiene:

$$B = (0.002 * (2.1^2)) / (500 * 0.5 * 0.25) = 0.00014$$

El espesor del blindaje, en el Punto a, donde incide directamente el haz será: 2.10 mm de plomo.

El espesor del blindaje de la PARED I en el punto donde incide el haz debe ser de 2.1 mm de plomo.

PARED II

Colinda con Sala de Mastografía, barrera secundaria, ocupación total y zona controlada. Con $H_m = 0.04$ cGy/sem, $d_{sec} = 1.84$ m (al punto b y haz dirigido hacia el suelo), y $T = 1$.

Para el caso de fuga usando la ecuación 2 se tiene:

$$B_f = (0.04 * (1.84^2) * 600 * 5) / (500 * 1) = 0.8125$$

el valor anterior corresponde a 0.08 mm de plomo.

Para el caso de dispersión usando la ecuación 3 se tiene:

$$B_d = (400 * 0.04 * (1.84^2) * (0.8^2)) / (0.002 * 500 * 1 * 1000) = 0.0347$$

el valor anterior corresponde a 0.30 mm de plomo.

El espesor total de este blindaje será: $0.30 + 0.27 = 0.57$ mm de plomo.

El espesor del blindaje de la PARED II debe ser de 0.6 mm de plomo.

55



PARED III

Colinda con vestidores y pasillo, barrera secundaria, ocupación parcial y zona no controlada. Con $H_m = 0.002$ cGy/sem, $d_{sec} = 2.69$ m (al punto c y haz dirigido hacia el suelo), y $T = 0.25$.

Para el caso de fuga usando la ecuación 2 se tiene:

$$B_f = (0.002 * (2.69^2) * 600 * 5) / (500 * 0.25) = 0.3473$$

el valor anterior corresponde a 0.40 mm de plomo.

Para el caso de dispersión usando la ecuación 3 se tiene:

$$B_d = (400 * 0.002 * (2.69^2) * (0.8^2)) / (0.002 * 500 * 0.25 * 1000) = 0.0148$$

el valor anterior corresponde a 0.45 mm de plomo.

El espesor total de este blindaje será: $0.45 + 0.27 = 0.72$ mm de plomo.

El espesor del blindaje de la PARED III debe ser de 0.8 mm de plomo.

PARED IV

Colinda con bodega, Área de Control, digitalización y revelado y baño, barrera secundaria, ocupación total y zona controlada. Con $H_m = 0.02$ cGy/sem, $d_{sec} = 2.46$ m (al punto d y haz dirigido hacia el suelo), y $T = 1$.

Para el caso de fuga usando la ecuación 2 se tiene:

$$B_f = (0.02 * (2.46^2) * 600 * 5) / (500 * 1) = 0.7262$$

el valor anterior corresponde a 0.12 mm de plomo.

Para el caso de dispersión usando la ecuación 3 se tiene:

$$B_d = (400 * 0.02 * (2.46^2) * (0.8^2)) / (0.002 * 500 * 1 * 1000) = 0.0310$$

el valor anterior corresponde a 0.30 mm de plomo.

El espesor total de este blindaje será: $0.30 + 0.27 = 0.57$ mm de plomo.

El espesor del blindaje de la PARED IV debe ser de 0.6 mm de plomo.

56



TECHO

Colinda con oficinas, barrera secundaria, ocupación total y zona no controlada. Con $H_m = 0.002$ cGy/sem y $T = 1$, la altura considerada para esta sala es de 4.05 m.

Para el caso de fuga usando la ecuación 2 con $d_{sec} = 2.55$ m (tubo a 2.0 m sobre el suelo) se tiene:

$$B_f = (0.002 * (2.55^2) * 600 * 5) / (500 * 1) = 0.0780$$

el valor anterior corresponde a 0.97 mm de plomo.

Para el caso de dispersión usando la ecuación 3 se tiene:

$$B_d = (400 * 0.002 * (2.55^2) * (0.8^2)) / (0.002 * 500 * 1 * 1000) = 0.0033$$

el valor anterior corresponde a 0.90 mm de plomo.

El espesor total de este blindaje será: $0.97 + 0.27 = 1.24$ mm de plomo.

El espesor del blindaje del TECHO debe ser de 1.3 mm de plomo o bien 9.5 cm de concreto normal.

PISO

Colinda con tierra firme, razón por la que no se considera en los cálculos.

Conclusiones

La siguiente tabla contiene los espesores de las barreras calculadas en plomo. El espesor de las barreras puede elegirse de diversos materiales además del plomo, tales como concreto normal, concreto baritado, ladrillo, etc. siempre y cuando se garantice debidamente documentado su equivalencia con el plomo a la energía y espesor aquí calculados:

Sala de Rayos X Convencional

Sitio	Espesor definitivo		
	[mm] de Plomo	[cm] de Concreto Normal [f=2.35 mg/cm ³]	[cm] de Concreto Baritado [f=3.6 mg/cm ³]
Pared I	2.1	14.1	1.7
Pared II	0.6	5.4	0.5
Pared III	0.8	6.6	0.7
Pared IV*	0.6	5.4	0.5
TECHO	1.3	9.5	1.1

* Incluye el vidrio de la ventana de observación.



Bibliografía

- Norma Oficial Mexicana NOM-229-SSA1-2002 Salud ambiental. Requisitos técnicos para las instalaciones en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X.
- NCRP Report No. 49 Structural shielding desing and evaluation for medical use of X rays and gamma rays of energies up to 10 MeV.

Notas:

- Los espesores calculados son los espesores mínimos que deben tener las paredes, techo, puertas y ventana.
- En caso de existir dos cálculos para una misma barrera se debe considerar el mayor.
- El uso de acero estructural se debe considerar con respecto al plomo de la siguiente manera:
6.4 mm de acero es equivalente a 1 mm de plomo.
- El traslape entre blindajes o diferentes blindajes debe ser como mínimo de 1 cm.
- En el anexo de cada sala se indican las paredes a colocar protección.

ANEXO

Croquis donde se muestran los puntos de medida y cálculo

Elaboró

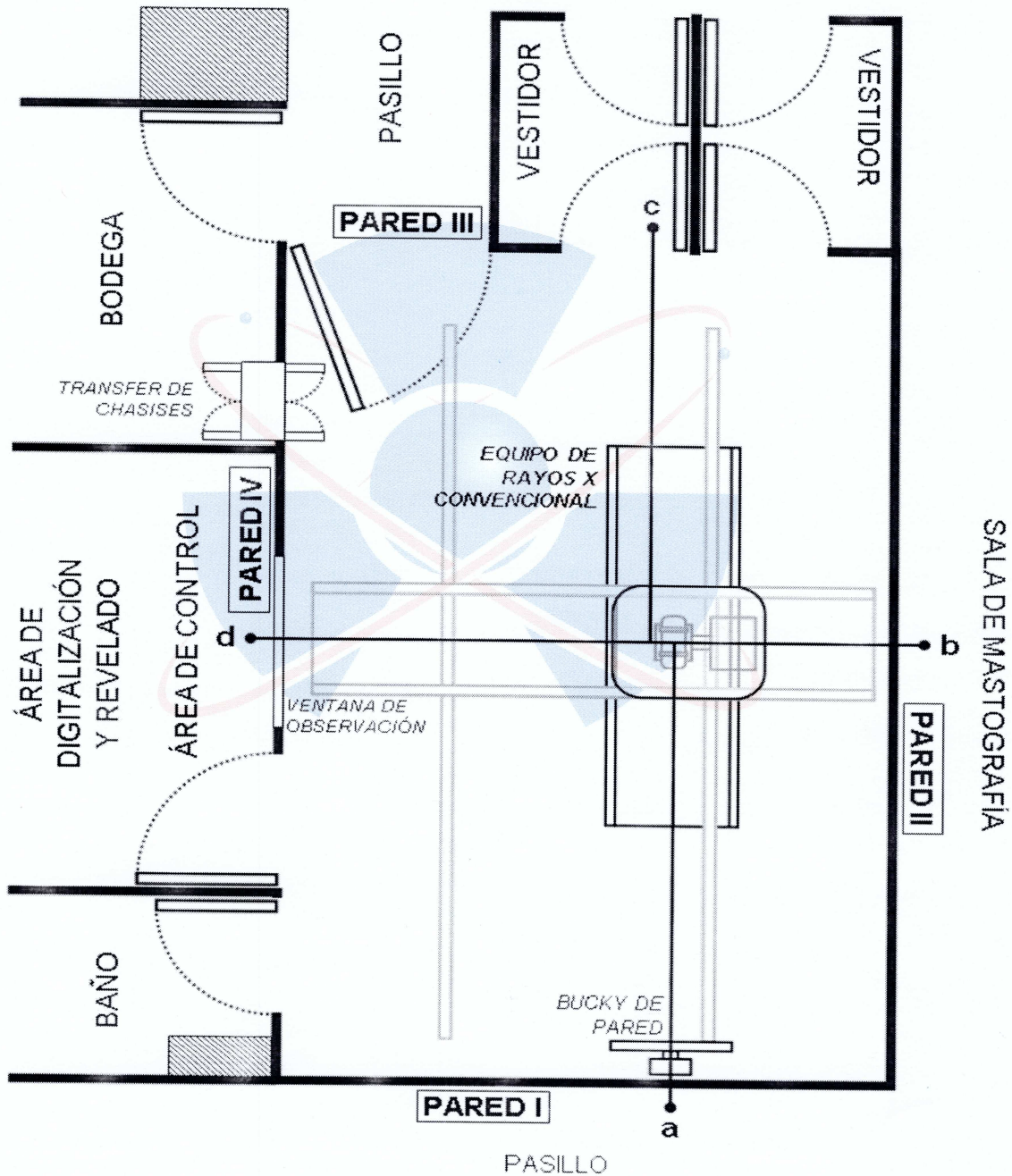
Ing. Fis. Hugo Israel Plascencia Pérez

Revisó

M. en C. Carlos Rodríguez Islas

ANEXO

Croquis donde se muestran los puntos de medida y cálculo de la Sala de Rayos X Convencional





LEVANTAMIENTO DE NIVELES DE RADIACIÓN

Equipo: RAYOS X CONVENCIONAL

Marca: SIEMENS

Modelo: MULTIX TOP

Nº Serie: 1644

DATOS DEL GABINETE

Nombre del Establecimiento

HOSPITAL GENERAL DE CELAYA

Razón Social

**INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DEL ESTADO DE
GUANAJUATO**

Domicilio

**Gobernador Victor Lizardi s/n, esq. Juan B. Castelazo,
Col. Valle del Real, C.P. 38020,
Celaya, Guanajuato.**

Permiso de la S.S No. 005/AESR/2018 del 13 de Julio de 2018

**LEVANTAMIENTO DE NIVELES REALIZADO CONFORME A LA
NOM-229-SSA1-2002**

FECHA: 19 de Noviembre de 2020



Datos del Equipo de Rayos X Convencional

EQUIPO

Marca: Siemens, Modelo: Multix Top, N° Serie: 1644,
150 kVpmáx, 500 mAsmáx

GENERADOR

Marca: Siemens, Modelo: 4798513 X2239, N° Serie: 02402S01 L

CONSOLA DE CONTROL

Marca: Siemens, Modelo: 1175640 X2187, N° Serie: 03989S01

TUBO DE RAYOS X

Marca: Siemens,
Coraza OPTI 150/30/50HC - 100, N° Modelo: 01161525, N° Serie: 100049
Inserto OPTITOP 150/30/50HC, N° Modelo: 01184696, N° Serie: 443120,
Puntos Focales: 0.6mm / 1.0mm.

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE MEDICIÓN UTILIZADO

CÁMARA DE IONIZACIÓN PRESURIZADA A 6 ATMÓSFERAS

Marca: FLUKE Modelo: 451P N° Serie: 2637

CONSIDERACIONES GENERALES

- Los límites semanales y anuales de dosis equivalente, respectivamente, son de 1 mSv y 50 mSv para Personal Ocupacionalmente Expuesto, y de 0.1 mSv y 5 mSv para Público.
- La Carga de Trabajo (W) es un 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 se calcula mediante la siguiente ecuación (1):

$$W = (1/60) \times N \times I \times t \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

W es la carga de trabajo, usualmente expresada en mAmin/sem.

$1/60$ es el factor de conversión de segundos a minutos.

N es el número de disparos, adquisiciones o exploraciones radiográficas por semana.

I es la corriente de tubo promedio utilizada (mA).

t es el tiempo utilizado por disparo, adquisición o exploración radiográfica (seg.).



- Los tiempos de exposición utilizados son mayores al tiempo de respuesta del detector.
- Las mediciones se realizaron dirigiendo el haz útil de rayos X hacia un medio dispersor cuyas dimensiones son de 25 cm de ancho, 25 cm de largo y 15 cm de espesor, con la finalidad de contar con condiciones adecuadas de dispersión.
- Se utilizó el detector en modo integración de la medición.
- Las mediciones se realizaron a 30 cm en el lado externo de la pared o barrera a medir, y a 1 m de altura del piso.
- De los puntos de medición realizados, se incluyeron puertas, consola de control y áreas adyacentes circunvecinas incluyendo piso superior e inferior en el caso que estos se encuentren ocupados, y en general en todos los sitios ocupados por POE o público, poniendo especial atención a los sitios en los que se ubiquen traslapes, juntas o marcos.
- El cálculo de la dosis equivalente semanal y anual, respectivamente, en función de la lectura del detector utilizado, se realizó mediante las siguientes ecuaciones (2) y (3):

$$H_s = (1/60) \times L \times U \times T \times t \times 1,67 \times 0,0088 \times F_c \quad \text{Ecuación 2}$$

$$H_a = H_s \times 50 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

H_s es la dosis equivalente semanal (mSv).

H_a es la dosis equivalente anual (mSv).

$1/60$ es el factor de conversión de minutos a horas.

L es la lectura del detector en mR/h.

U es el Factor de Uso de la pared o barrera.

T es el Factor de Ocupación de la colindancia.

t es el tiempo de exposición semanal (min/semana).

$1,67$ es la factor de corrección del detector por la energía utilizada.

$0,0088$ es la factor de conversión de mR a mSv.

F_c es el factor de calibración de la cámara de ionización = 1.614



CÁLCULOS

- La carga de trabajo (Ecuación 1) para esta sala se calcula con una base de 750 disparos, adquisiciones o exploraciones radiográficas por semana, una corriente de tubo promedio de 100mA, y tiempos de exposición de 0.4seg. por disparo, adquisición o exploración radiográfica. Por lo tanto, la carga de trabajo es:

$$W = (1/60) \times (750) \times (100) \times (0.4) = 500 \text{ mAmin/sem}$$

- El tiempo total de exposición por semana se calcula dividiendo la carga de trabajo entre la corriente de tubo empleada para los disparos en el levantamiento de niveles de radiación, que en este caso es de 100mA. Por lo tanto, el tiempo total de exposición semanal es:

$$t = (500) / (100) = 5 \text{ min/sem}$$

MEDICIONES

Nº	PUNTO DE MEDIDA	U	T	L(mR/h)	Hs(mSv)	Ha(mSv)	Límite anual permitido (mSv)
1	Pasillo*	1.0	0.25	0.076	0.00004	0.002	5
2	Sala de Mastografía	1.0	1.0	0.012	Fondo Natural	Dosis Natural	50
3	Vestidor	1.0	0.25	0.078	0.00004	0.002	5
4	Marco de la puerta del vestidor	1.0	0.25	0.134	0.00007	0.003	5
5	Puerta del vestidor	1.0	0.25	0.07	0.00003	0.002	5
6	Puerta del vestidor	1.0	0.25	0.094	0.00005	0.002	5
7	Marco de la puerta del vestidor	1.0	0.25	0.167	0.00008	0.004	5
8	Puerta del vestidor	1.0	0.25	0.101	0.00005	0.002	5
9	Marco de la puerta al pasillo	1.0	0.25	0.056	0.00003	0.001	5



10	Puerta al pasillo	1.0	0.25	0.04	0.00002	0.001	5
11	Bodega	1.0	0.0625	0.012	Fondo Natural	Dosis Natural	5
12	Transfer de chasis	1.0	0.0625	0.012	Fondo Natural	Dosis Natural	5
13	Área de Control y digitalización y revelado	1.0	1.0	0.012	Fondo Natural	Dosis Natural	50
14	Marco de la ventana de observación	1.0	1.0	0.012	Fondo Natural	Dosis Natural	50
15	Ventana de observación	1.0	1.0	0.012	Fondo Natural	Dosis Natural	50
16	Marco de la puerta al Área de Control	1.0	1.0	0.091	0.00018	0.009	50
17	Puerta al Área de Control	1.0	1.0	0.035	0.00007	0.003	50
18	Puerta del baño	1.0	0.25	0.085	0.00004	0.002	5
19	Marco de la puerta del baño	1.0	0.25	0.22	0.00011	0.005	5
20	Baño	1.0	0.25	0.061	0.00003	0.002	5
	Colindancia superior (Oficinas)	1.0	1.0	0.012	Fondo Natural	Dosis Natural	5

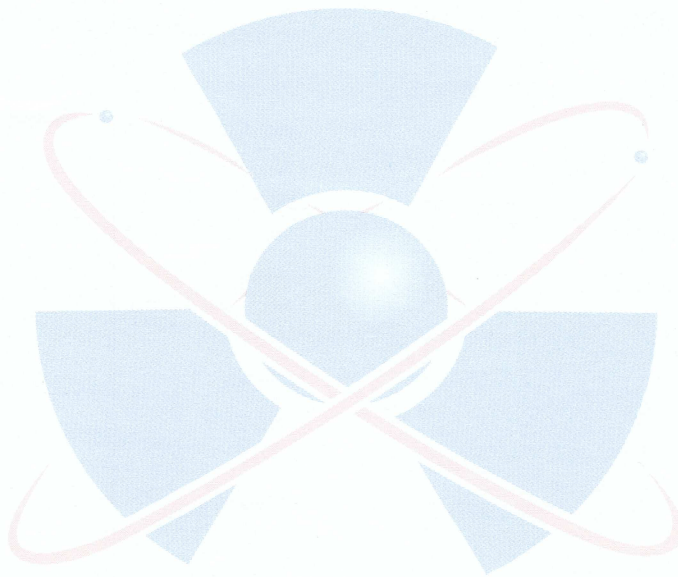
* Barrera primaria



CONCLUSIONES

De acuerdo con la carga de trabajo especificada para esta sala, el Reglamento General de Seguridad Radiológica publicado en el diario oficial el 22 de Noviembre de 1988 y la 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", los cuales establecen un límite de dosis de 50 mSv/año para el Personal Ocupacionalmente Expuesto y de 5 mSv/año para el público en general, se concluye lo siguiente:

Las dosis equivalentes anuales calculadas en todos los puntos de medida se encuentran por debajo de los límites establecidos.



Ing. Fis. Hugo Israel Plascencia Pérez

M. en C. Carlos Rodríguez Islas

CRÓQUIS DE LA SALA

