



**ASOCIACIÓN CHILENA DE SEGURIDAD  
GERENCIA DE OPERACIONES PREVENTIVAS  
ÁREA ESPECIALIDADES TÉCNICAS**

**INFORME TÉCNICO Nº 201402016838**

**“SERVICIO DE SALUD METROPOLITANO SUR ORIENTE – COMPLEJO  
ASISTENCIAL DR. SÓTERO DEL RÍO”**

**EVALUACIÓN DE RIESGOS DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL  
A RADIACIONES IONIZANTES**

**EFFECTUADO POR:  
ING. SANDRA POBLETE SÁNCHEZ**

**GERENCIA DE OPERACIONES PREVENTIVAS  
ÁREA ESPECIALIDADES TÉCNICAS**



**INFORME TÉCNICO N° 201402016838  
EVALUACIÓN DE RIESGOS DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A RADIACIONES  
IONIZANTES**

**1. ANTECEDENTES**

<b>Empresa</b>	<b>:</b>	<b>SERVICIO DE SALUD METROPOLITANO SUR ORIENTE</b>
<b>Establecimiento</b>	<b>:</b>	<b>HOSPITAL DR. SÓTERO DEL RÍO</b>
<b>N° de Empresa Asociada</b>	<b>:</b>	<b>33334-9</b>
<b>Dirección</b>	<b>:</b>	<b>AV.CONCHA Y TORO N°3459</b>
<b>Comuna</b>	<b>:</b>	<b>PUENTE ALTO</b>
<b>Directora Servicio</b>	<b>:</b>	<b>DR. FERNANDO BETANZO VALLEJOS</b>
<b>Director Complejo</b>	<b>:</b>	<b>DR. IGNACIO GARCÍA-HUIDOBRO H.</b>
<b>Fecha Visita</b>	<b>:</b>	<b>21 DE FEBRERO DE 2014</b>
<b>Efectuado Por</b>	<b>:</b>	<b>ING. SANDRA POBLETE SÁNCHEZ</b>

**2. OBJETIVO Y ALCANCE DE LA EVALUACIÓN**

Evaluar la práctica de Protección Radiológica asociada al condiciones de funcionamiento de equipos generador de rayos X móvil utilizado en la Unidad del Paciente Crítico del Complejo Asistencial Dr. Sótero del Río y en consideración a los resultados proponer medidas de control.

**3. ALCANCE DE LA EVALUACIÓN**

El Servicio de Salud Metropolitano Sur Oriente, solicitó evaluar equipo de Rayos X móvil, marca General Electric, modelo VMX PLUS año 2004, el que fue evaluado por la Autoridad Sanitaria Regional, indicando observaciones relativas a la protección radiológica operacional asociada al uso del equipo emisor. Sin embargo, de acuerdo a lo informado, la Unidad recibió un equipo de Rayos X digital móvil, marca Siemens, modelo Mobilett XP Hybrid, proveniente del Hospital Santiago Oriente; el que solicitaron se evaluara en las mismas condiciones del otro equipo, con la finalidad de optar por uno de los dos equipos.

#### 4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La Unidad de Paciente Crítico Adulto, cuenta con un equipo generadores de rayos X del tipo móvil, marca General Electric, modelo VMX PLUS año 2004 (ver Imagen N°1); y actualmente, con un Rayos X digital móvil, marca Siemens, modelo Mobilett XP Hybrid, año 2011, el que posee una pantalla para visualización de imágenes, (ver Imagen N°2).

**Imagen N°1: Equipo General Electric, modelo VMX PLUS año 2004**



**Imagen N°2: Equipo Siemens, modelo Mobilett XP Hybrid, año 2011**



## GERENCIA DE OPERACIONES PREVENTIVAS – ÁREA ESPECIALIDADES TÉCNICAS

---

La instalación está construida en su totalidad por tabiquería, posee 42 camas de las cuales, 18 son camas UCI (Unidad de Cuidados Intensivos) y 24 de UTI (Unidad de Tratamiento Intermedio). Las camas UCI están distribuidas en tres salas de 4 camas y 2 de aislamiento. Las camas UTI están distribuidas en 4 salas de Intermedio, de las cuales 2 salas cuentan con 4 camas y otras 2 salas con 4 camas cada una y dos camas de aislamiento.

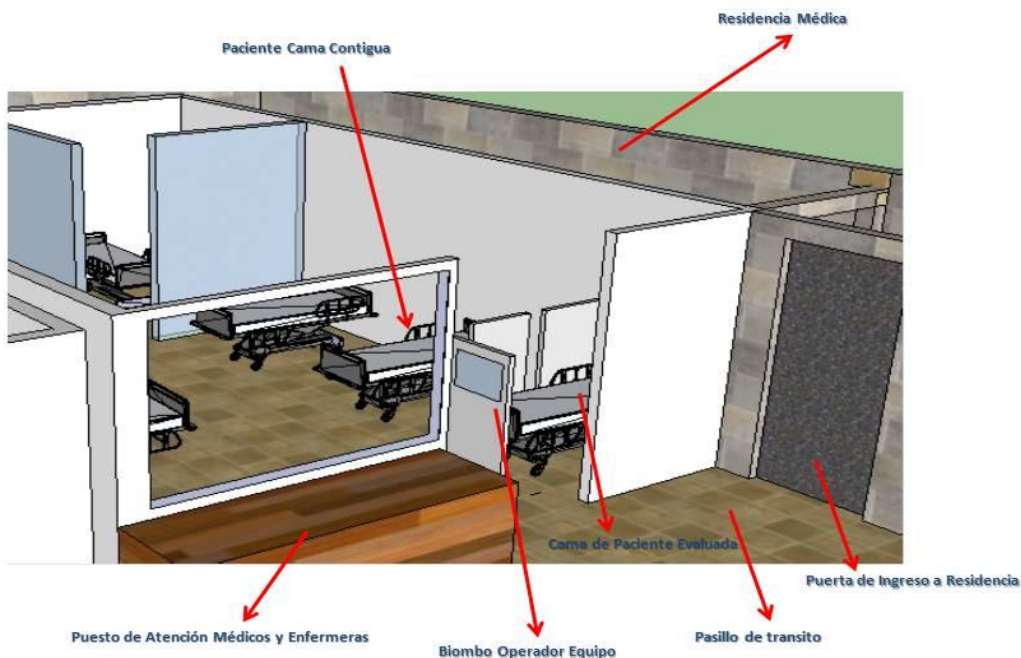
De acuerdo a la información proporcionada, en la Unidad se realizan entre 10 y 15 exámenes radiológicos diarios, a distintos pacientes que, por su estado de salud, no es posible su traslado al Servicio de Imagenología.

La UPC Adulto, fue construida recientemente adosada al primer piso del establecimiento, su construcción está constituida, principalmente por tabiquería.

Al momento de la evaluación, se contaba con tres biombos plomados para el apantallamiento de la radiación dispersa durante el procedimiento.

En la Imagen N°3, se puede observar el Croquis con la distribución de ella.

**Imagen N° 3 : Croquis Sala Evaluada UPC Adulto Complejo Asistencial Dr. Sótero del Río.**



## 5. CARACTERIZACIÓN DEL AGENTE

El agente de riesgo en la instalación, corresponde a Radiación X proveniente de tubo que el equipo posee. Cuando los rayos X del haz primario atraviesan el cuerpo del paciente, se produce la absorción y retrodispersión de la radiación, conocida como scattering, siendo esta última componente la principal causa de exposición ocupacional, la que de todas maneras es de menor energía que la radiación del haz principal que incide sobre el paciente.

## 6. MEDICIONES

### 6.1 Método de Medición

De acuerdo a las características de exposición ocupacional y no ocupacional asociada a esta instalación, la metodología de medición consistió en simular una condición de trabajo habitual, utilizando en vez de paciente recipiente plástico con suficiente agua para simular las características de un paciente adulto y permite generar radiación secundaria; se selecciona con el operador, de acuerdo a las características del equipo la técnica radiológica razonablemente alta en términos de energía de emisión, para asegurar, dadas las características del agente, que el nivel de protección que ofrece la instalación es capaz de controlarla. Posteriormente se identifican los lugares de medición y se solicita al operador realice los disparos de radiación necesarios para medir las tasas de exposición planificadas.

### 6.2 Parámetros de medición.

#### 6.2.1 Tasa de Exposición

La exposición corresponde a una medida de la ionización producida en aire por la radiación X o gamma, así 1 Roentgen es la exposición requerida para producir en el aire la cantidad de  $2,54 \times 10^{-4}$  Coulomb (cargas eléctricas) de iones de un mismo signo por kilogramo de aire. La unidad de tasa de exposición con el submúltiplo más utilizada es el miliRoentgen/hora [mR/hr].

#### 6.2.2 Dosis Equivalente

Corresponde a la magnitud empleada en Protección Radiológica como indicador del daño biológico producido por la radiación ionizante de diferentes tipos, por lo que corresponde a la magnitud utilizada para establecer los límites ocupacionales. Su unidad en el

Sistema antiguo es el [Rem], que es aún utilizada en nuestra reglamentación. La nueva unidad propuesta y reconocida internacionalmente es el Sievert [Sv].

### 6.3 Instrumentación

Para medir la exposición a radiaciones ionizantes se utilizó un medidor cuyas características son:

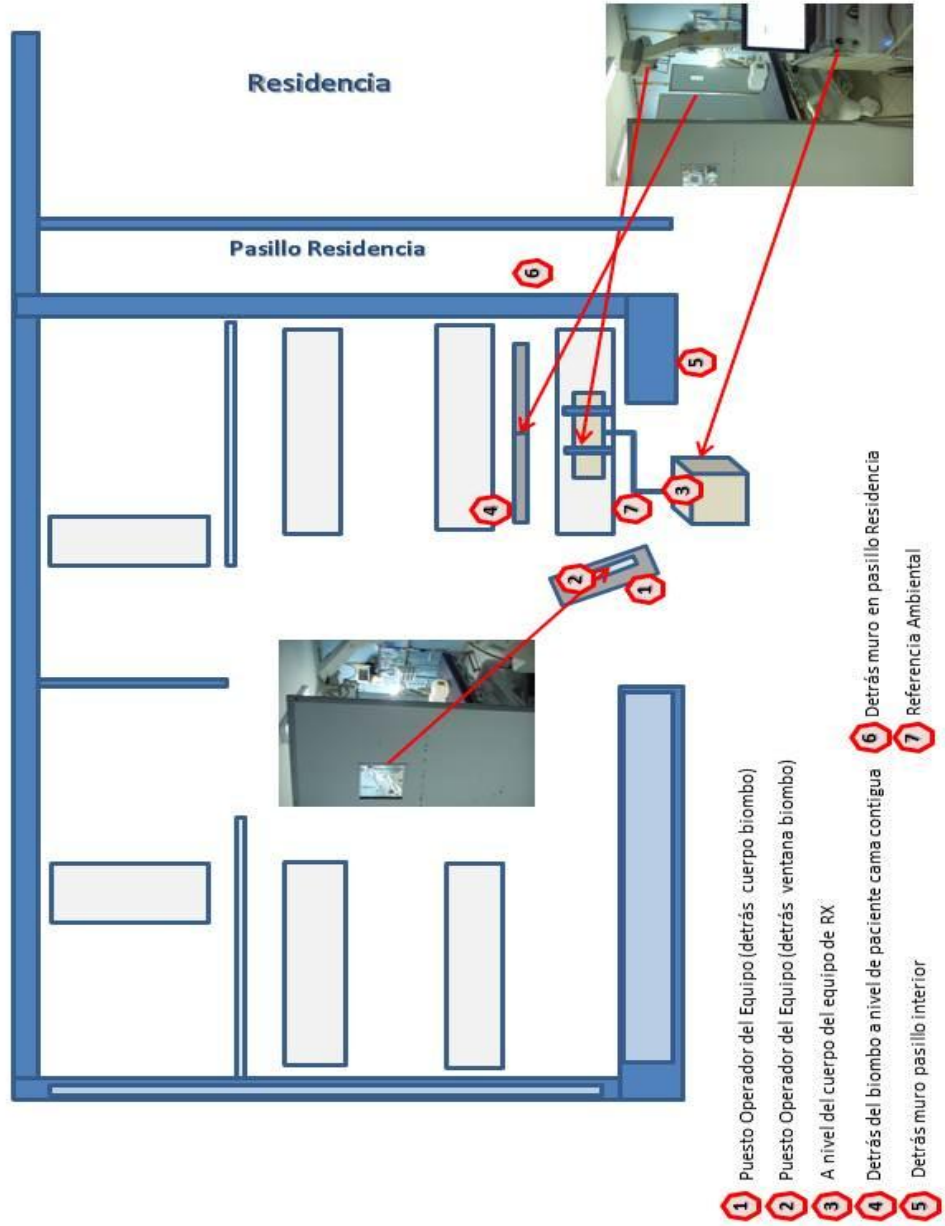
Tipo de Instrumento	:	Cámara de Ionización
Marca	:	FLUKE
Modelo	:	451 P RYR
Serie	:	1974
Calibración	:	Certificada por el Laboratorio de Patrones Secundarios de la Comisión Chilena de Energía Nuclear.
Fuente de referencia	:	Cs-137.

### 6.4 Plan de Medición.

Para establecer el plan de medición, se consideró la información proporcionada por el operador del equipo para construir el levantamiento radiométrico, orientado a la verificación de la eficiencia de atenuación de las barreras a la radiación primaria o secundaria (dispersa), tales como muros, tabiques y biombos plomados.

Para la evaluación se contempló la medición de los niveles de radiación en cama que se encuentra contigua a pasillo de tránsito del personal y que colinda con pasillo de la residencia del personal, midiéndose en los siguientes lugares: Biombo donde se ubica el Operador del equipo (dos mediciones), en el área donde se ubica el cuerpo del equipo (una medición), detrás de biombo a nivel de paciente de cama contigua, detrás de muro de tránsito ubicado al costado derecho de la cama (una medición), detrás de muro en pasillo de Residencia Médica (una medición), y una medición de la radiación dispersa como referencia de su magnitud y su relación con las atenuadas por las barreras (una medición). Ver Imagen N°4.

Imagen N° 4: Croquis Levantamiento Radiométrico Sala UCP Adulto Complejo Dr. Sótero del Río.



## 7. RESULTADOS

Los valores medidos se presentan en las Tablas N°1 y N°2, que se muestra a continuación:

**Tabla N°1: Levantamiento Radiométrico con Equipo General Electric, modelo VMX PLUS**

N°	Lugar	Tasa de Exposición [mR/hr]a
1	Puesto de Operación, a nivel del cuerpo del biombo	0,18
2	Puesto de Operación, a nivel de ventana de observación	0,32
3	Lugar donde se ubica el Cuerpo del Equipo (hacia pasillo de tránsito)	15
4	Biombo costado izquierdo, a nivel de paciente cama contigua	0,7
5	Detrás de muro pasillo interior	21
6	Detrás de muro pasillo de residencia	0,9
7	Referencia Ambiental	38

a:[mR/hr]: miliRoentgen/hora, Tasa de Exposición.

**Tabla N°2: Levantamiento Radiométrico con Equipo Rayos X digital móvil, marca Siemens, modelo Mobilett XP Hybrid**

N°	Lugar	Tasa de Exposición [mR/hr]a
1	Puesto de Operación, cuerpo del biombo	0,26
2	Puesto de Operación, Ventana del Biombo	0,33
3	Lugar donde se ubica el Cuerpo del Equipo (hacia pasillo de tránsito)	13
4	Biombo costado izquierdo, a nivel de paciente cama contigua	0,5
5	Detrás de muro pasillo interior	27
6	Detrás de muro pasillo de residencia	2,2
7	Referencia Ambiental	35

a:[mR/hr]: miliRoentgen/hora, Tasa de Exposición



## 8. EVALUACIÓN

### CRITERIO DE EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES.

En nuestro país, la exposición a radiaciones ionizantes está reglamentada en los Decretos Supremo N°133/84 del MINSAL, denominado “Reglamento sobre autorizaciones para instalaciones radiactivas o equipos generadores de radiaciones ionizantes, personal que se desempeña en ellas, u opere tales equipos y otras actividades a fines”, y el Decreto Supremo N°03/85 del MINSAL que “Aprueba reglamento de protección radiológica de instalaciones radiactivas”.

En términos generales, el Decreto de autorizaciones establece tres categorías de instalaciones atendiendo a la naturaleza del riesgo. De acuerdo a esto, las instalaciones de Primera Categoría, corresponden a: Aceleradores de partículas, plantas de irradiación, laboratorios de alta radiotoxicidad, radioterapia y roentgenterapia profunda, y radiografía y gammagrafía industrial; cuya autoridad competente es la Comisión Chilena de Energía Nuclear.

En Segunda Categoría, se contemplan los laboratorios de baja radiotoxicidad, Rayos X de uso médico, Rayos X dentales, Radioterapia y Roentgenterapia superficial. Finalmente en la Tercera Categoría se clasifican los equipos con fuentes selladas de uso industrial, tales como pesómetros, densímetros, medidores de nivel y de flujo, medidores de espesor, fuentes patrones, entre otras. Para el caso de estas dos últimas categorías la autoridad competente es el Ministerio de Salud, a través de la Autoridad Sanitaria Regional (SEREMI de Salud).

De acuerdo a lo indicado en el Decreto Supremo N°03/85 del MINSAL, se establecen los siguientes límites de dosis para trabajadores ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes:

**Tabla N°3: Límites de Dosis establecidas en D.S. N°03/85**

ORGANO EXPUESTO	LÍMITE DE DOSIS
Cuerpo Entero, Gónadas	5 Rem (50 mSv)
Médula Ósea, Cristalino	30 Rem (300 mSv)
Cualquier otro órgano en forma individual	50 Rem (0,5 mSv)

Desde el punto de vista de la Radioprotección, en la actualidad, no existe en

nuestro país, normativa respecto a los requisitos que deben poseer las instalaciones radiactivas, como tampoco hay en relación a los procedimientos de trabajo en dichas instalaciones, por lo cual, para este caso, se adoptará el siguiente criterio:

El límite de dosis equivalente para el personal ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes, corresponde a 5 Rem/Año (50 mSv), considerando 2.000 horas de trabajo al año, se obtiene una tasa de dosis de 2,5 [mRem/hr] como límite referencial a cuerpo entero, para evaluar puestos de trabajo donde se desempeñan personal ocupacionalmente expuestos a radiaciones. También se adoptará como criterio la consideración: Rem/Roentgen=1, por lo tanto, en términos de tasa de exposición el límite de referencia contemplado será de 2,5 [mR/hr], lo que equivaldría a 2,5 [mRem/hr] (límite de dosis equivalente).

Siguiendo el mismo criterio, el límite referencial del ojo resultará de 15 [mR/hr] o 15 [mRem/hr].

De acuerdo al marco legal antes indicado, los límites de exposición se establecen para efectos de **exposiciones ocupacionales** a radiaciones ionizantes, es decir, para aquellas personas cuyo desempeño laboral involucra necesariamente el uso de sustancias radiactivas o equipos generadores de radiaciones ionizantes. Dicha normativa no contempla límites para personal que no tiene condición de ocupacionalmente expuesto o público en general, sin embargo, existen recomendaciones internacionales que sugieren que, para estos casos, se deberá aceptar como límite de dosis equivalente a 1/10 de las establecidas para trabajadores ocupacionalmente expuestos, por lo tanto, en términos de tasa de exposición el límite de referencia no-ocupacional contemplado será de 0,25 mR/hr, que equivale a 0,25 mRem/hr. (Límite de dosis equivalente).

## 9. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

### 9.1 Equipo de Rayos X Móvil, General Electric, modelo VMX PLUS

**9.1.1** Los dos puntos medidos en el biombo donde se posesionó el Operador de Equipo, cuerpo y ventana, indican que los materiales de dicho biombo resultaron eficaces para atenuar la radiación secundaria a niveles inferiores al límite de referencia ocupacional de 2,5 [mR/hr], ya que los valores medidos fueron 0,2 [mR/hr] para el cuerpo del biombo y 0,32 [mR/hr] en la ventana del biombo, como se observa en los puntos N°1 y N°2 de Tabla N°1.

- 9.1.2** Los materiales de los muros que separan la Sala con el pasillo de tránsito interno y pasillo de Residencia Médica, Puntos N°5 y N°6 de Tabla N°1, presentan una atenuación insuficiente a la radiación dispersa generada durante el uso del equipo de rayos X, al registrarse tasas de exposición de 21[mR/hr] y 0,9 [mR/hr], niveles que exceden los límites de referencia ocupacional y no ocupacional de 2,5 [mR/hr] y 0,25 [mR/hr], respectivamente.
- 9.1.3** En el punto medido detrás del biombo en el lugar donde se ubica el paciente de la cama contigua, Punto N°4 de Tabla N°1, la tasa de exposición resultó mayor al límite de referencia no ocupacional de 0,25 [mR/hr], midiéndose en ese punto 0,7 [mR/hr], lo que, si bien es cierto, indica que el material del biombo no es suficiente para atenuar la radiación dispersa en ese punto, pero puede ser influido, en este caso, por el factor distancia.
- 9.1.4** El punto en el que se posee el cuerpo del equipo durante la evaluación, Punto N° 3 de Tabla N°1, la tasa de exposición resultó superior a los límites de referencia ocupacional y no ocupacional, de 2,5 [mR/hr] y 0,25 [mR/hr], respectivamente, midiéndose 15 [mR/hr], lo que se debe a que en ese punto no se contaba con un biombo plomado que atenuara la radiación dispersa que se genera cuando el equipo está en uso.
- 9.1.5** La radiación secundaria que se genera en el ambiente en el que se encuentra el equipo durante su uso, excede el límite de referencia ocupacional de 2,5 [mR/hr], alcanzando un valor de 38 [mR/hr], Punto N°7 en Tabla N°1.
- 9.2 Equipo Rayos X digital móvil, marca Siemens, modelo Mobilett XP Hybrid**
- 9.2.1** Los dos puntos medidos a nivel del biombo donde se posesionó el Operador de Equipo, cuerpo y ventana, los puntos N°1 y N°2 de Tabla N°2, indican que los materiales de dicho biombo resultaron eficaces para atenuar la radiación secundaria a niveles inferiores al límite de referencia ocupacional de 2,5 [mR/hr], registrándose tasas de exposición de 0,3 [mR/hr] para el cuerpo del biombo y 0,3 [mR/hr] en la ventana del biombo.
- 9.2.2** Los materiales de los muros que separan la Sala con el pasillo de

tránsito interno y pasillo de Residencia Médica, Puntos N°5 y N°6 de Tabla N°2, presentan una atenuación insuficiente a la radiación dispersa generada durante el uso del equipo de rayos X, al registrarse tasas de exposición de 27 [mR/hr] y 2,2 [mR/hr], respectivamente, niveles que exceden los límites de referencia ocupacional y no ocupacional de 2,5 [mR/hr] y 0,25 [mR/hr].

**9.2.3** En el punto medido detrás del biombo en el lugar donde se ubica el paciente de la cama contigua, Punto N°4 de Tabla N°2, la tasa de exposición resultó superior al límite de referencia no ocupacional de 0,25 [mR/hr], registrándose en ese punto 0,5 [mR/hr]. En este caso, podría considerarse que el material del biombo no es suficiente para atenuar la radiación secundaria en ese punto, siendo el factor distancia el que influya en dicho nivel de radiación.

**9.2.4** El punto en el que se posee el cuerpo del equipo durante la evaluación, Punto N° 3 de Tabla N°2, la tasa de exposición registrada fue superior a los límites de referencia ocupacional y no ocupacional, de 2,5 [mR/hr] y 0,25 [mR/hr], respectivamente, midiéndose 13 [mR/hr], lo que se debe a que en ese punto no se contaba con un biombo plomado que atenuara la radiación dispersa que se genera cuando el equipo está en uso.

**9.2.5** La radiación secundaria que se genera en el ambiente en el que se ubica el equipo durante el uso, excede el límite de referencia ocupacional de 2,5 [mR/hr], alcanzando un valor de 35 [mR/hr], Punto N°7 en Tabla N°1.

## 10. CONCLUSIONES.

**10.1** En relación al criterio de evaluación empleado en el presente estudio, y dadas las características asistenciales de la UPC del Adulto, las condiciones actuales de operación de ambos equipos generadores de Rayos X móviles, cumple con los requisitos de protección radiológica para el **personal ocupacionalmente expuesto**.

**10.2** En relación al criterio de evaluación empleado en el presente estudio y las condiciones actuales de uso de los dos equipos generadores de Rayos X móviles asociados a esta Unidad del Paciente Crítico Adulto, no se cumple satisfactoriamente con la protección radiológica del **personal no ocupacionalmente expuesto o público en general**, constatándose que la cantidad de biombos existentes resultan insuficientes para la atenuación de

la radiación secundaria que se genera durante la operación del equipo.

- 10.2** Los resultados obtenidos en las evaluaciones ambientales, demuestran que los niveles de radiación dispersa o secundaria que se producen en el ambiente en el área durante el uso de ambos equipos generadores de Rayos X, son altos, excediendo significativamente el límite de referencia ocupacional de 2,5 [mR/hr].

## **11. RECOMENDACIONES.**

Las recomendaciones que a continuación se plantean, se basan en el criterio de la protección radiológica operacional, cuyo fin es la optimización de la protección radiológica en la UPC del Adulto, que van más allá de lo establecido en la normativa nacional vigente, en particular, en la aplicación del límite de exposición no-ocupacional indicado en el punto N°9 del presente informe, con la intención de incidir en la consideración de algunas medidas de control y administrativas, así como nuevos blindajes.

- 11.1** Dotar de un número de biombos que permita la aislación completa del paciente durante el examen con el equipo de Rayos X, considerando la cabecera de la cama y el cuerpo del equipo generador. Así mismo, se recomienda que la posición de mayor protección de dicha barrera para cada cama, se encuentre demarcada en el piso de la sala, con la finalidad de que cada vez que se realice un procedimiento radiológico, los biombos se ubiquen en dicha posición.
- 11.2** Como procedimiento se recomienda controlar eficazmente la no permanencia de pacientes u otra persona no-ocupacionalmente expuesta, en la sala durante la utilización del equipo generador de Rayos X.
- 11.3** Debe limitarse la permanencia, dentro del área donde que se realizará el procedimiento radiológico, de toda persona tanto ocupacionalmente expuesta como no-ocupacionalmente expuesta, ya que se demostró que la radiación secundaria alcanza niveles elevados; en el caso que deban permanecer personas en el interior, además del paciente, dicha exposición tendrá que ser **debidamente justificada**, para lo cual deben utilizar siempre las barreras que proveen los elementos de protección personal, tales como delantal plomado, protector tiroideo, lentes y guantes plomados.
- 11.4** Considerar una distancia razonable entre cada cama, de manera que se asegure que la radiación secundaria no alcance a pacientes que se encuentran en camas contiguas.

- 11.5** Establecer un protocolo por escrito que establezca el procedimiento completo de toma de un examen radiológico en una sala, considerando la **no permanencia** de personas en el área, la ubicación de biombos, aviso del procedimiento radiológico en el área, entre otros.
- 11.6** Respecto de los equipos evaluados, se recomienda:
- 11.6.1** La mantención oportuna de los equipos generadores de radiaciones ionizantes y sus accesorios, y del buen estado de los elementos de protección personal.
  - 11.6.2** Realizar los controles de calidad y mantención de los equipos, estableciendo un programa que de cuenta del buen funcionamiento de todos los equipos emisores de radiaciones ionizantes.
  - 11.6.3** Establecer un programa de gestión de los elementos de protección personal, que incluya la mantención, indicaciones y lugares específicos para su almacenamiento mientras no están en uso; la eliminación de todos aquellos elementos cuya estructura esté rota y exista exposición del plomo, y también en todos aquellos casos en que ya hayan perdido la continuidad de las láminas de plomo que los constituyen; que incluya además, capacitación para el personal respecto al uso correcto de dichos elementos.
- 11.7** Una vez que se cuenten con todas las condiciones para el funcionamiento del equipo y sea tomada la decisión respecto al equipo generador de Rayos X que se utilizará definitivamente en la UCP Adulto del Complejo Asistencial Dr. Sótero del Río, realizar las gestiones pertinentes ante la Autoridad Sanitaria Regional, para la autorización de dicho equipo; como también, informar el destino del equipo que no será utilizado.

La Asociación Chilena de Seguridad, a través de su Área de Especialidades Técnicas, queda a disposición de sus asociados para continuar entregando el apoyo técnico y capacitación en Prevención de Riesgos, lo que pueden coordinar a través del Experto asignado.



**SANDRA POBLETE SÁNCHEZ  
ESPECIALISTA EN HIGIENE OCUPACIONAL  
ÁREA ESPECIALIDADES TÉCNICAS**

Santiago, febrero 07 de 2014  
SPS/sps

c.c: Correo electrónico a: - Verónica Uribe, Experto Asesor ACHS – vuribe@achs.cl  
- Enfermera Equipo Salud, Seguridad y Medio Ambiente CAIF, SSMSO – ccorrea@ssmsso.cl  
- Departamento de Higiene ACHS