

Programa Regional del OIEA para América Latina

2007 - 2013

TSA 3: “*Protección Radiológica en las Exposiciones Médicas*” RLA 9057 / RLA 9067



Tabla de Contenido

	Introducción General.....	2
1.	Impactos Regionales.....	4
2.	Impactos Nacionales del Programa Regional.....	5
3.	Tareas realizadas en Radiodiagnóstico.....	9
3.1	Radiología General Adulto.....	9
3.2	Radiología General Pediátrica.....	24
3.3	Mamografía Analógica y Digital.....	32
3.4	Tomografía Computada.....	48
3.5	Intervencionismo.....	56
3.6	Estudio RELID.....	61
3.7	Medicina Nuclear.....	64
3.8	Radioterapia.....	64
4.	Justificación.....	64
5.	Listado de Cursos, Talleres, Publicaciones y Tesis.....	65
6.	Agradecimientos y Reconocimientos.....	70

Introducción General

Durante más de un siglo la radiación X viene siendo un instrumento muy valioso para visualizar el interior del cuerpo humano. Esta capacidad de obtener imágenes se utiliza ampliamente para detectar y diagnosticar enfermedades y lesiones, gestionar los cuidados del paciente y conducir numerosas formas de tratamiento.

Dado que en todos los estudios con rayos X se imparte energía capaz de ionizar los átomos de los tejidos, se deben tomar medidas específicas para reducir al mínimo los riesgos que ello implica para los pacientes, evitando cualquier exposición innecesaria a la radiación que no sea imprescindible para obtener las imágenes adecuadas para realizar el diagnóstico.

En cuanto a la Radioterapia el objetivo es dar una dosis de radiación suficiente para eliminar células cancerosas reduciendo al mínimo la dosis al tejido normal. Se imparte intencionadamente una cantidad adecuada de radiación con el fin de destruir el tejido tumoral y se debe planificar cuidadosamente el tratamiento para garantizar que se da la dosis correcta de radiación en el volumen blanco, optimizando adecuadamente para proteger el tejido sano y prevenir la ocurrencia de accidentes.

Los procedimientos radiológicos médicos son la principal fuente de exposición a la radiación ionizante, y la mayor contribución a la exposición colectiva. La exposición de las personas por razones médicas es alrededor de 150 veces mayor que la totalidad de la exposición ocupacional sumadas todas las fuentes utilizadas en medicina e industria.

Estudios sobre la exposición a los pacientes han demostrado que las dosis administradas pueden variar hasta en un factor 50 e incluso superior. La falta de estrategias adecuadas de optimización de la protección radiológica (*dosis tan bajas como sea posible alcanzar*) resulta en exposiciones innecesarias, especialmente relevante cuando se trata de niños, quienes no deberían ser examinados con los mismos parámetros de exposición que los adultos.

Los procedimientos de intervencionismo están en aumento y a menudo son llevados a cabo por personal sin formación específica en radioprotección pudiendo dar lugar a radiolesiones muy importantes.

Programa Regional del OIEA para América Latina

Por otra parte, en América Latina, las exposiciones accidentales en radioterapia han dado lugar a lesiones graves, por lo que deben realizarse todos los esfuerzos posibles para optimizar la protección radiológica en medicina para asegurarse de que pacientes y familiares estén debidamente protegidos de acuerdo con las Normas Internacionales de Seguridad Radiológica.

Considerando la realidad expuesta anteriormente, el Organismo Internacional de Energía Atómica – OIEA, a través de un proyecto regional de cooperación técnica, ha llevado a cabo entre los años 2007 y 2013, un programa regional dirigido a los países de América Latina, el cual ha priorizado, la puesta en práctica de estrategias y programas de optimización de la protección radiológica en medicina, en línea con las recomendaciones del Plan de Acción Internacional sobre Protección Radiológica de los Pacientes.

Se han tenido en cuenta todas las especialidades médicas relacionadas con la exposición a las radiaciones ionizantes, a saber: radiología convencional de adultos y pediátrica, mamografía analógica y digital, tomografía computada, intervencionismo, medicina nuclear y radioterapia.

En las especialidades diagnósticas se han realizado mediciones de dosis a la mayor escala posible para determinar niveles orientativos regionales, como lo recomiendan las propias Normas Básicas de Seguridad.

Se llevaron a cabo talleres y cursos regionales, se concedieron becas y visitas científicas a personal médico y no médico de los centros participantes, dentro y fuera de la región y se asistió técnicamente a los países de la región a su solicitud con misiones de expertos acordes con cada una de las especialidades.

Además fue traducido al español los contenidos del sitio web del OIEA dedicado específicamente a la protección radiológica de los pacientes: www.rpop.iaea.org.

A continuación consideraremos resultados del programa, así como los impactos regionales y nacionales con un resumen de las actividades desarrolladas en cada especialidad incluyendo recomendaciones y buenas prácticas a ser tenidas en cuenta en el momento de optimizar la protección médica.

1. Impactos Regionales

- ❖ Establecimiento de niveles orientativos sugeridos en radiodiagnóstico (convencional, adulto-pediatría y mamografía) para la región latinoamericana. Al respecto, fue publicado el OIEA-TECDOC 1646.
- ❖ Establecimiento de estrategias de optimización y protección radiológica en radiología general adulta y pediátrica, mamografía analógica y digital, tomografía computadas así como en procedimientos intervencionistas con el objetivo de prevenir la ocurrencia de radiolesiones a los pacientes y la protección de los trabajadores involucrados.
- ❖ Diseño del software para la implementación en América Latina del TEC DOC 1517 sobre Control de Calidad en Mamografía.
- ❖ Estudio piloto sobre control y reducción de dosis en Cardiología intervencionista pediátrica. El estudio fue publicado en la Health Physics Journal, septiembre 2011.
- ❖ Se realizó el estudio RELID (evaluación retrospectiva de lesiones en el cristalino) cuyos resultados incentivan las estrategias de protección radiológica para reducir el eventual daño en el cristalino en cardiólogos intervencionistas, no cardiólogos y personal no médico involucrado en los procedimientos intervencionistas.
- ❖ Diseño y distribución de la Guía práctica para implementación en América Latina del OIEA-SRS 63 sobre alta de pacientes que hayan recibido terapia con radiofármacos en medicina nuclear.
- ❖ Puesta en marcha en varios países de la metodología proactiva referida a aplicación de Matriz de Riesgo en radioterapia para prevenir accidentes.
- ❖ Se ha proporcionado capacitación sobre protección radiológica en las exposiciones médicas por medio de talleres y cursos regionales así como el otorgamiento de becas, visitas científicas y misiones de experto cubriendo todas las especialidades abarcadas por el proyecto.
- ❖ Paquetes de entrenamiento y la propia página web del OIEA sobre la protección radiológica del paciente se han traducido y están disponibles en español la cual puede ser consultada en el siguiente link: <https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content-es/index.htm>

2. Impactos Nacionales del Programa Regional

Presentamos de acuerdo a la información recibida y en forma resumida algunos impactos concretos del programa regional obtenidos a nivel nacional:

ARGENTINA

Se ha consolidado la participación y concientización sobre protección radiológica del paciente a nivel de autoridades nacionales y entidades referentes en el área médica a nivel nacional.

Para destacar: realización de un censo a nivel nacional de equipamiento de diagnóstico por imágenes con el apoyo del ministerio de Salud Pública; creación de una cátedra libre en Protección Radiológica del Paciente en la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires; creación de un laboratorio de Referencia para el Control de Calidad de equipamiento de diagnóstico por imágenes, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Belgrano; acuerdo con la Sociedad Argentina de Radiología para que recomiende en su página web a sus socios el control de calidad de equipos médicos en sus centros privados; acuerdo científico y de asesoría con el Hospital Pediátrico Juan Garrahan de la Ciudad de Buenos Aires sobre la protección radiológica de los pacientes así como el establecimiento de un plan de reducción de dosis en las diversas técnicas radiológica y cuidado del personal; asesoramiento al Instituto Nacional del Cáncer sobre control de calidad de mamógrafos con el objetivo de implementar un plan nacional de screening mamario y para implementar el programa nacional de medición de dosis en arcos en C a solicitud de los centros.

BRASIL

Se realizó la divulgación e implementación de los criterios de calidad de imagen de la Comunidad Europea en diversos hospitales del país, en especial en Rio de Janeiro, Recife, Curitiba e São Paulo. Este hecho permitió involucrar a los médicos radiólogos en los trabajos del proyecto y contribuir para la mejora de la calidad de imagen.

Impacto importante fue junto con el Colegio Brasileño de Radiología con la formación de una comisión de Protección Radiológica que ayudará a los radiólogos para la optimización de los procedimientos y la reducción de las dosis de pacientes y de trabajadores. En el 12^o Congreso Brasileiro de Radiología, realizado en Brasilia en el periodo de 6 a 8 de septiembre de 2012, fue organizado por primera vez un curso de Calidad de imagen y protección radiológica para los médicos.

Programa Regional del OIEA para América Latina

En el área de radiología intervencionista se modificaron los procedimientos en cardiología de pacientes adultos y pediátricos en los hospitales donde se hizo el trabajo, como en el hospital IMIP-Instituto Materno Infantil de Pernambuco, con reducción de dosis en los pacientes.

En el Hospital São Paulo - hospital universitario da Universidad Federal de Sao Paulo (UNIFESP), fue criada una comisión de protección radiológica formada por médicos, físicos y tecnólogos responsables por divulgar las técnicas de reducción de las dosis ocupacionales e impartidas en los pacientes en los procedimientos intervencionistas.

Traducción para el portugués de los posters de Protección Radiológica del paciente y equipo médico en procedimientos intervencionistas elaborados por el OIEA. Los posters fueron publicados en el Boletín del Colegio Brasileño de Radiología, que es una publicación mensual y es enviada a todos los radiólogos del país.

A solicitud de la Sociedad Brasileña de Radiología Intervencionista y Cirugía Endovascular se realizó una presentación durante el congreso SOBRICE 2012 con el tema: Radiología Intervencionista: buenas prácticas de protección radiológica para médico y paciente- 5 de julio de 2012- Salvador

En cuanto a la formación de recursos humanos, las actividades del proyecto contribuyeron y contribuirán para la formación de diversos profesionales. En Recife / Pernambuco se concluirán una disertación de maestría en control de calidad en mamografía, y una en control de calidad en tomografía computada, una tesis de doctorado en Dosimetría y protección radiológica en procedimientos intervencionistas cardíacos y una en procedimientos intervencionistas de neuroradiología. En São Paulo y Rio de Janeiro, en el grupo participante del proyecto también fueron realizadas disertaciones de maestría y de doctorado con base a los trabajos del proyecto. En la tabla II son presentados los datos de las tesis y disertaciones desarrolladas.

Durante la colecta de datos en los hospitales fue posible también mejorar los conocimientos de los técnicos e intercambiar informaciones importantes para la mejoría de los procedimientos de los exámenes

GUATEMALA:

Se ha implementado con éxito la metodología sobre la Matriz de Riesgo en Radioterapia en un Centro Hospitalario de referencia a partir de la capacitación y entrenamiento recibidos en el marco de las prioridades estratégicas del proyecto regional. Se ha desarrollado un programa de capacitación para médicos y tecnólogos en protección radiológica en cardiología intervencionista y radiología pediátrica a brindarse en los principales servicios hospitalarios.

Programa Regional del OIEA para América Latina

NICARAGUA

Se ha implementado la Matriz de riesgo del Centro Nacional de Radioterapia de Managua y se ha implementado la guía para alta de pacientes en el servicio de medicina nuclear. Se ha puesto en práctica un programa de fortalecimiento en protección radiológica para odontólogos, médicos y técnicos, en el área de odontología y tomografía computada.

CUBA

Se implementó un servicio nacional de control de calidad y dosimetría clínica en radiología diagnóstica e intervencionista, la cual también abarca los sistemas de registro, procesamiento y visualización de imágenes. Se desarrollaron cuatro tesis de maestría dos de ellas concluidas y una doctoral en temas afines al proyecto regional. También actividades docentes en el contexto de cursos nacionales de pregrado y postgrado, en los que se han incluido temáticas de protección radiológica al paciente.

Amplia divulgación nacional mediante un curso televisivo transmitido para toda la población nacional sobre la protección radiológica del paciente y un taller para periodistas. En el ámbito nacional se han impartido cursos donde fueron incluidos temas de protección radiológica al paciente en general y sobre prevención de radiolesiones en particular.

COSTA RICA

Costa Rica participó en todos los cursos dictados a lo largo de la ejecución del proyecto en las diferentes áreas de la protección radiológica dirigidos a médicos radioterapeutas, radiólogos e intervencionistas, físicos médicos y tecnólogos, generando una masa crítica de profesionales nacionales capacitados en la concientización y la optimización de la práctica médica con radiaciones ionizantes. Se lideró activamente la generación del software que implementa el documento IAEA-TECDOC 1517: Control de Calidad en Mamografía y posteriormente se logró el entrenamiento en el uso del Software a todos los servicios de mamografía de la Caja Costarricense de Seguridad Social.

Se participó en la generación del marco regulador en materia de requisitos legales para establecimientos de mamografía, tanto digital como analógica.

Se generó el primer banco de datos sobre niveles de referencia en Costa Rica para las prácticas médicas de radiología pediátrica (tórax) y radiología de adulto (tórax, columnas lumbares y mamografías). Se trabajó conjunto con la Sociedad Costarricense de Radiología en la difusión de temas de protección radiológica del paciente. Se logró la optimización de los protocolos de adultos en los estudios de Tomografía con reducción de dosis comprobada del 20%, en un Hospital de referencia de Costa Rica. Se participó activamente en las publicaciones generadas en el proyecto y divulgación de resultados en foros

Programa Regional del OIEA para América Latina

internacionales. Fuimos sede de varios cursos regionales realizados durante el proyecto. Se logró la implementación en dos servicios nacionales de las Guías para el Alta de Pacientes en medicina nuclear. Colaboramos enviando expertos a otros países para la implementación de las actividades del proyecto. Se implementó en dos servicios de la CCSS la Matriz de Riego. Se logró mejorar el conocimiento de las tecnologías digitales y de tomografía multicorte y la protección radiológica de los pacientes en ellas. Se distribuyeron a los principales actores nacionales las Guías de Prescriptores. Se generaron temas de tesis para Maestría Académica de la Universidad de Costa Rica que permitieron ahondar en los temas desarrollados a lo largo del proyecto.

URUGUAY

Para destacar la realización del Seminario Internacional sobre “Protección Radiológica del Paciente”, el cual fue organizado por la Academia Nacional de Medicina de Uruguay donde fueron presentados resultados y estrategias del programa regional del OIEA.

En el año 2012, se realizó un estudio en el campo del intervencionismo gastroenterológico obteniéndose resultados de dosis en pacientes y personal. Dicho trabajo denominado “Evaluación de la radiación recibida por personal y pacientes en procedimientos de endoscopia digestiva que utilizan fluoroscopia” obtuvo el premio “Prof. Dr. Horacio Gutiérrez Blanco” al mejor trabajo científico.

Se están implementando los niveles orientativos obtenidos como resultado de las mediciones realizadas en el marco del Proyecto en radiología general en cuatro instituciones de salud, públicas y privadas, a nivel nacional.

VENEZUELA

Fue elaborado el protocolo sobre control de dosis al paciente en radiología convencional y tomografía el cual se aplica en hospitales de referencia. Se dictaron clases teóricas y prácticas de formación en seguridad radiológica en medicina, a la Unidad Reguladora del Ministerio del Poder Popular para la Salud, considerando los parámetros que el regulador debe tener en cuenta en su función de control.

En la Unidad Reguladora se llevaron a cabo cursos prácticos para la medición de parámetros técnicos de equipos de: Radiología Convencional, Intervencionismo, Odontológicos, Mamógrafos y Tomógrafos orientado a fiscalización e inspección por parte del Organismo Regulador e incluyendo evaluación de la Calidad de Imagen en cada uno de los equipos.

PARAGUAY

Se han realizado jornadas de protección radiológica en medicina a los trabajadores expuestos involucrados en las prácticas médicas y se han modificado

Programa Regional del OIEA para América Latina

los programas de optimización en intervencionismo usando menor número de cuadros por serie y resultando en menor dosis al paciente.

Un gran impacto de las jornadas de concientización se ha logrado en los servicios de Emergencias Médicas. Como consecuencia de ello, se están diferenciando los protocolos de niños de los de adultos. En Radioterapia se ha implementado en el INCA la Matriz de Riesgo en el Servicio con el Acelerador Lineal y en Medicina Nuclear se han implementado en todos los servicios el programa de control de calidad.

3. Tareas realizadas en Radiodiagnóstico

Metodología utilizada en cada especialidad, resultados relevantes y recomendaciones de buenas prácticas:

3.1 Radiología General Adulto

Se eligió la metodología que utiliza la medición del rendimiento del tubo de rayos X a una distancia de referencia y los parámetros técnicos aplicados en el examen radiológico, (voltaje del tubo, producto tiempo de exposición-corriente del tubo, tamaño del campo, etc.) para calcular el kerma incidente en el punto correspondiente a la superficie de la piel del paciente. A partir del kerma incidente se calculó el kerma en aire en superficie de entrada del paciente utilizando el factor de retrodispersión.

El sistema de dosimetría utilizado constó de un electrómetro PTW Unidos E con cámara de ionización con cámara de ionización plano paralela tipo SFD, calibrado para los haces de rayos X en el rango de las energías del diagnóstico radiológico en términos de kerma en aire.

Se realizó un control de calidad básico de los equipos de rayos X. Los controles realizados fueron:

- Exactitud y repetibilidad de la indicación de la tensión del tubo para diferentes corrientes del tubo seleccionadas.
- Rendimiento para 80 kv para radiología general.
- Repetibilidad y la linealidad de la exposición.
- Exactitud y repetibilidad del indicador de tiempo de exposición.
- Capa hemirreductora para evaluar el requisito de filtración mínima.

Programa Regional del OIEA para América Latina

Los equipos utilizados para realizar dichos controles fueron kilovoltímetro y medidor tiempo de exposición PTW DIAVOLT UNIVERSAL y para la medida del espesor hemirreductor se utilizó un conjunto de filtros de aluminio calibrados de 99,5% de pureza.

Se identificaron las fuentes de incidencia en varias de las salas donde los niveles orientativos eran superados, sugiriéndose posibles medidas a ser aplicadas para su optimización. Estas medidas luego de aplicadas era necesario en una siguiente etapa verificar los cambios logrados en los resultados de las dosis.

En este sentido por ejemplo se realizó una segunda medición de dosis en un hospital del Uruguay donde se cambiaron la combinación de película pantalla por una de alta sensibilidad, encontrándose que la dosis media había disminuido un 75% de la original. Otros cambios se analizaron a más largo plazo en otras etapas del Proyecto.

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Comisión Internacional de Protección Radiológica realizan hace tiempo esfuerzos importantes para tender a que en las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes se tenga como fundamental la optimización de la protección radiológica de los pacientes, a tal punto que el OIEA lo incluye directamente como un requerimiento para dichas prácticas (en sus Normas Básicas Internacionales de Seguridad Radiológica).

Normalmente se trabaja con niveles orientativos de dosis, los que pueden entonces ser utilizados para que las instituciones puedan comparar con las dosis recibidas por sus pacientes, a fin de revisar sus protocolos de trabajo y optimizar sus prácticas tendiendo a la efectiva protección de los pacientes involucrados.

Por esta razón, entre los objetivos de los Proyectos Regionales RLA/9/57 y el Proyecto Regional RLA/9/67 figuraba establecer las dosis de referencia en radiología convencional en América Latina, con el propósito de determinar si estas dosis cumplen con los requerimientos de las Normas Básicas Internacionales de Protección Radiológica (BBS) y propender a la mejora de las prácticas a fin de minimizar las dosis recibidas por los pacientes.

Esta tarea es una continuación de la realizada en el proyecto ARCAL LXXV “Ejercicio Piloto para la Determinación de Niveles Orientativos en Radiografía General y Mamografía en América Latina”, coordinado por OIEA y OPS.

Se decidió realizar un muestreo involucrando a todos los países y dividido en dos etapas:

En la primera etapa se recabó información básica sobre las características de los Centros de Radiología, el tipo de equipamiento, y las características de funcionamiento con respecto al personal y los controles técnicos. También se recabaron datos sobre parámetros de exposición para cada técnica seleccionada y sobre el cumplimiento de los criterios de calidad de imagen.

Programa Regional del OIEA para América Latina

En la primera de ellas participaron en total 34 Centros de Salud de los países siguientes:

País	Centros
Argentina	5
Brasil	7
Costa Rica	4
Cuba	2
El Salvador	1
Guatemala	3
Honduras	4
México	1
Nicaragua	1
República Dominicana	1
Uruguay	2
Venezuela	3

En la segunda etapa se realizaron mediciones de dosis para placas convencionales de tórax, columna lateral y anteroposterior. En total, se realizaron 628 determinaciones de dosis en placas de tórax, y 350 determinaciones en placas de columna.

En esta etapa participaron en total 27 Centros de Salud de los siguientes países:

País	Centros
Argentina	5
Brasil	5
Costa Rica	5
Cuba	2
El Salvador	1
Guatemala	3
México	1
Nicaragua	1
Perú	1
Venezuela	3

Metodología utilizada:

1. Primera Etapa

La recolección de datos para la primera etapa en lo que respecta a la información sobre cada Centro de Salud y los controles técnicos se efectuó a partir de planillas como las que se muestran en el Anexo 1, que fueron completadas por un responsable designado a tal fin en cada Centro.

Programa Regional del OIEA para América Latina

Con respecto al tipo de instalación: privado, público, pequeño, mediano, grande, número total de salas de rayos X, número de equipos en la institución.

Con respecto a los profesionales: se solicita información sobre el número de médicos radiólogos, residentes, técnicos (con y sin curso de radiología), se encuesta con respecto a los años de experiencia de los técnicos, se pregunta si trabajan físicos médicos, si se hacen controles de calidad y si existe un programa de mantenimiento de equipos.

Se realiza una evaluación de los equipos de radiología, de las condiciones ambientales de las salas, de los medios de protección radiológica para el operador y el paciente, y sobre los sistemas de procesamiento (analógico o digital).

Por último, para la primera etapa, se solicitaron datos acerca de los criterios de calidad de imagen para placas de tórax, y columna en sus proyecciones Anteroposterior y Lateral, siguiendo las recomendaciones de la EUROPEAN GUIDELINES ON QUALITY CRITERIA FOR DIAGNOSTIC RADIOGRAPHIC IMAGES. EUROPEAN COMMISSION. Directorate-General XII: Science, Research and Development, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1996.

Los Criterios de Calidad de la Imagen para los tres estudios se resumen en las tablas siguientes, y fueron completados en cada Centro de Salud para la serie de estudios realizados.

CRITERIO DE CALIDAD-Tórax
1-Imagen realizada en inspiración completa, evaluada a partir de la posición de las costillas por encima del diafragma (seis anteriormente o diez posteriormente) y sin respirar
2-Reproducción simétrica del tórax demostrada por la posición central del proceso espinoso entre los extremos mediales de las clavículas
3- Bordes mediales de las escápulas fuera de los campos pulmonares
4- Reproducción completa de la caja torácica por encima del diafragma
5- Visualización nítida del patrón vascular en de todo el pulmón, en particular los vasos periféricos.
6- Visualización nítida de:
a) tráquea y bronquios principales
b) bordes del corazón y aorta

Programa Regional del OIEA para América Latina

c) diafragma y ángulos costofrénicos
7 Visualización del pulmón retrocardíaco y mediastino
8- Visualización de la columna a través de la sombra del corazón

CRITERIO de CALIDAD-Columna AP

- 1- Visualización nítida de la superficie del platillo superior e inferior, como una línea única, en el área central del haz.
- 2- Visualización nítida de los pedículos.
- 3- Visualización de los espacios intervertebrales.
- 4- Visualización de los procesos espinosos y transversales
- 5- Visualización nítida de la corteza y las estructuras trabeculares.
- 6- Visualización de los tejidos de partes blandas adyacentes, en especial del músculo psoas.
- 7- Visualización de la articulación sacro ilíaca.

CRITERIO de CALIDAD- Columna Lateral

- 1- Visualización precisa de la superficie del platillo superior e inferior, como una línea única, con la visualización del espacio intervertebral.
- 2- Total superposición de los bordes posteriores de las vértebras.
- 3- Visualización de los pedículos y de los forámenes.
- 4- Visualización de los procesos espinosos.
- 5- Visualización precisa de la corteza y de las estructuras trabeculares.

Programa Regional del OIEA para América Latina

La información acerca de los parámetros de exposición se recabó solicitando a cada Centro la confección de planillas en las salas de Radiología, para cada práctica realizada. De esta forma, se reunieron datos sobre los procedimientos antes mencionados.

Edad	Sexo	Altura (cm)	Peso (kg)	Espesor (cm)	kVp	mAs	Distancia Foco Película (cm)	Distancia Foco Paciente (cm)
------	------	-------------	-----------	--------------	-----	-----	------------------------------	------------------------------

Foco F/G	Chasis (cm x cm)	Rejilla	Filtración Adicional (mmCu)	Uso de protectores plomados	Imagen rechazada (motivo)
----------	------------------	---------	-----------------------------	-----------------------------	---------------------------

2. Segunda Etapa

En la segunda etapa, y a partir de las mediciones del rendimiento de los tubos de Rayos X, se calcularon, para cada técnica, los valores de Kerma en aire a la entrada de piel, para una serie de pacientes con parámetros antropométricos (altura, peso y espesor) dentro de valores estándar.

A tal fin, se utilizaron planillas de cálculo que permiten obtener los valores del rendimiento del tubo de RX, a partir del cual se calculan posteriormente los valores de Kerma para cada procedimiento y paciente. Se obtuvieron en total valores de Kerma para 978 procedimientos.

El procedimiento seguido para las determinaciones de kerma fue similar al utilizado en el trabajo realizado por el Proyecto ARCAL LXXV, que fuera informado en la publicación “Ejercicio Piloto para la Determinación de Niveles Orientativos en Radiografía General y Mamografía en América Latina”, que se transcribe a continuación:

a. Selección de los pacientes y estudios radiológicos.

Se tomaron muestras de 10 pacientes como mínimo por sala de rayos X participante con el cumplimiento exigido para la calidad de las imágenes y se seleccionaron 2 tipos de exámenes radiológicos el de tórax en su proyección póster anterior y el de columna con sus proyecciones ántero posterior y lateral. La definición del paciente tipo a efectos del estudio fue para pacientes adultos, hombres y mujeres entre 1,65 y 1,75 de estatura y entre 65 y 75 kg de peso.

b. Dosimetría del paciente.

La determinación del kerma en aire en superficie de entrada del paciente fue realizada de la siguiente manera:

c. Medición del rendimiento del tubo de rayos X.

El rendimiento es medido para un conjunto de valores representativos de voltaje del tubo y corriente utilizados en condiciones clínicas, y la metodología utilizada es la siguiente:

1. Seleccionar los valores de voltaje y corriente y registrarlos en la planilla.
2. Posicionar el detector a una distancia apropiada del tubo (1 m) y centrarlo en el haz. Evitar la influencia de radiación dispersa en el detector alejándolo por lo menos 20 cm de la mesa. Medir y registrar la distancia.
3. Exponer la cámara tres veces y registrar las lecturas del dosímetro.
4. Registrar la presión y la temperatura.

d. Cálculo del rendimiento del tubo de rayos X.

El rendimiento del tubo de rayos X es calculado de la siguiente manera:

1. Calcular el valor medio de las tres lecturas del dosímetro, \overline{M} .
2. Calcular el kerma en aire, $k(d)$, en el punto de medida (a la distancia, d, desde el foco del tubo de rayos X) utilizando la ecuación (2.1.), y aplicando el factor de corrección de la presión y temperatura k_{TP} y el coeficiente de calibración del dosímetro N_{k,Q_0} ,

$$k(d) = \overline{M} * N_{k,Q_0} * k_{T,P}$$

El factor de corrección k_{TP} se calculó con la fórmula:

$$k_{T,P} = \left(\frac{273,2 + T}{273,2 + T_0} \right) \left(\frac{P_0}{P} \right)$$

3. Calcular el rendimiento del tubo de rayos X, $Y(d)$, utilizando la ecuación (2.3.):
 $Y(d) = k_a(d) / P_{it}$
Donde P_{it} el producto corriente del tubo-tiempo de exposición. La unidad es el $Gy(mAs)^{-1}$.

e. Estimación del kerma incidente en aire.

El kerma incidente en aire en la superficie de entrada K_i , es estimado indirectamente a partir del rendimiento del tubo de rayos X a la distancia seleccionada, los parámetros de exposición de los exámenes de los pacientes y aplicando la ley del inverso del cuadrado de la distancia. La metodología es la siguiente:

1. Para el tipo de examen seleccionado registrar el peso y la altura del paciente.
2. Posicionar el paciente y el tubo de rayos X y seleccionar los parámetros de exposición.
3. Medir la distancia foco paciente a nivel del centro del haz.
4. Registrar los datos del equipo y el paciente.
5. Realizar la exposición y registrar los parámetros de exposición.

El cálculo del K_i se realiza ajustando los valores del rendimiento (Y), determinados a kilovoltajes (U) escalonados de 10 en 10 kVp a la distancia de referencia (d), a una función potencial y obteniendo los parámetros a y b de la función $a(U)^b$ y aplicando la ley de la distancia. Para la distancia entre el foco y la superficie de los pacientes (d_{fp}) y tomando el valor del producto de la corriente del tubo por el tiempo de exposición utilizado (P_{It}) se aplicó la ecuación:

$$K_E = Y(d) * P_{It} * (d/d_{fp})^2$$

f. Estimación del kerma en superficie de entrada del paciente.

El kerma en superficie de entrada del paciente K_E puede ser calculado indirectamente a partir del K_i , utilizando los factores de retrodispersión (B) apropiados. El valor del BSF tomado para los estudios considerados de tórax y abdomen fue de 1,36.

El K_E se calculó mediante:

$$K_E = K_i * B$$

$$K_E = a(U)^b * P_{It} (d_{ref}/d_{fp})^2 * B$$

Las planillas de cálculo de dosis dan información sobre los siguientes datos:

Edad (años)	Sexo	Altura (cm)	Peso (kg)	Espesor (cm)	kVp	mAs	distancia foco-mesa (cm)	distancia foco-paciente (cm)	Chasis (cmxcm)	Rendimiento (μ Gy/mAs a 1 m)	Kerma en aire a la entrada (μ Gy)

Resultados obtenidos:

No todos los países que participaron en la primera etapa lo hicieron en la segunda.

Programa Regional del OIEA para América Latina

1. Primera Etapa

La Tabla siguiente resume los resultados acerca de los Centros de Salud encuestados, en cuanto a su tamaño, personal, y controles de calidad y mantenimiento de equipos.

País	#	Priv.	Públ.	Grande	Med.	Peq.	N ° Radiólogos	Técnicos con Curso	Físico Médico	Ctrl de Calidad	Manten
Argentina	5	3	2	3	3		35	183	0	3	5
Brasil	7	2	5	3	4		42	255	1	2	5
Costa Rica	4	1	3	3		1	21	83	0	0	3
El Salvador	2		2	1	1		6	33	0	2	2
Guatemala	3	1	2	3			15	78	0	1	2
Honduras	4	1	3	4			16	82	0	1	2
Nicaragua	2	2		1	1		7	13	0	2	2
Rep. Domin	1	1				1	1	1	0	1	1
Uruguay	2		2	1	1		6	14	0	0	1
Venezuela	4	1	3	3	1		31	102	0	0	1
TOTAL	34	12	22	22	11	2	180	844	1	12	24

De acuerdo a esta tabla, puede apreciarse que el 65% de los centros muestreados son públicos, y un porcentaje similar muestra que se trata de centros con alta carga de trabajo.

Solamente uno de ellos tiene un Físico Médico trabajando en radiología diagnóstica, y solo el 35% de los Centros realiza algún tipo de control de calidad. Se observa, como norma general, que los técnicos que trabajan en los centros encuestados han aprobado algún tipo de curso de radiología.

La Tabla siguiente muestra los valores promedio de los parámetros de exposición surgidos de la encuesta.

	kVp	mAs
TORAX	97	16
COLUMNA AP	86	27
COLUMNA AL	86	60

Con respecto al grado de cumplimiento de los criterios de calidad de imagen, para el caso de tórax, como puede observarse en la Figura 1, se verifica que, si bien el porcentaje de cumplimiento está sobre el 80% para todos los criterios, el 2, el 7 y el 8 están por debajo del 85%.

Programa Regional del OIEA para América Latina

Figura 1.

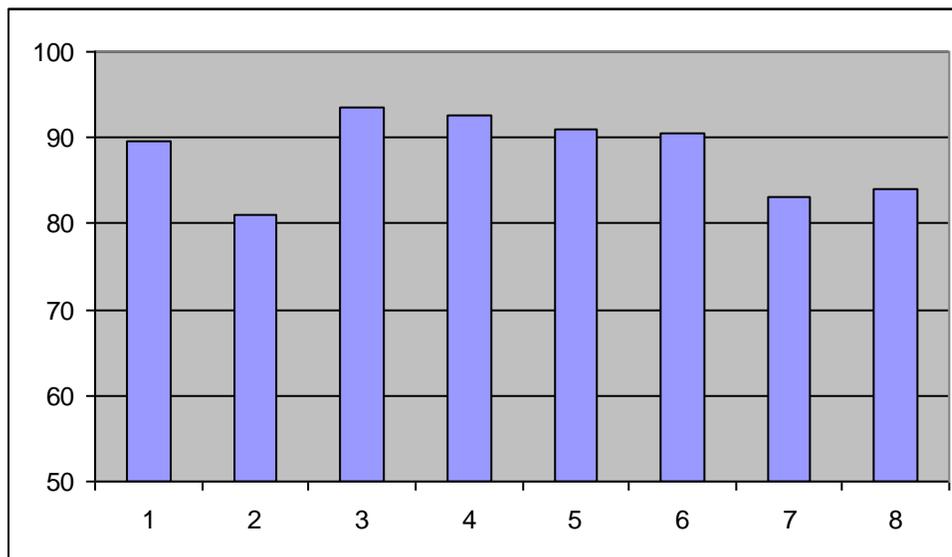


Figura 1: Porcentaje de cumplimiento de los criterios de calidad de imagen para RX de Tórax

En el caso de columna en su proyección anteroposterior, los criterios 1, 5 y 7 son los de menor cumplimiento (Figura 2), y para la proyección lateral, el criterio menos satisfecho es el 2 (Figura 3).

En general, se puede afirmar que, en radiología convencional, el posicionamiento es vital para el buen cumplimiento de los criterios de calidad de imagen.

Figura 2.

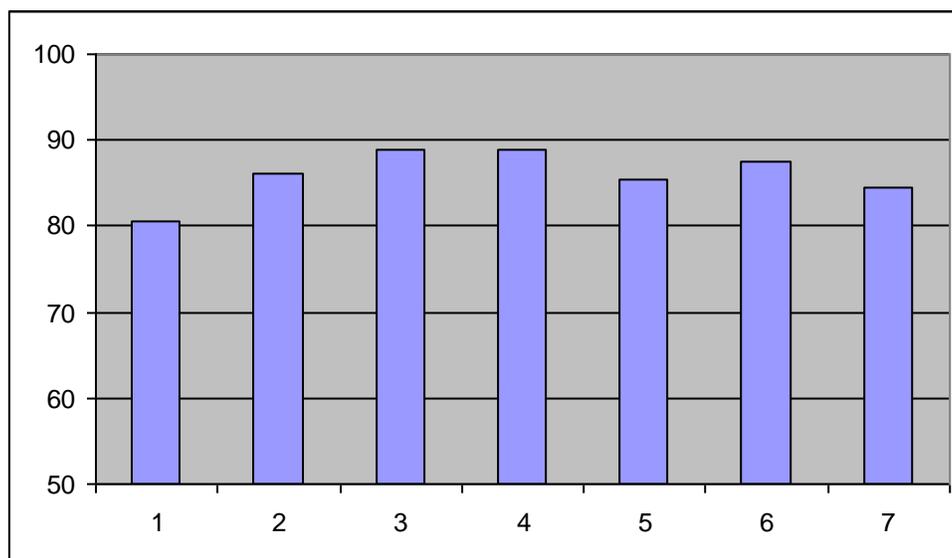


Figura 2: Porcentaje de cumplimiento de los criterios de calidad de imagen para RX de Columna en Proyección Anteroposterior

Figura 3.

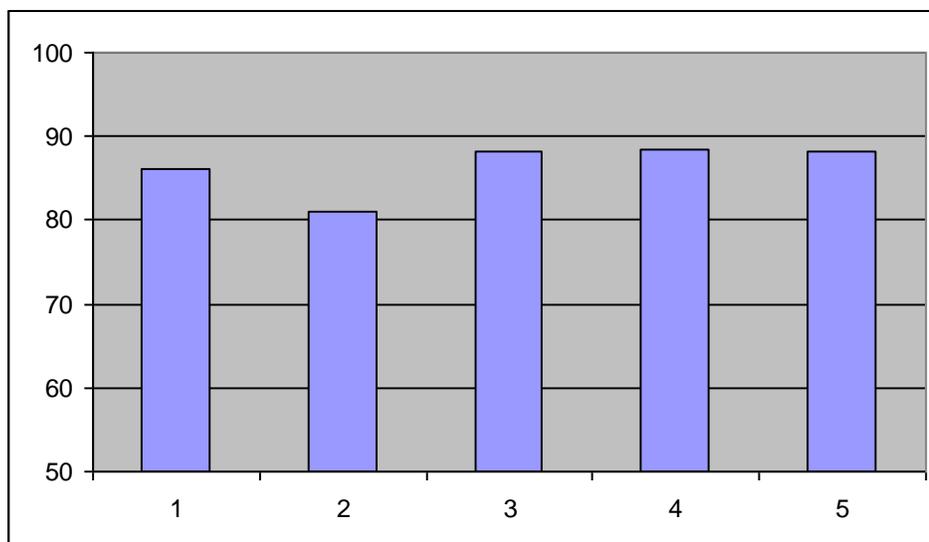


Figura 3: Porcentaje de cumplimiento de los criterios de calidad de imagen para RX de Columna en Proyección Lateral

2. Segunda Etapa

Los datos de Kerma en superficie en μGray para los estudios considerados en esta recolección de datos dentro del Proyecto Regional RLA/9/57-67 se obtuvieron a partir de la planilla de cálculo mencionada en el apartado Metodología, a partir de los rendimientos de los tubos de Rayos X.

La dosis de referencia correspondiente a los respectivos procedimientos se estimó como el cuartil 75 de la población de datos.

En la siguiente Tabla se presentan los valores calculados, expresados en todos los casos en mGy, y los niveles orientativos de las Normas Básicas.

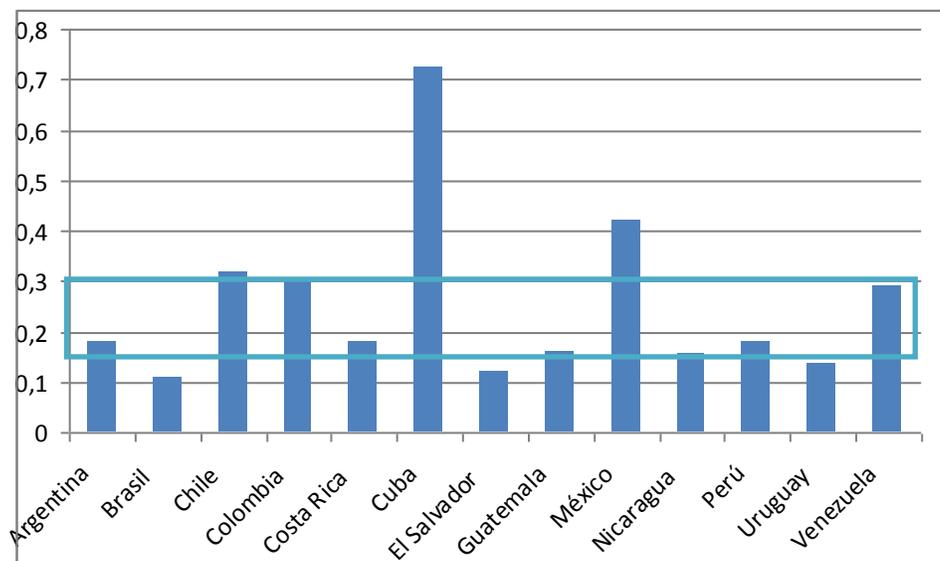
	Número de centros	Promedio	Nivel de referencia	Nivel Orientativo BSS
Tórax	50	0,19	0,28	0,15-0,30
Columna AP	28	4,12	4,76	5,0-10,0
Columna AL	25	9,47	10,49	15,0 -30,0

Programa Regional del OIEA para América Latina

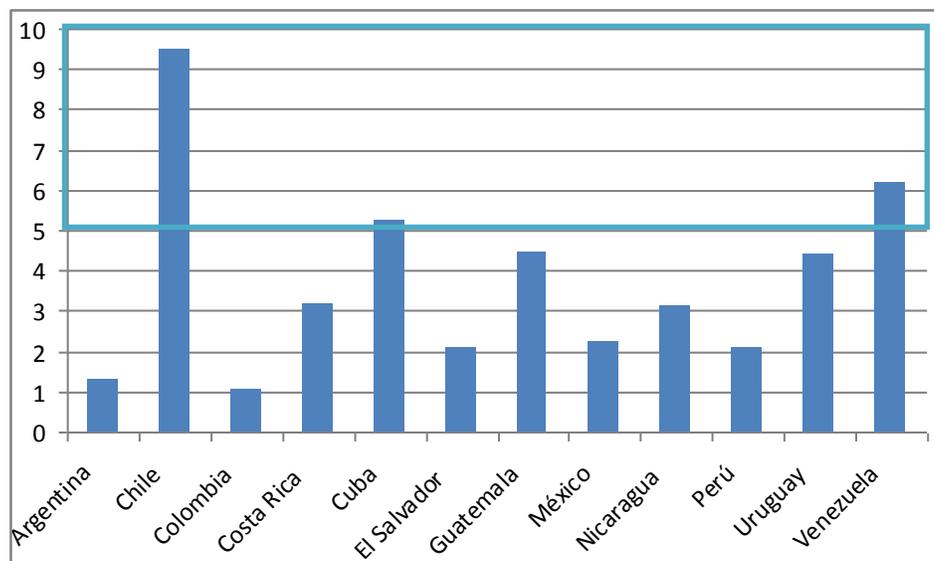
En la Figura 4 (a, b y c) se muestran los valores obtenidos por país, para tórax, columna AP y columna AL, respectivamente

Figura 4: Valores promedio por país de Kerma en superficie, comparados con la dosis recomendadas en las BSS, en mGray para

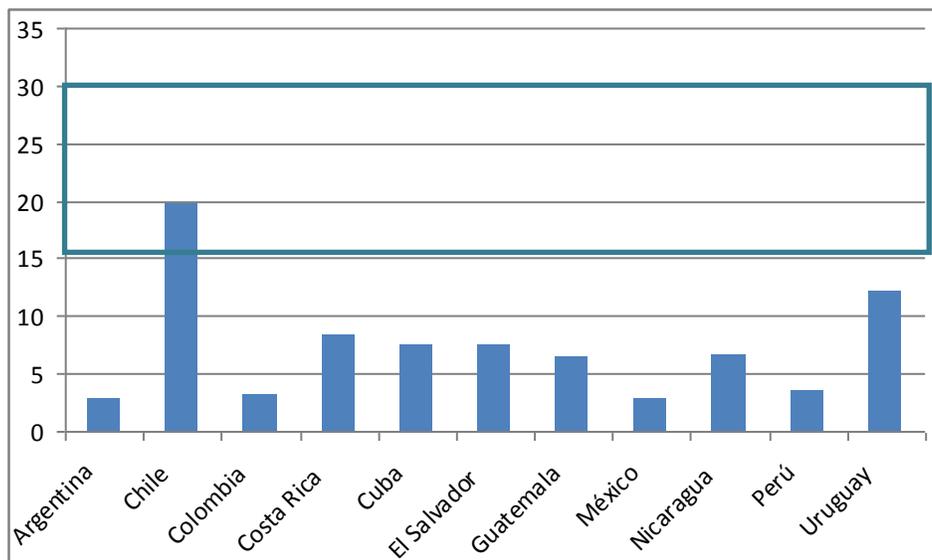
a: Tórax



b. Columna AP



c: Columna AL



Conclusiones:

Al momento de esta encuesta no existía una gran difusión de la tecnología digital, por este motivo solamente se presentan resultados de equipos analógicos.

El análisis efectuado sobre los parámetros de exposición de los tres tipos de estudios radiológicos mostró una gran dispersión estadística, lo que hace presumir el empleo de una amplia variedad de criterios utilizados por los técnicos radiólogos, aun trabajando con el mismo equipo. Esto se considera un defecto de la muestra y se sugiere su revisión en futuras etapas del trabajo.

Lo mismo se sugiere respecto de las características antropométricas de los pacientes.

Analizando los valores de las dosis de referencia para América Latina obtenidas en este trabajo, puede apreciarse una disminución respecto de las obtenidas en la muestra del Proyecto ARCAL 75, lo que sugiere que este tipo de acciones están tendiendo a una disminución de las dosis efectivas recibidas por los pacientes.

Variación de las dosis efectivas entre ambos períodos

	Periodo hasta 2009 en mGy	Periodo 2009-2011 en mGy
TORAX	0,38	0,28
COL. AP	5,91	4,76
COL. AL	12,31	10,49

3.1.1 Principales aportes y logros obtenidos:

a. Obtención de experiencia.

Para varios países participantes ésta fue la primera vez que se realizaban trabajos en el área de Protección del Paciente. El presente estudio permitió la formación de personal en la temática y de los hospitales participantes, como médicos, tecnólogos y físicos médicos en sus respectivas áreas de trabajo, lo que resultó de gran beneficio para mejorar la práctica de la radiología diagnóstica de los países.

b. Conocer las dosis suministradas a los pacientes.

Los hospitales tuvieron la oportunidad de conocer si las dosis de radiación que suministran a sus pacientes están acordes con la práctica general e investigar las causas de valores de dosis anormales.

c. Aplicación de medidas para la optimización de las dosis.

Se puso de manifiesto que existen muchas posibilidades de disminuir las dosis de los pacientes así como mejorar la calidad de las imágenes.

d. Plan de estudios de niveles orientativos periódicos.

La realización de mediciones de niveles orientativos periódicamente permite asegurar que se mantienen las buenas prácticas en el diagnóstico radiológico del país.

3.1.2 Recomendaciones de buenas prácticas en Radiología General Adulto

Aplicar todas las herramientas disponibles que permitan asegurar la obtención de imágenes de calidad diagnóstica con la menor dosis al paciente y evitar la repetición de exámenes. Los aspectos generales a considerar son:

- Realizar un mantenimiento rutinario del equipamiento.
- Asegurar una buena formación del personal involucrado.
- Aplicar procedimientos operativos bien establecidos de no existir generarlos de acuerdo al equipo y haciendo mediciones de dosis.

Los métodos que pueden ser utilizados para reducir las dosis a los pacientes están relacionados con el equipamiento y con la propia práctica radiológica. A continuación se detallan varios de ellos a tener en cuenta:

- La indicación médica para la realización de un procedimiento debe cumplir un criterio estricto basado en los protocolos establecidos a tal fin. Debe asegurarse que no se dispone de estudios anteriores que puedan ser de utilidad.
- Debe restringirse el número de placas por examen a la cantidad necesaria y seleccionar la proyección adecuada en relación a la protección de los órganos sensibles.
- Los parámetros técnicos utilizados como potencial aplicado y tiempo están positivamente correlacionados con la dosis. Los mismos deben adecuarse a la complejidad del paciente.
- La colimación del haz de rayos X a la región de interés y blindaje de órganos sensibles.
- Incremento en la filtración del haz.
- Las nuevas técnicas de imagen digital tienen un potencial mejoramiento de la calidad de la imagen, pero generalmente a expensas del incremento de la dosis.
- En los equipos digitales debe asegurarse una correcta limitación del campo radiográfico a aquel de interés diagnóstico.

Programa Regional del OIEA para América Latina

- Medidas rutinarias de dosimetría y dosis de referencia promueven la reducción de dosis.
- Establecimiento de programas de aseguramiento de la calidad.

La protección radiológica de los pacientes está basada en los principios de justificación y optimización, los cuales pueden ser cumplidos efectivamente teniendo en consideración los aspectos formulados anteriormente, y además se han establecido los niveles orientativos de dosis que permiten considerar si la práctica es realizada dentro de los parámetros de buenas prácticas.

3.2 Radiología General Pediatría

La radiografía de niños difiere en muchos aspectos de la de los adultos. Especial atención es necesaria con los exámenes de pacientes niños que tienen una alta expectativa de vida y corren el mayor riesgo de cáncer inducido por radiación. Los factores de riesgo para inducción de cáncer en niños son entre 2 y 3 veces mayores que para adultos. Por esta razón, es necesario adoptar medidas de protección radiológica a fin de prevenir dosis innecesariamente altas durante las exposiciones médicas. Los principales instrumentos para lograr este objetivo son la justificación de las prácticas, la optimización de la protección, y la aplicación de niveles de referencia. Para garantizar la optimización de los procedimientos de radiología pediátrica son importantes los estudios de las dosis recibidas por los pacientes y la evaluación de la calidad de imagen. El objetivo del proyecto fue de evaluar las dosis de los pacientes pediátricos de 01 a 1 año y de 4 a 6 años debido a exámenes de radiología de tórax de modo a obtener datos para la definición de niveles orientativos para los países participantes y para la región de América Latina. El proyecto fue dividido en 2 fases de recolección de datos y mediciones, conforme lo descrito a continuación:

FASE I - Recolección de datos de la instalación y de las condiciones de Protección Radiológica.

En esta fase fueron recolectadas informaciones sobre el número de equipos de cada institución, número de profesionales, informaciones sobre el equipo de rayos-X, datos de la inspección del cuarto oscuro y informaciones sobre el sistema de visualización de las películas en las salas de lectura. En esta fase participaron 15 instituciones de 8 Países. La El objetivo fue conocer el parque de equipos y las condiciones de protección radiológica en las diversas instituciones participantes con el fin de tener un panorama de la situación de radiología pediátrica en América Latina.

Programa Regional del OIEA para América Latina

FASE II - Recolección de datos de pacientes, parámetros de irradiación, determinación del Kerma en la entrada de la piel y evaluación de la calidad de imagen con base en los criterios de la Comunidad Europea. El valor del Ki se determinó a partir de la medición del rendimiento del tubo de rayos X a una determinada distancia de referencia y de los parámetros técnicos aplicados en el examen radiológico, (voltaje del tubo, producto tiempo de exposición-corriente del tubo, dimensión del campo, etc.).

Se efectuó también un control de calidad básico de los equipos de rayos X a fin de conocer las condiciones de funcionamiento de los mismos. Los controles realizados fueron: la exactitud y la repetibilidad del indicador del tiempo de exposición, la indicación de la tensión del tubo para diferentes corrientes seleccionadas y capa hemirreductora para evaluar el requisito de filtración mínima.

La calidad de las imágenes fue también evaluadas por el radiólogo con base en los criterios de calidad de imagen de la Comunidad Europea. En esta 2ª fase participaron 7 instituciones de 5 países.

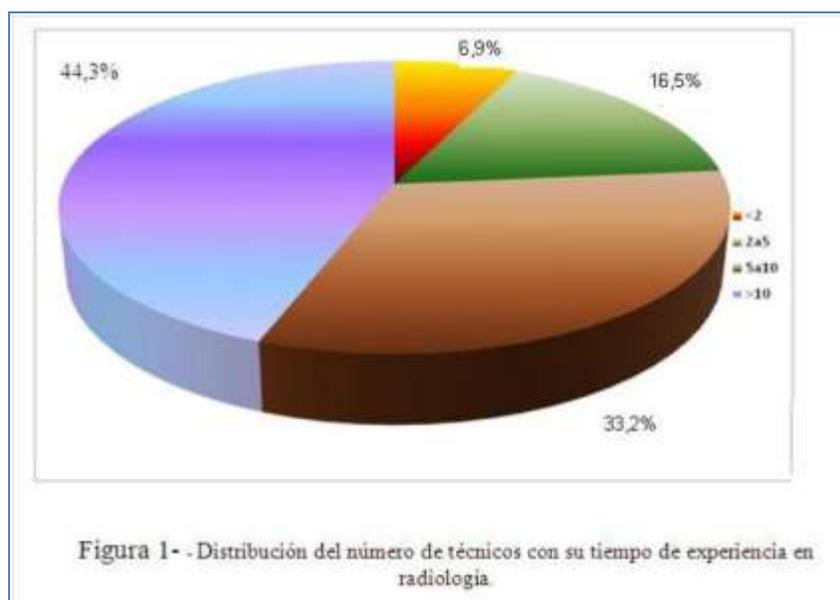
Nombre de las instituciones y respectivos países participantes del proyecto en la tarea de pediatría.

CODIGO	PAIS	INSTITUCION	FASE I	FASE II
IMIP-BR	Brasil	IMIP- Recife	Si	Si
HC-BR	Brasil	Hospital Clínicas- Paraná	Si	Si
HMJ-BR	Brasil	Hospital Municipal Jesús	Si	Si
HGSJD-GA	Guat.	Hospital General San Juan de Dios	Si	Si
HNR-GA	Guat.	Hospital Nacional Roosevelt	Si	Si
SNSP-GA	Guat.	Sanatório Nossa Senhora de Pilar	Si	Si
ASG-CR	C.Rica	Área Salud Goicochea	Si	Si
HNN-CR	C.Rica	Hospital Nacional Niños	Si	Si
HMI-HO	Hond.	Hospital Materno Infantil	Si	No
IHSS-HO	Hond.	IHSS	Si	No
INT-HO	Hond.	Instituto Nacional del Tórax	Si	No
HMJR-NI	Nic.	Hospital Manuel de Jesús Rivera "La Mascota"	Si	Si
ICT-PA	Parag.	Instituto Cudas Thompson	Si	No
HIR-RD	Domin.	Hospital Infantil Robert Read Cabral	Si	No
HNB-SS	El.Salv.	Hospital Nacional Benjamín Bloom	Si	Si
IOLR-VE	Venez.	Instituto de Oncología "Dr. Luís Razetti"	Si	No
HMCA-VE	Venez.	Hospital Militar "Dr. Carlos Arvelo"	Si	No
HU-VE	Venez.	Instituto Autónomo Hospital Universitario de Caracas	Si	No
CA-VE	Venez.	Clínica "El Ávila"	Si	No
HN-VE	Venez.	Hospital de Niños "José Manuel de los Ríos"	Si	No
INP-ME	Méx.	Instituto Nacional de	No	Si

3.2.1 Resultados Obtenidos:

El análisis de los datos muestra 21% de los equipos instalados en las instituciones participantes del proyecto son digitales, y en dos instituciones se utiliza el sistema CR con un equipo de rayos-X de 13 años de fabricación. Por otro lado, 73% de las instituciones evaluadas son públicas y hay 230 técnicos empleados en estas instituciones. En figura 1 se presenta la distribución de los técnicos por el número de años de su experiencia en la área de radiología.

Los datos muestran que la mayor parte de los técnicos tiene más de 5 años de experiencia, siendo que 32% tiene entre 5 a 10 años y 46,7% tiene más que 10 años de experiencia en el sector de radiología, siendo que 96% ya participaron de algún curso de protección radiológica



La figura 5 muestra la distribución de los técnicos con los años de su experiencia en radiología

Las figuras 6 y 7 presentan la distribución estadística tipo “box & whiskers” de los valores de kV que se utiliza para pacientes pediátrico de 0 a 1 año y 4 a 6 años, respectivamente. En esta distribución son indicados por el cuadrado los valores de 25% y 75% de los porcentuales de kV. Observa-se por los datos que hay menor variación en los valores de kV utilizados en procedimientos de pacientes de 4 a 6 años que para pacientes de 0 a 1 año. Probablemente una de las causas es la gran variedad de dimensiones de los pacientes bebés. En el equipo digital (DR) instalado en la institución en El Salvador, los valores de kV para pacientes de 4 a 6 años son más elevados que los utilizados para los equipos convencionales, ubicados en los demás países.

Programa Regional del OIEA para América Latina

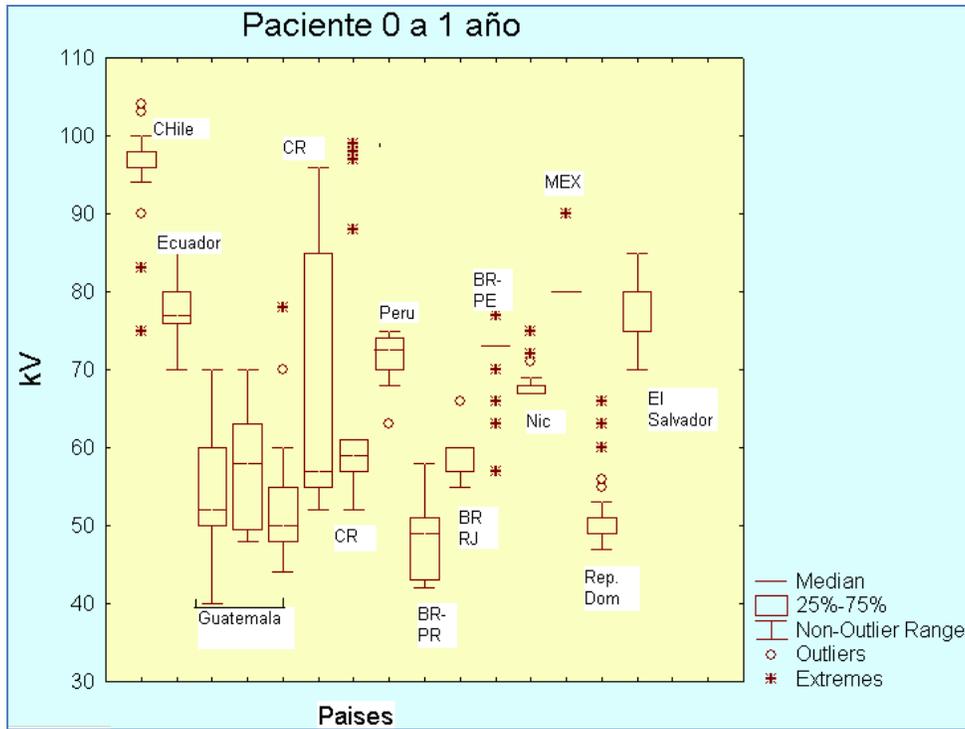


Figura 6 - Distribución de los valores de tensión aplicados en el tubo de rayos-x en procedimientos de radiología pediátrica de tórax, proyección AP/PA en pacientes pediátricos de 0 a 1 año

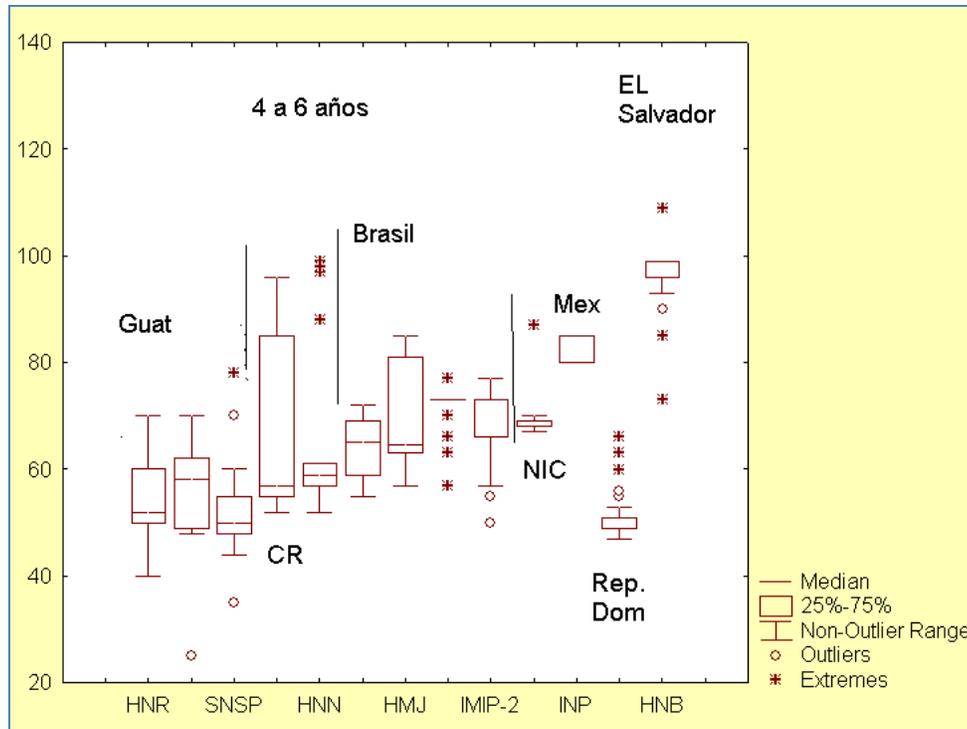


Figura 7- Distribución de los valores de tensión aplicados en el tubo de rayos-x en procedimientos de radiología pediátrica de tórax, proyección AP/PA en pacientes pediátricos de 4 a 6 años.

Programa Regional del OIEA para América Latina

Los valores obtenidos de K_{ae} mostraran que para el sistema digital el valor de K_{ae} es similar a los sistemas analógicos La Figura 8 presenta el histograma de los valores de $K_{a,e}$ correspondientes a las imágenes que atenderán a, por lo mínimo, 80% de los criterios de calidad de la Comunidad Europea. En la Figura 9 se presenta la distribución de los datos de $K_{a,e}$ obtenidos en este proyecto (RLS 9/067) en comparación con los obtenidos en el proyecto anterior (RAL 9/057). Los datos muestran que el valor de la dosis de referencia bajo de $135\mu\text{Gy}$ para $79\mu\text{Gy}$ lo que indica el impacto de las acciones del proyecto en la optimización de los procedimientos radiológico y en el control de los equipos.

Criterio de calidad de imagen de tórax AP/PA para PACIENTE 0 a 1 año

Criterio

- 1-Realización en inspiración máxima, salvo si se sospecha aspiración de cuerpo extraño.
 - 2- Reproducción del tórax sin rotación ni inclinación.
 - 3- La reproducción del tórax debe extenderse justo desde encima de los ápices pulmonares hasta D12/L1.
 - 4- Reproducción del patrón vascular en los 2/3 internos de los pulmones.
 - 5- Reproducción de la tráquea y los bronquios proximales.
 - 6- Reproducción visualmente nítida del diafragma y ángulos costofrénicos.
 - 7- Reproducción de las estructuras vertebrales y paravertebrales.
 - 8- Visualización del pulmón retrocardiaco y del mediastino.
-

Programa Regional del OIEA para América Latina

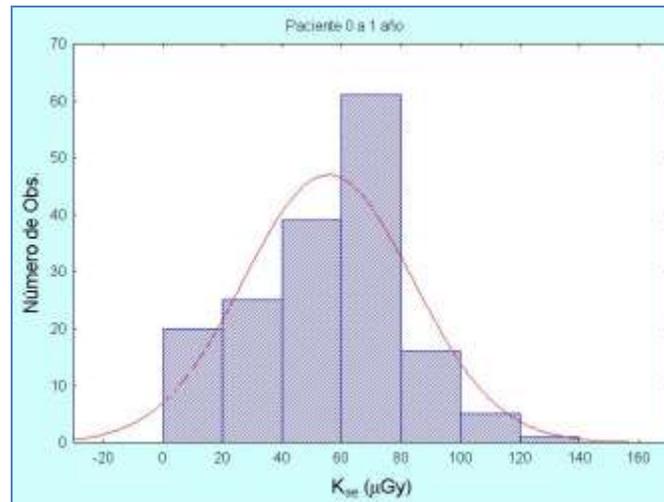


Figura 8 - Histograma de los valores de Kae) correspondiente a las imágenes que cumplen por lo mínimo de 80% de los criterios da CE. Examen de tórax de pacientes de 0 a 1 año de edad

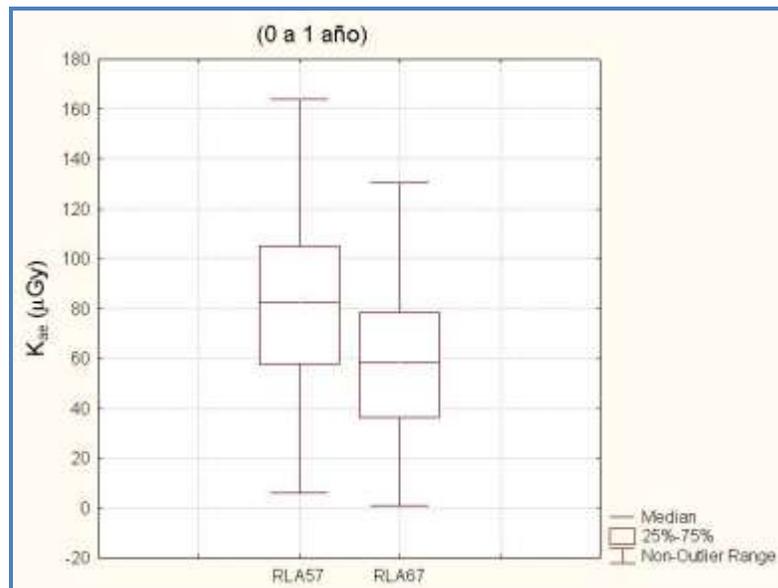


Figura 9 - Distribución del valor de Kerma en la entrada de la superficie de piel del paciente (0 a 1 año) obtenidos en el proyecto RLA9/057 y 9/067

A continuación presentamos los criterios de calidad de imagen de la Comunidad Europea para pacientes pediátricos de 4 a 6 años. La evaluación de calidad de imagen muestra que los criterios que presentan menor porcentaje de cumplimiento con los criterios de la Comunidad Europea son los criterios 2 (Reproducción del tórax sin rotación ni inclinación) y criterio 3 (La reproducción del

Programa Regional del OIEA para América Latina

tórax debe extenderse justo desde encima de los ápices pulmonares hasta D12/L1) son lo que presentan menor porcentual de cumplimiento. Esto se debe a errores en el posicionamiento del paciente y también porque no se utilizan aparatos para la inmovilización del paciente.

Los datos de Kae correspondiente a las imágenes de pacientes de 4 a 6 años y que cumplen por lo mínimo el 80% de los criterios de CE presentaran una variación pequeña conforme muestra el histograma de los datos de Kae obtenidos con exámenes de tórax, presentados en la figura 6. Es posible observar que el valor de referencia de Kae, para el examen de tórax de pacientes pediátricos de 4 a 6 años bajó de 78,7 μGy , que está en acuerdo con lo sugerido por la Comunidad Europea, que es de 80 μGy . Este valor es menor que el obtenido anteriormente en el proyecto RLA9057, que era de 120 μGy . Este hecho muestra la mejoría de los procedimientos en exámenes de pediatría en la región.

Porcentuales de los criterios de calidad de imagen tórax AP/PA para PACIENTE 4 a 6 años

Criterio

- 1- Realización en inspiración máxima, salvo si se sospecha aspiración de cuerpo extraño.
 - 2- Reproducción del tórax sin rotación ni inclinación.
 - 3- La reproducción del tórax debe extenderse justo desde encima de los ápices pulmonares hasta D12/L1.
 - 4- Reproducción del patrón vascular en los 2/3 internos de los pulmones.
 - 5- Reproducción de la tráquea y los bronquios proximales.
 - 6- Reproducción visualmente nítida del diafragma y ángulos costofrénicos.
 - 7- Reproducción de las estructuras vertebrales y paravertebrales.
 - 8- Visualización del pulmón retrocardiaco y del mediastino.
-

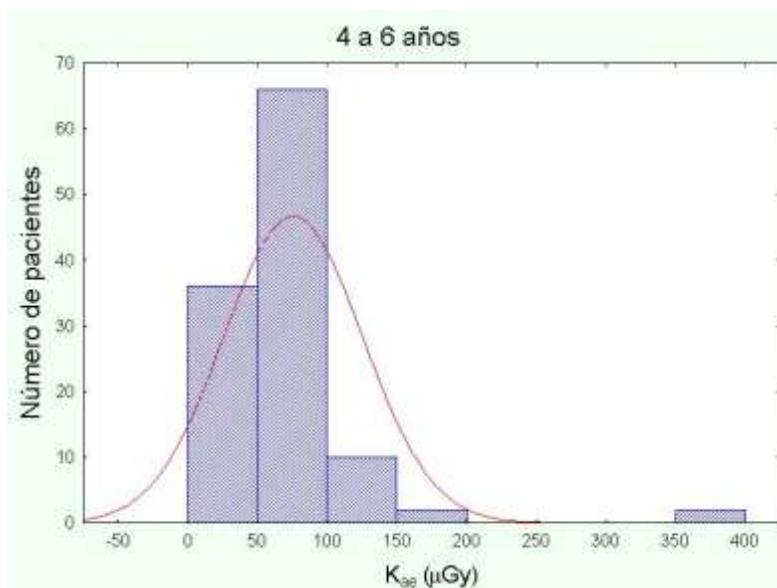


Figura 10. Histograma de los valores de K_{ae} correspondiente a las imágenes que cumplen por lo mínimo de 80% de los criterios da CE. Examen de tórax de pacientes de 4a 6 años de edad

La evaluación de calidad de imagen muestran que los criterios que presentan menor porcentual de cumplimiento con los criterios de la Comunidad Europea son los criterio 2 (Reproducción del tórax sin rotación ni inclinación) y criterio 3 (La reproducción del tórax debe extenderse justo desde encima de los ápices pulmonares hasta D12/L1) son lo que presentan menor porcentual de cumplimiento. Esto se debe a errores en el posicionamiento del paciente y también porque no se utilizan aparatos para la inmovilización del paciente.

Conclusiones

El valor de la dosis en la entrada da pele hay sido reducido a partir de implementación de acciones de control de calidad. La evaluación de calidad de imagen muestra que los criterios que presentan menor porcentual de cumplimiento con los criterios de la Comunidad Europea son los asociados al movimiento del paciente. Para contrarrestar el problema del movimiento es útil emplear dispositivos de inmovilización de los pacientes pediátricos. Además, la limitación de los movimientos disminuye el índice de repeticiones de películas y permite ajustar mejor la colimación, lo que contribuyó para la reducción de la dosis en el paciente. Los datos también mostraron que hay instituciones implementando sistemas digitales tipo CR junto con equipos de rayos-X con más de 13 años de fabricación. Una evaluación de las dosis de los pacientes y de la calidad de imagen es importante en estos casos, lo que no fue posible en este proyecto. Por fin se pudo concluir que se observa una mejoría en los datos de dosis y calidad de imagen que fueron recolectados en el proyecto RLA9057 en comparación con el

Programa Regional del OIEA para América Latina

actual proyecto RLA9067. Este hecho refleja el impacto de las acciones de estos proyectos en la región Latino Americana

3.2.2 Recomendaciones de buenas prácticas en Radiología Pediátrica

La radiografía de niños difiere en muchos aspectos de la de los adultos. Algunas recomendaciones generales, de equipamiento y de instalación para radiología pediátrica son

- El generador debe tener potencia suficiente para permitir tiempos de exposición cortos (3 milisegundos) y el temporizador debe permitir asimismo tiempos de exposición cortos.
- El generador debe ser de alta frecuencia para mejorar la exactitud y la reproducibilidad de las exposiciones.
- Un correcto posicionamiento del paciente y la colimación son importantes en pediatría.
- La utilización de dispositivos de inmovilización del paciente es muy importante para la reducción de índice de repetición de los exámenes.
- Debe disponerse de filtros adicionales que puedan cambiarse fácilmente (1 mm Al; 0.1 y 0.2 mm Cu deben estar disponibles).

Un personal experto, que pueda lograr la confianza y la cooperación del niño en un ambiente seguro y amistoso es de fundamental importancia para reducir la dosis de radiación en pediatría

3.3 Mamografía Analógica y Digital

Con respecto a la Metodología utilizada, los trabajos y mediciones en el área de mamografía se dividieron por fases de ejecución.

Se acuerda aunar esfuerzos regionales para lograr los siguientes objetivos específicos:

- La obtención del primer banco de datos latinoamericano correspondiente a los niveles orientativos de dosis para mamografía tanto para equipos convencionales como digitales.
- La capacitación del personal médico, físico médico y tecnólogo en la optimización y justificación de la práctica.

Programa Regional del OIEA para América Latina

- Generación de herramientas computacionales que permitan la fácil aplicación de programas de control de calidad.
- Mejoramiento de la transición de equipos analógicos a digitales.

La metodología para la obtención de los niveles orientativos fue mediante la medición del rendimiento del tubo de rayos X y los parámetros técnicos del estudio mamográfico, para ello se diseña una hoja de recolección de datos que está programada para obtener el kerma en aire y posteriormente la dosis glandular promedio. Cada institución participante enviará un mínimo de 10 pacientes para cada proyección (cráneo caudal y medio lateral oblicua), para espesores de mama de 4 a 6 cm y con glandularidad del 50%. Participaran en el estudio aquellas imágenes que cumplan con un 80% o más de los criterios de calidad diagnóstica de la Comunidad Europea.

El valor del K_i se estimó del rendimiento del tubo de mamografía $Y(d)$ ($\square \text{Gy} \cdot \text{mAs}^{-1}$) mediante la siguiente expresión:

$$K_i(d) = M_{\text{auto}} N_{\text{mammo}} k_{TP} Y(d) P_{ft}$$

donde:

- d es la distancia foco paciente
- M_{auto} es la lectura de la cámara de ionización.
- N_{mammo} es el factor de la cámara
- k_{TP} factor de corrección temperatura presión

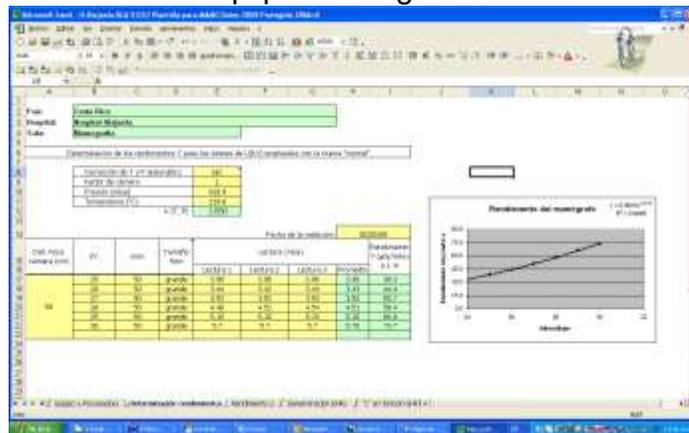
Para cada kilovoltaje (desde 25 a 30) el rendimiento fue calculado utilizando la siguiente ecuación:

$$Y(d) = \frac{K_i(d)}{P_{ft}}$$

donde:

- $K_i(d)$ es el kerma incidente en aire a 1 metro
- P_{ft} es el producto corriente por tiempo

Hoja de cálculo para estimación del rendimiento del
equipo mamográfico



Programa Regional del OIEA para América Latina

La dosis glandular media fue calculada mediante la siguiente ecuación:

$$D_G = C_{D_G, K_i} \cdot s \cdot K_{i Patient}$$

donde :

- $K_{i Patient}$ es el kerma incidente para cada paciente
- C_{D_G, K_i} es el coeficiente de conversión de kerma incidente a dosis glandular media
- s es el factor que depende de la combinación ánodo/filtro

Hoja de recolección de datos estimación de la Dg

País:	Costa Rica								
Hospital:	Hospital Alajuela								
Sala:	Mamografía								
Distancia foco-mesa (cm)		65			Periodo de medición:				
	No	Espesor de la mama comprimida	kVp	mAs	Distancia foco-paciente (cm)	Rendimiento Y ($\mu\text{Gy}/\text{mAs}$) a _{1 m}	Kerma incidente, Ki(mGy)	Dosis glandular promedio (mGy)	Dg con Criterios >70%
C R A N E O C U A D A L	1	8	28	29.3	57	58.37	5.26	1.10	1.10
	2	4.2	27	47.5	60.8	50.70	6.51	1.32	-
	3	4.2	27	56	60.8	50.70	7.68	1.55	-
	4	4.3	27	68	60.7	50.70	9.36	1.89	-
	5	4.2	27	73.9	60.8	50.70	10.13	2.05	-
	6	4.7	27	90	60.3	50.70	12.55	2.54	-
	7	5.5	27	94.7	59.5	50.70	13.56	2.75	-
	8	4.5	27	51.3	60.5	50.70	7.11	1.44	1.44
	9	5.1	27	78.2	59.9	50.70	11.05	2.24	2.24
	10	5.8	27	116	59.2	50.70	16.78	3.40	3.40
	11	4.3	27	68	60.7	50.70	9.36	1.89	-
	12	4.2	27	66	60.8	50.70	9.05	1.83	-
	13	4	27	97	61	50.70	13.22	2.68	-
	14	4.7	27	93.4	60.3	50.70	13.02	2.64	-
	15	4.4	27	73.4	60.6	50.70	10.13	2.05	2.05
	16	4.4	27	69.8	60.6	50.70	9.64	1.95	1.95
	17	5.1	27	64.6	59.9	50.70	9.13	1.85	1.85
	18	4.1	27	48	60.9	50.70	6.56	1.33	-
	19	4.2	27	38	60.8	50.70	5.21	1.06	1.06
	20	4.4	27	41.8	60.6	50.70	5.77	1.17	1.17
	21	5.9	27	80.9	59.1	50.70	11.74	2.38	2.38
	22	4.2	27	64.6	60.8	50.70	8.86	1.79	-
	23	5	27	70.8	60	50.70	9.97	2.02	2.02
	24	5.1	27	61.9	59.9	50.70	8.75	1.77	1.77
	25	4.4	27	63.1	60.6	50.70	8.71	1.76	1.76
	26	4.1	27	52.9	60.9	50.70	7.23	1.46	1.46
	27	4.6	27	41	60.4	50.70	5.70	1.15	1.15
	28	4.7	27	84.7	60.3	50.70	11.81	2.39	2.39
	29	5	28	82.5	60	58.37	13.38	2.81	2.81
PROMEDIO		4.73	27.07	67.84	60.27	51.23	9.56	1.94	1.88

Programa Regional del OIEA para América Latina

CRITERIOS DE CALIDAD	
Cráneo Caudal	Medio Lateral Oblicua
Criterios relacionados con el posicionado	
1- Visualización nítida del músculo pectoral en el margen de la imagen	1- Músculo pectoral proyectado en el ángulo correcto
2- Visualización nítida del tejido graso retroglándular	2- Visualización del ángulo inframamario
3- Visualización nítida del tejido mamario medial	3- Visualización nítida del tejido glandular cráneo-lateral
4- Visualización nítida del tejido glandular lateral	4- Visualización nítida del tejido graso retroglándular
5- Ausencia de pliegues de la piel en la imagen	5- Pezón completamente de perfil, sin superposición de tejido mamario, y/o indicado mediante marcador en su totalidad fuera de la línea que bordea la mama
6 Imágenes simétricas de las mamas derecha e izquierda	6- Ausencia de pliegues de la piel en la imagen
	7- Imágenes simétricas de las mamas derecha e izquierda
Criterios relacionados con los parámetros de exposición	
7- El contorno (piel) de la mama debe verse sólo con luz intensa pero apenas debe verse sin ésta	8- El contorno (piel) de la mama debe verse sólo con luz intensa pero apenas debe verse sin ésta
8- Reproducción de estructuras vasculares, que deben verse a través del parénquima mamario de mejor densidad	9- Reproducción de estructuras vasculares, que deben verse a través del parénquima mamario de mejor densidad
9 Visualización nítida (sin movimiento) de todos los vasos y filamentos fibrosos, así como del margen del músculo pectoral	10- Visualización nítida (sin movimiento) de todos los vasos y filamentos fibrosos, así como del margen del músculo pectoral
10- Visualización de las estructuras de la piel (rosetas de los poros) a lo largo del músculo pectoral	11- Visualización de las estructuras de la piel (rosetas de los poros) a lo largo del músculo pectoral

Programa Regional del OIEA para América Latina

Durante toda la ejecución del proyecto, se impartieron cursos de capacitación tanto a nivel regional así como a nivel nacional.

TALLER REGIONAL DE CAPACITACIÓN EN ASPECTOS FÍSICOS DE LA OPTIMIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN RADIODIAGNÓSTICO Y EN INTERVENCIONES GUIADAS POR RAYOS X. San José, Costa Rica 7 – 11 Mayo 2007

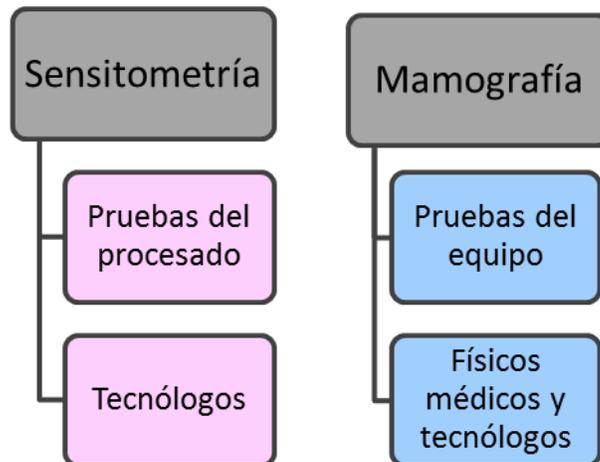


El software para la implementación del TECDOC1517, se trabaja a distancia y con 3 reuniones presenciales de los autores. Este software se envía a los países en su modulo de prueba para recibir comentarios para su mejoría, estos se incorporan y prueban nuevamente y finalmente se cuenta con la versión del software para distribución en los países.

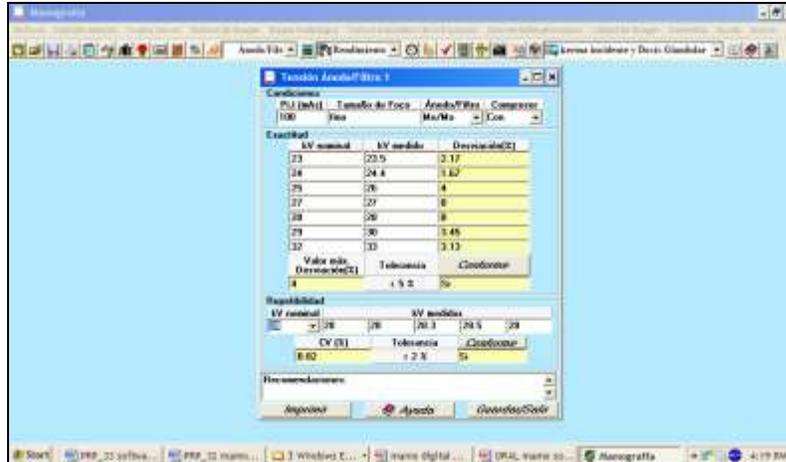
LOGOS para la divulgación del software



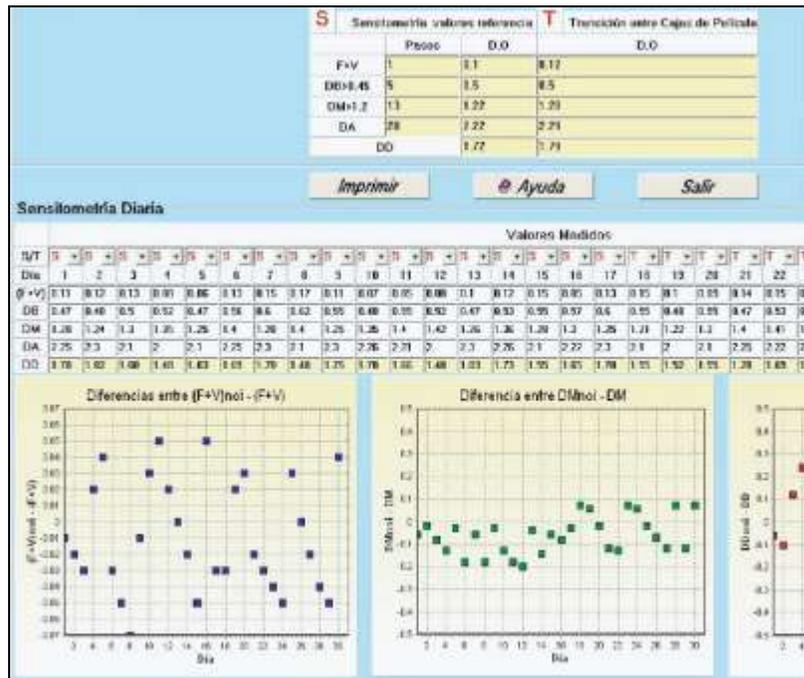
Módulos del Software del TECDOC 1517



Ejemplo de ventana con prueba de Kilovoltaje



Ejemplo con ventana con prueba de sensitometría diaria



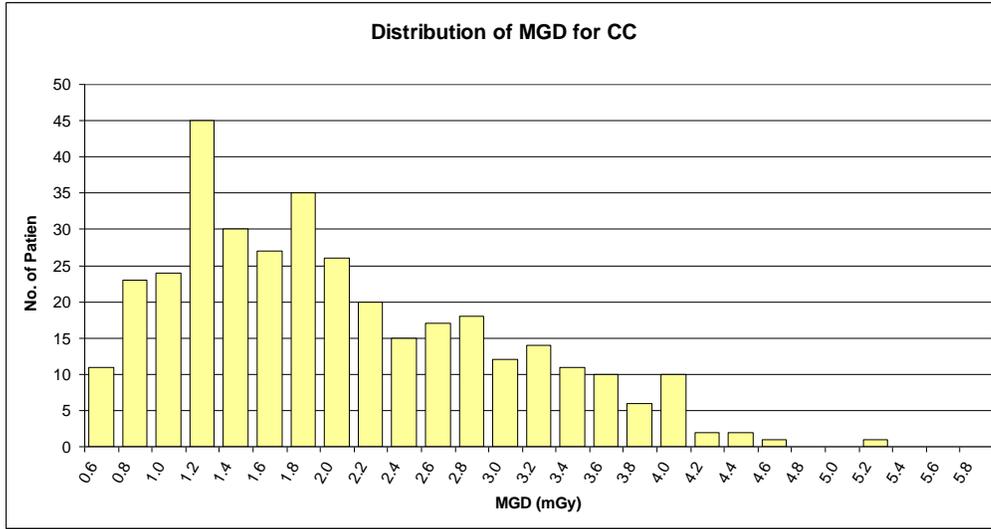
La protección radiológica de las pacientes en equipos digitales se efectúa mediante la evaluación de los parámetros de calidad de las imágenes contra las dosis recibidas y adicionalmente con cursos regionales y nacionales.

Resultados Relevantes

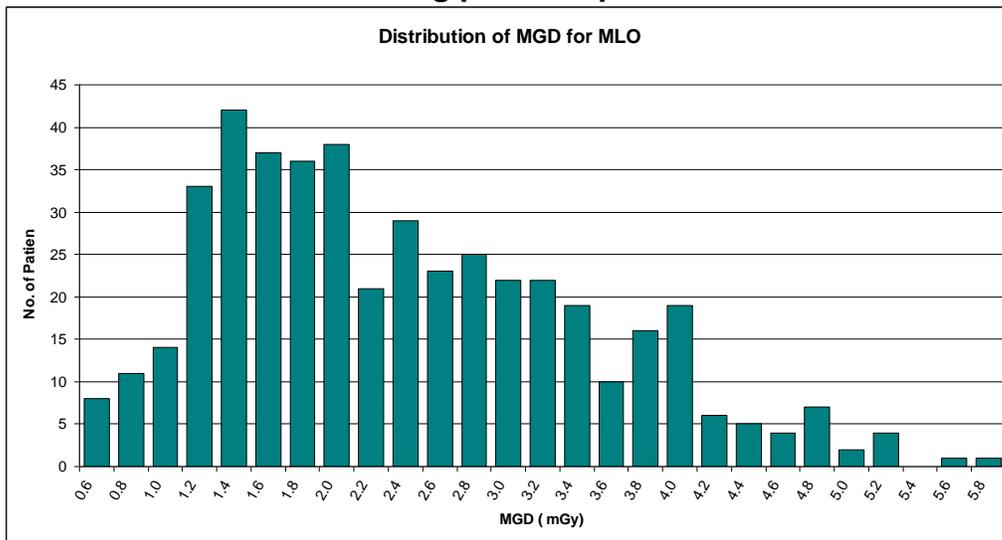
- a) Durante el periodo del Proyecto Regional RLA/9/057 (2007-2008)
- Todos los países participantes reciben equipamiento del OIEA para generar el banco de datos de los niveles orientativos.
 - Se realiza en Costa Rica, un curso dirigido a los físicos médicos que estarán a cargo de las tareas de recolección de datos en sus respectivos países.
 - Se inicia el desarrollo del software del TECDOC 1517 Control de Calidad en Mamografía.
 - Participan un total de 30 instituciones de los siguientes países: Argentina 1, Brasil 11, Chile 6, Costa Rica 4, Ecuador 2, Nicaragua 1, Paraguay 1, Uruguay 4 para la obtención de los niveles orientativos de dosis.
 - Se realiza la reunión final de coordinadores donde se exponen los resultados hasta el momento encontrados y se definen las actividades de optimización.



Evaluación de la Dg para 538 pacientes en CC



Evaluación de la Dg para 534 pacientes en MLO



Programa Regional del OIEA para América Latina

Resumen Fase I (2007-2008)

Country	CC Projection				MLO Projection			
	Min	Max	Mean	75%	Min	Max	Mean	75%
Argentina	0.58	4.08	2.91	3.72	1.99	4.69	3.40	3.98
Brazil	0.50	6.16	2.58	3.31	0.54	6.47	2.86	3.61
Chile	1.51	4.54	2.58	3.15	1.46	5.98	2.81	3.26
Costa Rica	0.55	3.40	1.51	1.87	0.55	7.89	2.28	2.71
Ecuador	0.51	1.91	1.07	1.27	0.63	3.58	1.75	2.25
Nicaragua	0.90	2.86	1.51	1.53	1.17	3.62	2.09	2.56
Paraguay	1.32	2.51	1.61	1.62	1.32	2.60	1.83	2.18
Uruguay	0.96	4.11	2.08	2.62	0.64	10.65	2.55	3.23
REGIONAL	0.50	6.16	2.10	2.78	0.54	10.65	2.55	3.22

b) Durante el periodo del Proyecto Regional RLA/9/067: Fase I (2009-2011)

- Nuevos países son incorporados al proyecto regional.
- Se incorpora en esta etapa la participación de mamógrafos digitales en la muestra.
- Se realiza un curso de protección radiológica para equipos digitales con énfasis en mamografía para físicos de la región en Medellín, Colombia.
- Se presenta oficialmente la última versión terminada del Software del TECDOC 1517, en Medellín, Colombia, para ser entregado a todos los países de la región.
- Se recolecta información para un total de 29 instituciones de la siguiente manera: Argentina 4, Brasil 11, Chile 1, Costa Rica 3, Cuba 1, Guatemala 3, México 1, Nicaragua 1, Paraguay 1, El Salvador 1, Venezuela 2.
- Se presentan los resultados latinoamericanos en la reunión final de coordinadores del proyecto en Paraguay.

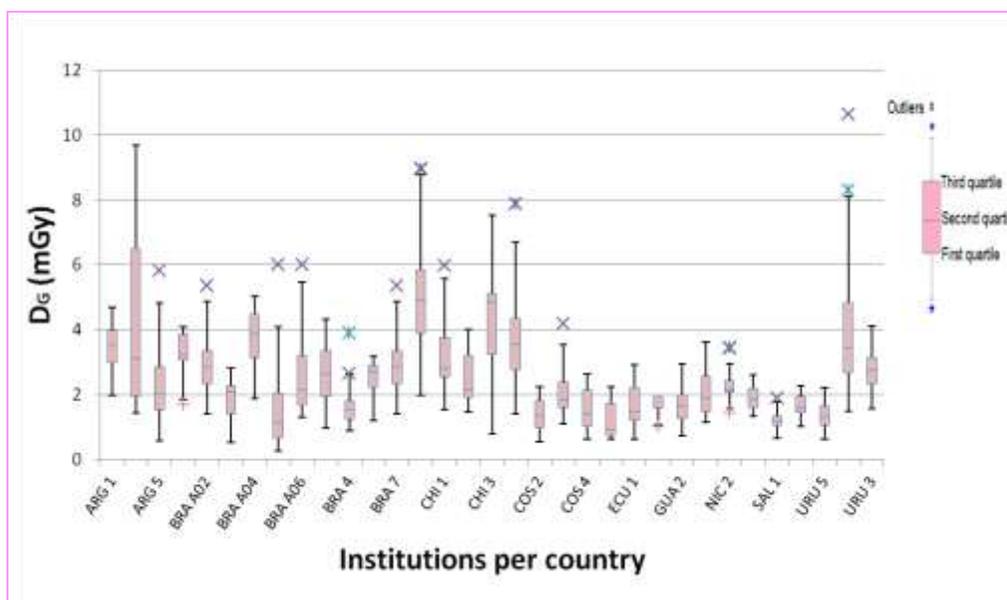
Programa Regional del OIEA para América Latina

- c) Durante el periodo del Proyecto Regional RLA/9/067: Fase II (2012-2013)
- Para todos los países que recolectaron datos con equipos digitales, el OIEA compra durante el primer semestre del año, el maniquí de imagen sugerido en la publicación *Human Health 17: Quality control in digital mammography*, para promover los procesos de optimización al relacionar las dosis glandulares encontradas en la muestra de equipos digitales con la calidad de imagen de los estudios.
 - Se diseña la nueva hoja de toma de datos de los equipos digitales, que incorpora automáticamente las tolerancias de las tablas del documento del OIEA.
 - Se difunde en Buenos Aires Argentina, el Software del TECDOC1517 en el “Curso de Aseguramiento de la calidad en mamografía” auspiciado por la Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina, en el mes de setiembre.
 - Se realiza un curso dirigido a tecnólogos latinoamericanos sobre la protección radiológica en equipos digitales con énfasis en mamografía.
 - Se difunde en Caracas, Venezuela tanto el Software del TECDOC1517 como la metodología para la toma de datos con el maniquí digital.
 - Se genera un banco de datos de calidad de imagen respecto a dosis glandular para equipos digitales, con la participación de información de Argentina, Brasil, Chile, Venezuela, México, Colombia, Uruguay, Costa Rica, Guatemala y Nicaragua que permitirá emitir criterios regionales para la optimización de la práctica en mamografía.

Programa Regional del OIEA para América Latina

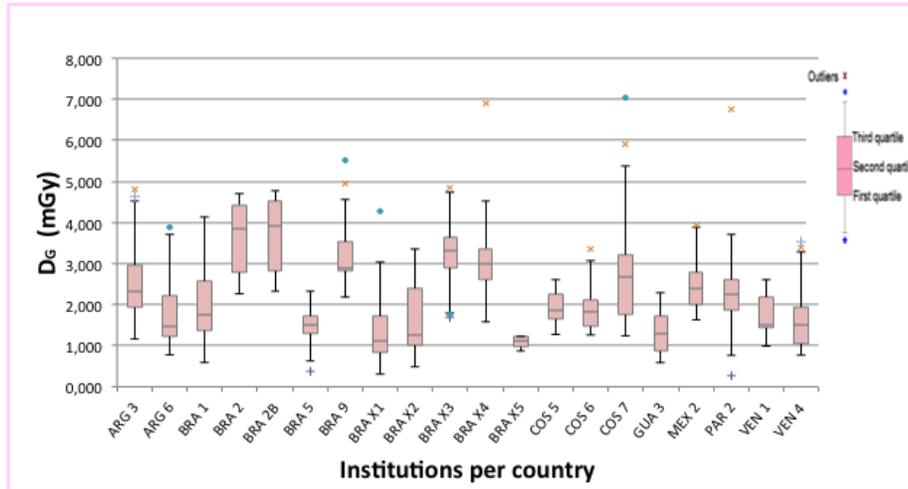
PAIS	RLA /9/057	RLA /9/067		TOTAL
	Analógico	Analógico	Digital	
ARG	1	2	2	5
BRA	10	1	10	21
CHI	2	1	-	3
COS	4	-	3	7
CUB	-	1	-	1
ECU	1	-	-	1
GUA	-	2	1	3
MEX	-	-	1	1
NIC	1	1	-	2
PAR	1	-	1	2
SAL	-	1	-	1
URU	4	-	-	4
VEN	-	-	2	2
TOTAL	24	9	20	53

Dosis glandular promedio para equipos analógicos de todo el proyecto (MLO)



Programa Regional del OIEA para América Latina

Dosis glandular promedio para equipos digitales de todo el proyecto (MLO)



Resultados FINALES RLA/9/(057 y 067)						
Country	CC			MLO		
	Analog	CR	DR	Analog	CR	DR
ARG	3.37	2.21	2.96	4.14	2.15	3.06
BRA	2.97	2.80	3.31	3.44	3.03	3.46
CHI	3.89	-	-	4.30	-	-
COS	1.98	3.20	2.24	3.36	3.97	2.70
CUB	1.18	-	-	1.73	-	-
ECU	1.27	-	-	2.22	-	-
GUA	1.32	1.73	-	1.94	1.95	-
MEX	-	-	2.77	-	-	2.80
NIC	2.11	-	-	2.46	-	-
PAR	1.62	-	2.61	2.18	-	*
SAL	0.85	-	-	1.35	-	-
URU	2.62	-	-	3.06	-	-
VEN	-	2.17	1.94	-	2.89	1.75
REGIONAL	2.63	2.59	2.93	3.17	2.78	3.04

3.3.1 Impactos del Proyecto

- Primer banco de datos con los niveles orientativos de dosis en mamografía para las proyecciones cráneo caudal y medio lateral media (para una muestra cercana a las 1000 pacientes).
- Los países participantes cuentan con la metodología, equipamiento, hojas de cálculo y personal capacitado para la obtención de niveles orientativos de dosis.
- Software que permite la implementación del TECDOC1517 disponible para todos los países.
- Capacitación a médicos, tecnólogos y físicos médicos en el tema de justificación y optimización en estudios de mamografía.
- Concientización de los esfuerzos necesarios para garantizar la calidad de la imagen al realizar el cambio a equipos digitales.

3.3.2 Recomendaciones de buenas prácticas para la protección del paciente en Mamografía.

Los principios de justificación y optimización deben implementarse en la instalación médica para obtener una imagen de calidad diagnóstica con la dosis adecuada de radiación.

A continuación se enumeran unas recomendaciones generales que se pueden resumir en equipo mamográfico funcionando correctamente, personal con capacitación, establecimiento de programas de control de calidad y mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos mamográfico.

a. Mamografía Analógica

- Procurar la capacitación continua del personal (médico, físico médico y tecnólogo).
- Mantener un adecuado almacenamiento de los insumos radiográficos (condiciones de temperatura, humedad y niveles de radiación).
- Procurar la limpieza continua del cuarto oscuro y garantizar condiciones de buena ventilación.
- Revisar el cuarto oscuro para que no existan entradas indeseables de luz y que las luces de seguridad tengan una potencia menor a los 15 watts.

Programa Regional del OIEA para América Latina

- Realizar la sensitometría diariamente.
- Mantener las pantallas siempre limpias y verificar la uniformidad entre el lote.
- Verificar dentro de las actividades de un programa de control de calidad factores propios del tubo de rayos x tales como kVp, EHR, rendimiento, tiempo y compresión.
- Verificar el buen funcionamiento del control automático de exposición.
- Garantizar que la que el sistema de colimación y de compresión trabajen adecuadamente.
- Interpretar las mamografías en un ambiente con las condiciones de iluminación adecuadas.
- Visualizar las mamografías con negatoscopios especiales de mamografía y lo mas uniformes entre sí.
- Realizar estudios de tasa de rechazo de las placas periódicamente para identificar posibles acciones correctivas.
- Utilizar maniqués para la verificación de la calidad de la imagen.
- Garantizar que las dosis glandulares estén por debajo de los valores recomendados internacionales.
- Evitar repetición de exámenes.
- Establecer programas de aseguramiento y control de calidad.

b. Mamografía Digital

Adicionalmente de los puntos anteriores que pudieran aplicar, se sugiere:

- Durante el proceso de la compra verificar que el equipo haya sido aprobado por organismos tales como la FDA y EUREF.
- Garantizar la compatibilidad de todos los componentes (por ejemplo: software, estaciones de trabajo y diagnóstico, sistema PACs/RIS e impresoras).

Programa Regional del OIEA para América Latina

- Garantizar que los monitores de las estaciones diagnósticas cumplan con las especificaciones para mamografía digital.
- Garantizar para equipos para diagnóstico cuenten con punto focal pequeño, posibilidad de realizar magnificaciones y de ser necesario aditamentos para realizar biopsias.
- Revisar que el sistema soporte la cantidad de volumen de imágenes necesarias para la práctica hospitalaria.
- Debido a la nueva tecnología digital asegurar el eficiente mantenimiento local.
- Considerar el modo como las imágenes serán reportadas y enviadas a los médicos referentes (hard y soft copy).
- Considerar contar con negatoscopios disponibles para la revisión de mamografías analógicas anteriores.
- Garantizar que los monitores y las impresoras cumplan con los estándares DICOM.
- Asegurar que los parámetros de adquisición puedan ser enviados a la cabecera DICOM (kVp, ánodo/filtro, compresión, mAs, grosor), adicionalmente también el valor de kerma en aire y la dosis glandular.
- Asegurar que se puedan exportar imágenes no procesadas para pruebas de control de calidad
- Asegurar que el sistema permita importar imágenes DICOM de pruebas de control de calidad.
- Para sistemas CR implementar los procesos de borrado diario y profundo según el fabricante
- Mantener los requerimientos de control ambiental como temperatura y humedad acordes con las recomendaciones del fabricante.
- Para sistemas CR, asegurar la correcta calibración del Control de Exposición Automático.

3.4 Tomografía Computada

Introducción

En los últimos años fue observado un crecimiento significativo de los números de equipo de tomografía computadorizada en América Latina. Los centros de la región disponen de las tecnologías más avanzadas, siendo los sistemas multicortes predominantes en los servicios de imagen.

Los recursos ofrecidos por la tomografía y su amplia aplicación en las diferentes áreas de la medicina ha llevado a un aumento en la frecuencia de los exámenes tanto de pacientes adultos como pediátricos y consecuentemente en las dosis colectivas.

Considerando las magnitudes de las dosis involucradas en los exámenes de tomografía y los riesgos asociados, especial atención debe ser dada a este procedimiento principalmente para pacientes pediátricos.

A pesar de todos esfuerzos que están siendo realizados en todo mundo, en América Latina hasta hoy son limitadas las informaciones disponibles con respecto: al número y tipo de equipos, frecuencias de exámenes, registro de las técnicas utilizadas y de las dosis empleadas en los exámenes. Estas informaciones son esenciales para la determinación de los niveles de referencia como también para posibilitar acciones de optimización en los hospitales.

Considerando el impacto de esta tecnología en América Latina, los objetivos de este estudio fueran:

1. Evaluar los parámetros de técnicas empleadas para adultos y niños en exámenes de cabeza, tórax, tórax de alta resolución, abdomen y pelvis.
2. Estimar la frecuencia de los exámenes de TC.
3. Estimar las dosis a partir de los valores tabulados de $nCTDI_w$

Materiales y Métodos utilizados

Recolección de datos

Los físicos de cada país previamente entrenados fueron a cada institución participante obtener junto a los técnicos informaciones con respecto a características de las instituciones, personal y equipos y los protocolos de rutina empleados en los principales exámenes (cráneo, tórax común y de alta resolución, abdomen superior y pelvis) para adultos (1,60 – 1,70 m, 65 – 75 kg) y niños

Programa Regional del OIEA para América Latina

(menores de 1 año y de 7 años de edad). Un formato especialmente para esto registro fue preparado.

Los factores técnicos registrados fueran: kV, mAs, tipo de adquisición (Axial o Helicoidal), colimación (mm), espesor de corte y pitch (o incremento entre cortes, para axial), número de cortes por rotación y para cada procedimiento fue requerido el número promedio de exámenes realizados por año.

Participaran de este estudio 11 países de América Latina: Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Cuba, El Salvador, México, Nicaragua, Paraguay, República Dominicana y Venezuela, con un total de 27 centros de diagnóstico por imagen.

Magnitudes dosimétricas estimativa de dosis absorbida

Para la realización de las mediciones, se envió a los países participantes de la tarea de Tomografía el siguiente equipamiento:

- a. Dosimetría: dos fantomas cilíndricos de acrílico (cráneo 16 cm y cuerpo 32 cm) y un conjunto dosimétrico con la cámara de ionización tipo lápiz y un electrómetro.
- b. Evaluación de calidad de imagen, se envió un fantoma Gammex 456.

Los valores de $nCTDI_w$, $CTDI_{vol}$ y DLP fueran obtenidos a partir de las lecturas realizadas y de los factores de técnica de la rutina de cada clínica. Las siguientes ecuaciones fueran las utilizadas:

$$nCTDI_w \left(\frac{mGy}{mAs} \right) = \frac{1}{3} nCTDI_{100,c} + \frac{2}{3} nCTDI_{100,p} \quad 1)$$

$$CTDI_{vol}(mGy) = \frac{nCTDI_w \times mAs}{pitch} \quad 2)$$

$$DLP(mGy.cm) = CTDI_{vol}(mGy) \times L(cm) \quad 3)$$

Donde, $CTDI_{100,p}$ e $CTDI_{100,c}$, son las dosis en la periferia y centro del simulador.

Las dosis absorbidas en los órganos (H_T) fueran calculadas utilizando la planilla de ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator versión 1.0.2 24/08/2010 y los factores de NRPB SR250 para la estimativa de dosis absorbida e efectiva.

Resultados Obtenidos

a) Características de los Hospitales Participantes

La Figura 11 presenta la distribución de los hospitales participantes por país.

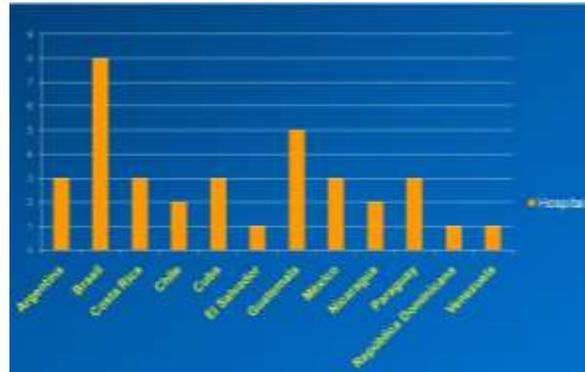


Figura 11: Hospitales participantes por País

El número de equipos de TC fue de 27 siendo 33% de corte único y 67% de multicortes (Figura 12). Los fabricantes Philips y Siemens presentaron el mayor número de equipos instalados.

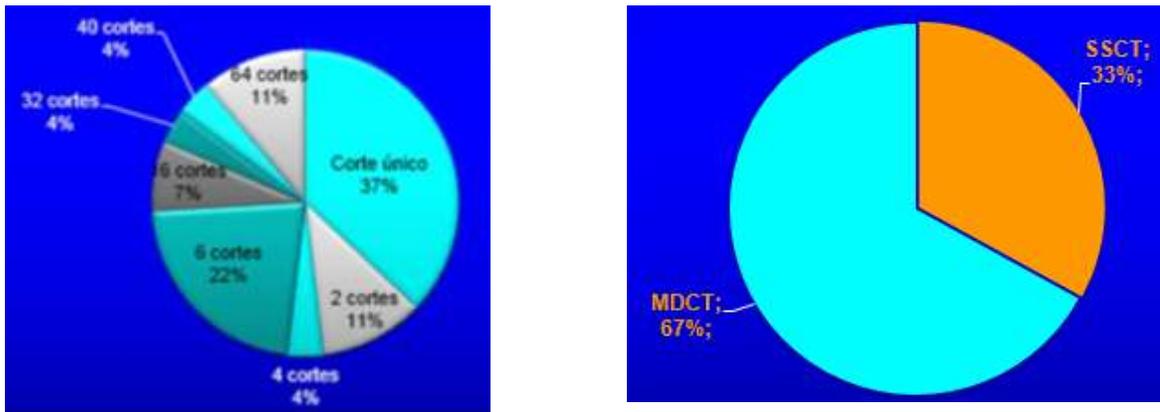


Figura 12: Equipos y sus características

Programa Regional del OIEA para América Latina

La distribución de los tipos de exámenes realizados y la frecuencia estimada fue verificada en cada centro para cada equipo. Los resultados están presentados en la Figura 13.

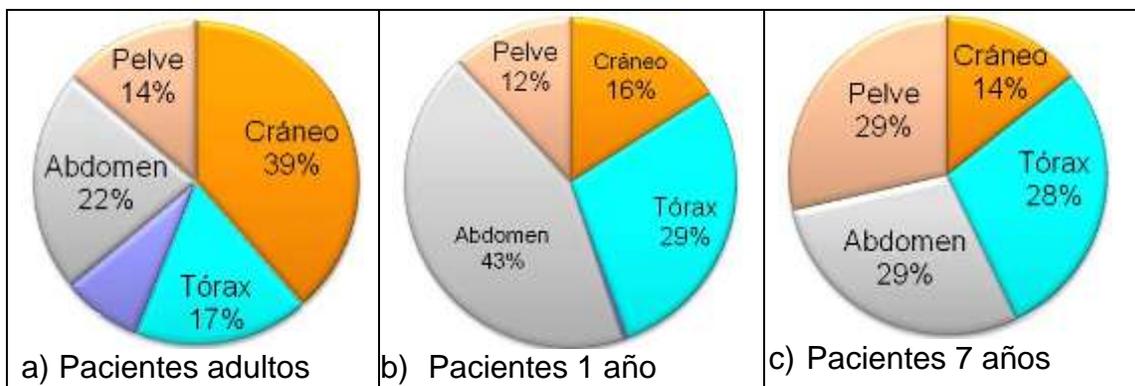


Figura 13. Distribución de la frecuencia de los exámenes para los diferentes rangos de edad.

Evaluación de requisitos de Radioprotección

La siguiente Tabla presenta la evaluación de la protección radiológica de los centros participantes.

Estado de la protección radiológica en los centros participantes

Requisitos de Radioprotección	Conforme
Registro de Manutención Preventiva	72%
Simuladores de calidad de Imagen para TC	88%
Programa de Garantía de Calidad da Imagen	35%
Protocolos para Pediatría	76%
Indicación luminosa en la puerta	79%
Señalización de radioprotección en la puerta	88%
Indicación sonora y de luz para indicar emisión de los rayos X	96%
Advertencias para mujeres grávidas	79%

Observase que más de 70% de los centros de diagnósticos evaluados atienden a los requisitos mínimos de protección radiológica, pero solamente 35% dos centros disponen de un Programa de Garantía de Calidad da Imagen. También es importante resaltar que en apenas dos centros disponen de un físico médico especialista en radiodiagnóstico.

Evaluación de las dosis en los exámenes de rutina CTDI vol

La distribución de los valores del CTDI_{vol} obtenidos a partir dos factores de técnica informados está presentada en la Figura 14.

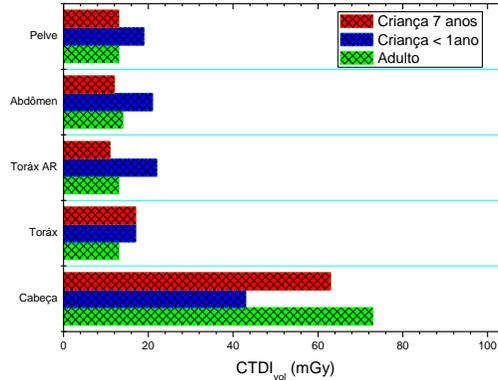


Figura 14: Valores promedios de CTDI_{vol} para cada protocolo y rango de edad

Los resultados demuestran que el valor promedio de CTDI_{vol} para los protocolos tórax, abdomen y pelvis de pacientes pediátricos menores que 1 año fueran 30% superiores a los protocolos de adultos y de niños de 7 años. Para los protocolos de cráneo el valor promedio de CTDI_{vol} para pacientes adultos fue 40% mayor que o de niños menores que 1 año y 14% mayor que niños de 7 años. La comparación de los valores de CTDI_{vol} de referencia de diferentes países por rango de edad para los exámenes de cráneo y tórax puede ser observada en la Figura 14.

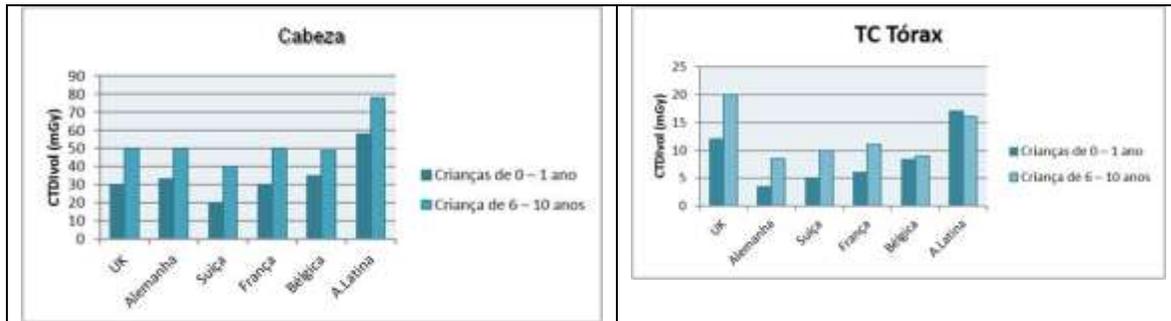


Figura 15: Comparación de los valores de CTDI_{vol} por rango de edad para los exámenes de cráneo y tórax

a. Comparación del $CTDI_{vol}$:Cabeza

Los valores de $CTDI_{vol}$ y DLP obtenidos en todos los exámenes pediátricos fueran superiores a los obtenidos en centros europeos. Los exámenes de cráneo para todos los rangos de edad estudiados presentaran valores de $CTDI_{vol}$ superiores a 40% en relación a los niveles de referencia encontrados en países europeos. Los valores de DLP para pacientes adultos fueran superiores a 30 % del nivel de referencia europeo y los pacientes pediátricos presentan valores 50% superiores.

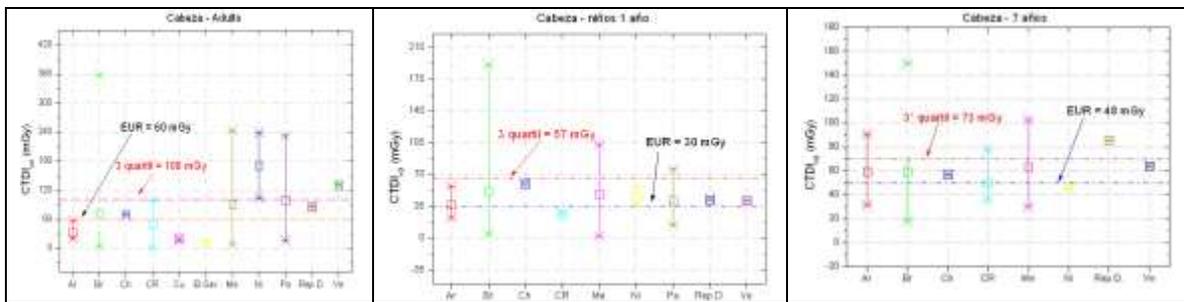


Figura 16: Comparación de los valores de $CTDI_{vol}$ para examen de cabeza por rango de edad

b. Comparación del $CTDI_{vol}$: Tórax

La diferencia máxima encontrada de los valores de $CTDI_{vol}$ para exámenes de tórax (Figura 7) fue de 13,5 mGy para pacientes de 0-1 año; 7,5 mGy para niños de 6-10 años y 8 mGy para adultos. En relación al DLP la diferencia máxima fue de 359 mGy para niños de 0-1 año, 203 mGy para niños de 6-10 años y 160 mGy para pacientes adultos.

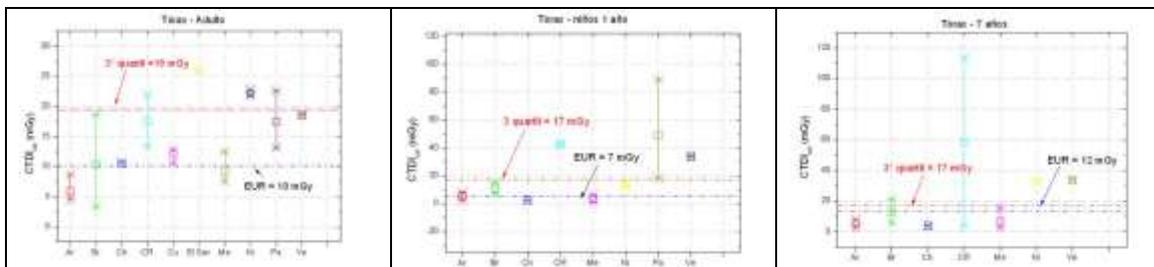


Figura 17: Comparación de los valores de $CTDI_{vol}$ para examen de tórax por rango de edad

c. Comparación del $CTDI_{vol}$: Abdomen

Para exámenes de abdomen y pelvis, los pacientes pediátricos (0-1 año) presentaran valores de $CTDI_{vol}$ e DLP superiores a 60% en relación a los países europeos. Los pacientes adultos presentaran os valores de $CTDI_{vol}$ yDLP superior a 16% y 55% inferior, respectivamente al nivel de referencia. Es importante resaltar que los valores de referencia europeos son para exámenes de abdomen total, o sea, región pélvica y abdominal, con longitud de barrido superior al abdomen superior y pelvis.

Dosis absorbida en los órganos

La Figura 18 presenta los valores promedio de dosis absorbida en los órganos más radiosensibles para cada tipo de examen.

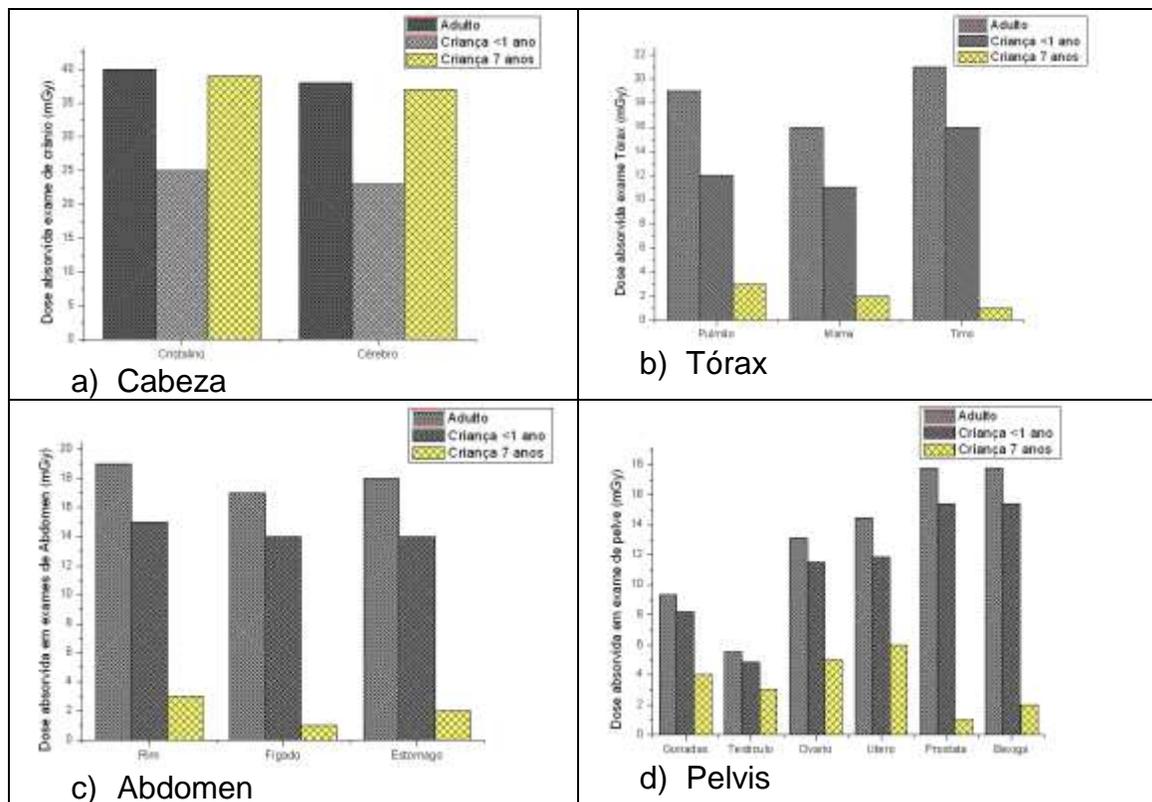


Figura 18: Dosis absorbidas promedio en diferentes órganos en los diferentes tipos de exámenes

Programa Regional del OIEA para América Latina

En la simulación con Monte Carlo es utilizado un paciente adulto con 1,70 m de altura y 70 kg como referencia. Todavía, mismo considerando este hecho, los factores de técnica empleados para pacientes pediátricos con (0-1 año) mostraran valores de dosis absorbida en los órganos apenas 10% inferior al de los adultos.

La Figura 17 obsérvese que el valor de dosis absorbida en el cristalino y cerebro en exámenes de cráneo fueran los más elevados 40 mGy para pacientes adultos y niños con 7 años y de 25 mGy para niños menores que 1 año.

Conclusión

- Los requisitos mínimos de radioprotección fueran atendidos en 70% de los centros evaluados.
- En solo 35% de los centros hay un PGC implementado.
- De los 27 centros, solamente en 2 trabajan físicos médicos.
- A pesar de la mayoría de los centros afirmar que disponen de protocolos pediátricos, los valores de $CTDI_{vol}$ para niños fueran 30% superiores a los valores obtenidos para adultos.
- Los exámenes de cráneo fueran los más recurrentes para adultos y abdomen/pelvis para los pediátricos.
- Los valores de $CTDI_{vol}$ para exámenes de abdomen/pelvis para niños con edad inferior a 1 año fueran superiores a 30% de los adultos.
- Los valores de referencia preliminares obtenidos para América latina para todos los exámenes de adultos y niños fueran superiores a referencias internacionales.

3.4.1 Impactos del Proyecto

- Obtención de una estimativa de las dosis en los pacientes adultos y pediátricos sometidos a exámenes de TC.
- Verificación de la expresiva diferencia de las dosis empleadas en el mismo tipo de examen.
- Demostración de que las dosis en pacientes pediátricos son superiores a de los adultos debido a aplicación de protocolos inadecuados.
- Definición de un protocolo padrón para determinar los niveles de referencia en tomografía (metodología, equipamiento, hojas de cálculo).

Programa Regional del OIEA para América Latina

- Capacitación a médicos, tecnólogos y físicos médicos.
- Concientización de la importancia de la optimización en TC.
- Verificación del alto potencial que existe para lograr reducción de dosis.

3.4.2 Recomendaciones de buenas prácticas para la protección del paciente en Tomografía.

- Especial atención debe ser considerada de manera a asegurar la aplicación de los principios de justificación y optimización, especialmente para pacientes pediátricos. Estudios demuestran que muchos exámenes son injustificados y que técnicas alternativas podrían ser empleadas.
- Los avances tecnológicos y las herramientas nuevas de optimización disponibles en los equipos requieren una capacitación continua del personal (médico, físico médico y tecnólogo).
- Disponer de un programa de Garantía de Calidad.
- Hacer estudios de las dosis en pacientes sometidos a los principales exámenes de manera a posibilitar a optimización de los protocolos.
- Cuidado especial con los niños. Están siendo utilizados protocolos de adultos en niños resultando en dosis innecesariamente altas.

3.5 Intervencionismo

De acuerdo a la metodología utilizada, el trabajo fue dividido en 3 fases de recolección de datos.

En la FASE I del proyecto fueron obtenidas informaciones sobre el parque de equipos y de las condiciones de protección radiológica en las diversas instituciones participantes con base en las respuestas registradas en una plantilla enviada a los participantes. Participaron: Brasil, Venezuela, Uruguay, Nicaragua, México, Honduras, Guatemala, El Salvador y Costa Rica.

En la FASE II del proyecto fue obtenida una estimación de las dosis recibidas por los pacientes adultos debido a los procedimientos cardiológicos de diagnóstico o de terapia utilizando películas radiocrómicas. En las áreas de las películas con mayor exposición fue estimado el kerma en el aire de la superficie de entrada en la piel utilizando la tira patrón de referencia de dosis o la curva de calibración de dosis de la película. Los datos fueron comparados a los valores de dosis máximas en la piel registrados en los equipos al final del procedimiento. Fueron registrados

Programa Regional del OIEA para América Latina

los datos del paciente (sexo, edad, estatura y peso) y del procedimiento (tiempo de fluoroscopia, número de cuadros, número de series, tipo de procedimiento) en los países: Brasil, El Salvador, México, Venezuela y Costa Rica.

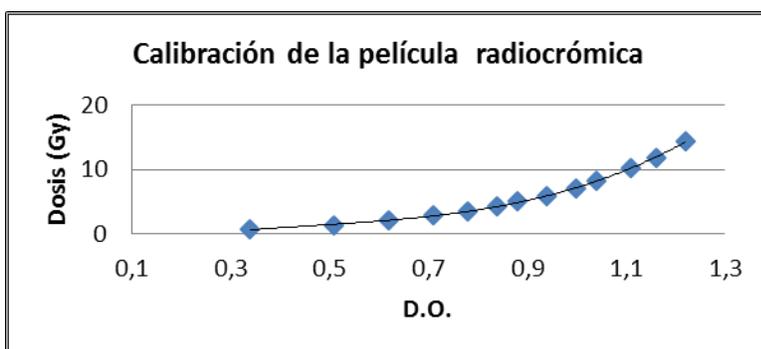
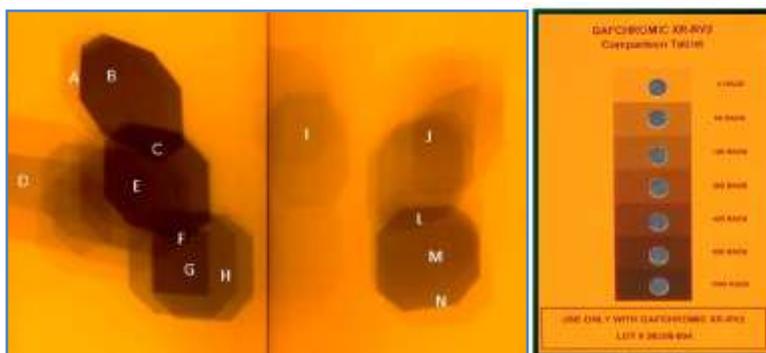


Imagen de distribución de áreas irradiadas en la película radiocrómica, tira de referencia de dosis y ejemplo de curva de calibración de la película.

Fue también solicitado a los participantes que enviaran las fotografías de las películas, lo que permitió verificar las principales regiones de incidencia del haz de radiación X en las cuales fueron registrados los mayores Kerma/aire en la entrada de la piel.

En la FASE III del proyecto se obtuvo una estimación de las dosis acumuladas en los exámenes más frecuentes realizados en Brasil y México y del producto kerma-área. Para tal fue necesario un medidor de DAP o PKA (producto kerma/área o producto dosis-área) para la recogida de datos de una muestra representativa de pacientes adultos de cardiología.

Resultados

Los equipos en funcionamiento en las diversas instalaciones varían en marca/modelo/año de fabricación. De los 22 equipos descritos solamente 2 poseen menos de 5 años de fabricación, siendo 10 fabricados entre 2003 y 2013 y 12 fabricados entre 1993 y 2002. Algunas instalaciones no poseen programa de garantía de calidad y de mantenimiento preventivo de los equipos.

Datos relativos a los dispositivos de protección disponible en las instalaciones muestran que hay fallas de la protección individual y colectiva en diversas instalaciones, como ejemplo: número insuficiente de delantales y no existencia de mampara de techo. Con la excepción de una instalación, en todas las demás fue registrada la existencia de control dosimétrico ocupacional por medio de dosímetros TLD - termoluminiscentes suministrados a los médicos y técnicos.

El kerma-aire en la superficie de la piel fue obtenida en 5 países en cerca de 180 pacientes (71% hombres), en la faja de edad entre 65 y 73 años, sometidos a procedimientos de diagnóstico (45%), terapéutico (27%) y ambos (26%). Del total de los pacientes 39% habían se sometido a exámenes anteriores y 22% presentaban factor de riesgo debido a Diabetes Mellitus Tipo II.

La distribución dos valores de kerma-aire en la entrada de la piel, estimados con la película, considerando todos los procedimientos varió de 50 - 150 cGy para 60% de los pacientes y de 200-450 cGy para 31 % de los pacientes.

Los datos estadísticos relativos a los valores de 3^{er} cuartil, considerando los procedimientos de diagnóstico y terapia en los 5 países fueron:

Kerma-aire en la piel: 400 a 700 cGy, tiempo de fluoroscopia: 600s a 1600s y número de cuadros gravados: 900 a 2600.

Las fotografías de las películas, permitió verificar las principales regiones de incidencia del haz de radiación X que representan de 40 a 46% de las incidencias. Fue posible verificar una diversidad en la selección de las proyecciones.

Los datos de 3^{er} cuartil relativos al producto kerma-aire x área (PKA), fueron: 180 Gy.cm² en los procedimientos diagnósticos asociados a terapéuticos realizados en México y 80 Gy.cm² en procedimientos diagnósticos realizados en Brasil.

Conclusión

En el caso de procedimientos intervencionistas tanto en los procedimientos de diagnóstico como en los terapéuticos son utilizadas una variedad de técnicas y de condiciones geométricas que dificultan establecer valores orientativos de dosis que permitan evaluar los riesgos de efectos estocásticos y de reacciones adversas

Programa Regional del OIEA para América Latina

en la piel. La distribución de las dosis es amplia y dependiente de la complejidad del procedimiento. Hay que hacer un control rutinario sobre los datos técnicos de los procedimientos para obtener un valor representativo o de referencia de dosis en estos procedimientos.

El concepto de niveles de referencia en intervencionismo establecido para una institución individual puede ser útil para ofrecer asistencia para pacientes sometidos a procedimientos largos y complejos por medio del seguimiento, en tiempo real, de las dosis. Se pueden hacer mediciones con películas radiocrómicas o se puede registrar las dosis máximas acumuladas al final del procedimiento y el valor de PKA, ambos proporcionados por el equipo. Los registros de las dosis posibilitan a los médicos se familiarizaren con las dosis y se concienticen de la importancia del proceso de optimización de la protección.

Las dosis recibidas por los profesionales en la sala de exámenes dependen de varios factores, entre los cuales se destacan la complejidad del procedimiento, la tecnología disponible, las condiciones técnico/operacionales, el uso de dispositivos de protección colectiva e individual, así como la experiencia del médico intervencionista. Es muy importante que se tenga un programa de entrenamiento continuo de los profesionales involucrados como estrategia de implementación del concepto de cultura de la seguridad.

3.5.1 Recomendaciones de buenas prácticas en procedimientos Intervencionistas

La gestión de las dosis en exámenes en los cuales se utiliza la fluoroscopia exige de los profesionales un dominio sobre las características técnicas y operacionales del equipo radiológico. Una medida simple que puede contribuir para reducir la exposición del paciente es la colimación por medio de la restricción del tamaño del área irradiada.

A continuación detallamos los puntos que deben ser recordados con relación a factores geométricos:

- La atenuación aumenta con el espesor del paciente lo que hace que la dosis en la entrada de la piel del paciente sea mayor en proyecciones craneal y caudal.
- La variación del lugar o punto de incidencia de la radiación en la piel puede contribuir para minimizar el riesgo de daños. El movimiento del haz puede ayudar a evitar radiolesiones en la piel.
- Posicionar la región de interés en el isocentro evita el reposicionamiento del paciente y la exposición en proyecciones innecesarias.
- Aproximar al paciente del tubo aumenta considerablemente la dosis en la entrada de la piel.

Programa Regional del OIEA para América Latina

- Reduciendo el campo de visión a la mitad, la tasa de dosis se multiplica por cuatro aproximadamente.
- El receptor de imagen lejano al paciente requiere aumento de la exposición en general por el aumento de la tensión proporcionando también degradación de la imagen. Por lo que se aconseja que posicione lo más cerca posible al paciente.
- La reducción del tamaño da área irradiada es bueno para la calidad de la imagen y para reducción de las dosis. Adecuada colimación debe ser utilizada.

Con relación a parámetros operacionales, las dosis pueden ser minimizadas:

- Reduciendo el tiempo de exposición al más breve que permita cubrir las necesidades clínicas del examen.
- Reduciendo el número de series de cine innecesarias o el número de imágenes por serie.
- Reduciendo el uso innecesario del régimen de "alta calidad".
- Seleccionando tasa de adquisición de 15 fr/s o 30 fr/s.
- Utilizando técnicas para congelar la imagen.

Hay fuentes de exposición innecesaria como las intrínsecas a las deficiencias en los equipos y calibración. El control automático de la exposición no garantiza que la dosis mínima sea utilizada. Para esto es necesario calibrar el equipo considerando la mejor relación entre dosis y calidad de imagen establecida en el programa de garantía de calidad.

La Optimización debe prever a largo plazo los siguientes puntos:

- Verificar a través de las pruebas de constancia, el mantenimiento de las características técnicas y de desempeño de los equipos.
- Establecer e implementar patrones de calidad de imagen.
- Determinar los valores representativos de las dosis e implementar protocolos compatibles con la calidad diagnóstica o terapéutica.
- Implementar tecnología para medida de las dosis durante el procedimiento.

Programa Regional del OIEA para América Latina

- Incluir especialistas en protección radiológica en decisiones de selección de equipos.
- Propiciar entrenamiento y capacitación teórico y práctico.

Optimizar las dosis para el paciente da un beneficio directo a operadores una vez que la radiación esparcida en el ambiente es directamente proporcional a la dosis del paciente.

Recordemos siempre que ***“cuando protegemos al paciente, protegemos al trabajador”***

En efecto la mayoría de las medidas para proteger al paciente también protegen al personal. Ejemplos: duración de las escenas de fluoroscopia y cine, regímenes de bajas tasas de dosis, frecuencia menor de pulsos, menor distancia del paciente al detector de imagen, menor oblicuidad, memoria de última imagen, colimación sin radiación, conformadores del haz, atenuador en forma de cuña

La radiación secundaria a la que el profesional en sala de exámenes está expuesto dependerá primordialmente:

- Tiempo de fluoroscopia utilizado en el examen.
- Factores geométricos: distancias, angulación y colimación.
- Condiciones técnicas y operacionales utilizadas.
- Tecnología disponible y control de calidad.
- Uso de los dispositivos de protección individuales y colectivos.

3.6 Estudio RELID (Evaluación Retrospectiva de Lesiones en el Cristalino)

El cristalino del ojo es una de las partes más radiosensibles del cuerpo humano a las radiaciones ionizantes. La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) ya incluyó algunos casos de cataratas radioinducidas en profesionales médicos y personal de enfermería que había trabajado varios años realizando procedimientos intervencionistas guiados por fluoroscopia sin las medidas adecuadas de protección. En este informe del año 2000 (ICRP Publicación 85) ya contenía recomendaciones sobre la conveniencia de utilizar dos dosímetros personales, uno debajo del delantal plomado y otro encima, para estimar la dosis recibida por el cristalino, y la necesidad de que los profesionales

Programa Regional del OIEA para América Latina

que realizaran procedimientos intervencionistas tuvieran una formación específica en protección radiológica.

Desgraciadamente, la comunidad médica no prestó inicialmente, demasiada atención a estas recomendaciones y se siguió trabajando en muchos laboratorios de cateterismo, sin utilizar las medidas de protección adecuadas.

El Prof. Z. Haskal en Estados Unidos, promovió un estudio en Nueva York para detectar opacidades en cristalino, durante un congreso de radiología intervencionista celebrado en el año 2013. De los 59 radiólogos que participaron en el mismo, aproximadamente la mitad, resultaron con signos de lesiones iniciales por radiación.

Durante esos años, varios estudios epidemiológicos en astronautas, en personal médico expuesto a radiaciones, en pacientes de radioterapia, en los supervivientes de Hiroshima y Nagasaki y en los trabajadores del accidente de Chernobyl, además de los resultados de experimentos con animales, sugerían la posibilidad de que los umbrales de efectos deterministas (reacciones tisulares) en el cristalino fueran mucho más bajos que los que se consideraron inicialmente.

La ICRP, en sus nuevas recomendaciones del año 2007 (ICRP Publicación 103) ya alertó sobre la conveniencia de tomar más precauciones en determinadas prácticas en las que el cristalino pudiera estar expuesto a niveles relevantes de dosis, esperando disponer de más evidencias científicas antes de proponer formalmente un nuevo umbral de dosis para este tipo de efectos y el consiguiente posible nuevo valor del límite anual de dosis para el cristalino.

Con objeto de contribuir a esa evidencia científica que esperaba la ICRP, el OIEA decidió iniciar en el año 2008, un estudio de evaluación de dosis en cristalino y posibles lesiones por radiación en la comunidad médica del área de la cardiología intervencionista que denominó RELID (Retrospective Evaluation of Lens Injuries and Dose). El estudio se planteó en paralelo al gran esfuerzo que se estaba realizando durante esos años en la preparación de material de formación en protección radiológica (PR) para prácticas intervencionistas y en la impartición de cursos de formación para estos profesionales en Asia, en América, en África y en Europa, con el apoyo de expertos altamente cualificados.

Entre los años 2008 y 2011 se llevaron a cabo un total de 8 estudios de estimaciones de dosis y evaluación de lesiones en cristalino con la colaboración de varias sociedades nacionales e internacionales de cardiología intervencionista (como SOLACI: Sociedad Latinoamericana de Cardiología Intervencionista y NHAM: National Heart Association of Malaysia). Los estudios se realizaron en Bogotá (Colombia) en septiembre de 2008; en Kuala Lumpur (Malaysia) en abril de 2009; en Montevideo (Uruguay) en abril de 2009; en Varna y Sofía (Bulgaria) en Julio de 2009; en Bangkok (Tailandia) en diciembre de 2009; en Buenos Aires (Argentina) en agosto de 2010 y en Kuala Lumpur (Malaysia) e mayo de 2011.

Programa Regional del OIEA para América Latina

La metodología utilizada fue similar en todos los estudios: se elaboró un detallado cuestionario para conocer el tipo de procedimientos intervencionistas en los que estaban implicados los participantes, la carga de trabajo, los protocolos de los procedimientos, el tipo de equipos de rayos X utilizados, los años de trabajo, la utilización de dispositivos de protección, el uso de dosímetros personales, etc., además de posibles exposiciones médicas o solares que hubieran podido afectar a los ojos, así como determinadas patologías o la utilización de fármacos u otros que pudieran tener incidencia en la aparición de opacidades.

El cuestionario (y un consentimiento informado) fue cumplimentado por todos los participantes que voluntariamente aceptaban participar en el estudio.

Un grupo de especialistas de oftalmología, coordinados por un investigador experto en este tipo de lesiones, realizaron la evaluación de las lesiones en el grupo de voluntarios y en un grupo de control de personas no expuestas a radiaciones ionizantes (de edades similares).

En alguno de los estudios se realizaron pruebas de pérdida de visión en algunos de los profesionales que mostraban lesiones.

Un grupo de especialistas en Física Médica realizaron la estimación retrospectiva de las dosis de radiación que podrían haber recibido en el cristalino los profesionales (cardiólogos, personal de enfermería y personal técnico) y prepararon los trabajos científicos que se han publicado para la mayoría de los estudios RELID realizados.

Globalmente, se detectaron opacidades subcapsulares posteriores en un alto porcentaje de casos: entre el 40-50 en cardiólogos y entre el 20-40 en personal de enfermería y personal técnico. Las dosis estimadas en cristalino fueron en algunos casos del orden de algunos Sv después de varios años de trabajo sin utilizar dispositivos de protección. El uso de la dosimetría personal de forma regular resultó escaso o nulo en la mayoría de los casos, no siendo posible la medida real de las dosis recibidas en el cristalino.

Actualmente, el OIEA ha iniciado en un grupo de los profesionales con lesiones, un seguimiento de la evolución de las lesiones y del posible cambio en los hábitos de protección radiológica y dosimetría personal cuyos resultados iniciales se presentarán en el próximo congreso regional IRPA en Ginebra en junio de 2014. Se realizaron publicaciones relevantes a este tema que se incluyen en el listado correspondiente.

3.7 Medicina Nuclear

Fue diseñada por un grupo de expertos la Guía práctica para implementación en América Latina del Reporte de Seguridad del OIEA - SRS 63 sobre alta de pacientes que hayan recibido terapia con radiofármacos en medicina nuclear.

3.8 Radioterapia

Se llevaron a cabo actividades regionales y misiones de experto a los países que las solicitaron, con el objetivo de difundir la metodología anticipativa basada en técnicas de análisis de riesgo, para prevención de accidentes en radioterapia.

Al respecto de este tema se publicaron los siguientes OIEA-TecDoc's en idioma español:

- **1710/S - Programa nacional de Protección Radiológica en las exposiciones médicas** en coordinación y sinergia con el Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares y la OPS – Organización Panamericana de la Salud.
- **1685/S - Aplicación del método de la Matriz de Riesgo a la radioterapia** en coordinación y sinergia con el Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares.
- **1670/S - Análisis Probabilista de Seguridad de Tratamientos de Radioterapia con Acelerador Lineal** en coordinación y sinergia con el Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares.

Fue presentada a la región por medio de actividades regionales, y en sinergia también con el Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares el software SEVRRRA – Sistema de Evaluación del Riesgo en Radioterapia con la finalidad de facilitar la implementación de la Matriz de Riesgo.

4. Justificación

Fueron elaboradas las *Recomendaciones para Prescriptores de Exámenes de Diagnóstico por Imágenes*, considerando el principio de Justificación de la práctica, atendiendo lo dispuesto por el comité Directivo del Plan de Acción Internacional.

Este resultado del proyecto fue el producto de dos reuniones técnicas, llevadas a cabo en Buenos Aires en Abril 2010 y en Viena en Noviembre de 2011.

Programa Regional del OIEA para América Latina

En ellas fueron diseñadas las Recomendaciones tomando como referencia experiencias ya existentes a nivel regional e internacional pero integrando particularidades específicas de la región latinoamericana como lo son las enfermedades tropicales y además se incluyó un capítulo específico sobre radiología dental.

Considerando que la aplicación del principio de Justificación en Medicina es un asunto relevante y prioritario como quedara demostrada en la Conferencia Internacional de Bonn en 2012, el objetivo de este trabajo fue crear conciencia sobre la necesidad de aplicar convenientemente el balance riesgo beneficio al prescribir exámenes radiológicos.

5. Listado de Cursos y Talleres de Capacitación realizados en el marco de los Proyectos RLA9057 y RLA9067 / TSA 3

Las siguientes actividades fueron realizadas procurando cubrir con cada una de ellas todos los actores involucrados en la protección radiológica en medicina vale decir médicos, físicos médicos, técnicos y oficiales de protección radiológica.

1. Protección Radiológica en Radiología General (2007 en Costa Rica)
2. Protección Radiológica en Radiología Digital (2010 en Colombia y 2012 en Guatemala)
3. Protección Radiológica en Radiología Dental (2013 en Honduras)
4. Protección Radiológica en Tomografía Computada (2009 en Nicaragua y 2011 en Perú)
5. Protección Radiológica en procedimientos intervencionistas (2007 en Costa Rica, 2008 en Uruguay, 2009 en Brasil, 2011 en Cuba y 2012 en Nicaragua)
6. Protección Radiológica en Cardiología Pediátrica (2010 en Chile)
7. Protección Radiológica en Pediatría y Embarazo (2010 en México y 2012 en Brasil)
8. Protección Radiológica en Gastroenterología (2010 en Uruguay)
9. Protección Radiológica en PET/CT (2011 en Uruguay y 2013 en Argentina)
10. Prevención de Accidentes en Radioterapia y Aplicación de la Matriz de Riesgo (2009 en Chile, 2010 en Cuba, 2012 en México)

**Listado de Publicaciones generadas a partir de las tareas de los
Proyectos RLA9057 y RLA9067 / TSA 3**

- ❖ *“Patient Doses in Latin American Countries” – IFMBE, Proceedings 2009*
- ❖ *“IAEA TecDoc 1646 - Establecimiento de Niveles Orientativos en Radiografía General y Mamografía” – Abril 2010*
- ❖ *“Calibração do filme radiocrômico GAFCHROMIC XR-RV2 para radiologia”
Revista brasileira de física médica - 2010*
- ❖ *“Organ doses, radiation risks and image quality of x-ray thorax examinations
in Recife, Brazil” – INAC 2011*
- ❖ *“Dosimetria de pacientes e médicos em intervenções coronárias percutâneas
em Recife” - Pernambuco, Brasil 2011*
- ❖ *“Determination of Diagnostic Reference Levels (DRLs) in General
Radiography in Latin America” - Radiation Protection Dosimetry 2013*
- ❖ *“Organ doses and air kerma-area product from dental cone beam computed
tomography scanners” – Brazil 2013*
- ❖ *“Image Quality and Organ absorbed doses from chest digital radiographic
examinations of adult patients in Pato Branco, Brazil” - Radioproteção 2012*
- ❖ *“IAEA TecDoc 1517 Quality Control in Mammography Software” – IRPA 12 -
Argentina 2008*
- ❖ *“Mammography Practice Optimization in Latin American Countries” – IRPA
12 Argentina – Octubre 2008*
- ❖ *“Evaluación de la Dosis y la Calidad de Imagen en mamógrafos mediante el
maniquí ACR: experiencia latinoamericana del proyecto RLA/9/057” - XII
Congreso de la SEPR y XVII Congreso de la SEFM en Alicante, España
2009.*
- ❖ *“Esfuerzo regional en el marco del proyecto OIEA-RLA/9/067 para la
optimización de la mamografía digital” – IRPA Medellín 2010*
- ❖ *“Software para la implementación del OIEA-TECDOC 1517: Control de
calidad en mamografía” - IRPA Medellín 2010*

Programa Regional del OIEA para América Latina

- ❖ *“Latin American results in diagnostic mammography under IAEA Programme: Radiological Protection of Patients in Medical Exposure TSA3” – IRPA 13 Glasgow – Mayo 2012 and publication in Journal of Radiological Protection.*
- ❖ *“Evaluation of quality assurance in dental, mammography and conventional x-ray equipment in Recife-Brazil”- Radioprotecção - 2012.*
- ❖ *“Detección de lesiones tumorales en fosa posterior en imágenes de Tomografía Computarizada cerebral para diversas condiciones de adquisición: un enfoque preliminar” - Radioprotección 2010*
- ❖ *“Organ doses and risks of computed tomography examinations in Recife, Brazil” - Journal of Radiological Protection 2012*
- ❖ *“Estimation of patient dose in Computed Tomography procedures: an extension of IAEA Regional Project in Brazil” – ICMP 2011*
- ❖ *“Volume computed tomography air kerma index and image quality evaluation in Brazil” – Radiation Protection Dosimetry 2011*
- ❖ *“Avaliação da dose ocupacional e de pacientes adultos em procedimentos de angiografia cerebral” Radiologia Brasil. 2013*
- ❖ *“Practical implications of the RELID (Retrospective Evaluation of Lens Injuries and Dose) project in the radiation protection of medical professionals” – IRPA Finland 2010*
- ❖ *“Radiation cataract risk in interventional cardiology personnel” – Radiation Research Journal 2010.*
- ❖ *“Visual and numerical methods to measure patient skin doses in interventional procedures using radiochromic xr-rv2 films” – Radiation Protection Dosimetry 2011*
- ❖ *“Radiation Protection in Pediatric Interventional Cardiology: an IAEA pilot programme in Latin America” – Health Physics 2011*
- ❖ *“Network of Gastroenterologists in Radiation Protection in Latin American Countries” – Newsletters 2011*
- ❖ *“Prevención de las exposiciones accidentales en radioterapia. Experiencia del Foro Iberoamericano y del Proyecto Regional de OIEA en Latinoamérica RLA9067 - TSA 3, en la aplicación de los métodos de Lecciones Aprendidas y Matrices de Riesgo” – Congreso ALATRO 2011*

Programa Regional del OIEA para América Latina

- ❖ *“Correlação entre o valor de PKA acumulado e a dose máxima na pele do paciente estimada com filme radiocromico” - XVII Congresso Brasileiro de Física Médica. Salvador. 2012.*
- ❖ *“Skin Surface Doses in Cardiac Interventional Procedures Measured in Latin America Facilities: Regional IAEA Program” - IRPA Glasgow 2012.*
- ❖ *“Calibration of radiochromic films in different X-ray systems in the range of diagnostic radiology.” International Conference on Radiation Protection in Medicine, 2012. Bonn.*
- ❖ *“Produto kerma-área (PKA) registrados nos procedimentos de cardiologia intervencionista” – IRPA Río de Janeiro 2013.*
- ❖ *“Evaluation of active dosimeter dis type to measure personal dose equivalent hp10 in interventional cardiologic procedures”. - International Conference on Solid State Dosimetry – Recife 2013*
- ❖ *“Identification of patients requiring follow-up based on maximum skin dose estimated with radiochromic film in interventional cardiology procedures” - International Conference on Medical Physics. Brighton, United Kingdom. 2013.*
- ❖ *“Prevention of accidental exposure in radiotherapy: The Risk Matrix Approach” – Health Physics 2013.*

Listado de Trabajos de Tesis generadas a partir del Programa Regional

- ❖ *Laboratorio de control de calidad mamográfica (Lccm) – Argentina 2013*
- ❖ *Dosimetría em tomografía computadorizada de feixe cônico na odontologia – Brasil 2013 - Alumno: Marcos Ely de Andrade*
- ❖ *Estimativa da dose no paciente e na equipe médica em procedimentos intervencionistas de neuroradiologia – Brasil 2012 - Alumno: Neuri Lunelli*
- ❖ *Dosimetría em Radiocirurgia para tumores cerebrais – Brasil 2011 - Alumno: María da Salete Fonseca dos Santos Lundgren*
- ❖ *Estudio dosimétrico em cardiologia intervencionista: dose paciente e dose trabajador – Brasil 2011 - Alumno: María do Socorro Rocha da Silva*

Programa Regional del OIEA para América Latina

- ❖ *Implementação de um programa ativo de proteção radiológica no setor de hemodinâmica de um hospital universitário – Brasil - Alumno: Patrícia Lopes Barbosa*
- ❖ *Avaliação da exposição á radiação no cristalino do médico hemodinamicista em procedimentos intervencionistas – Brasil - Alumno: Antonio Carlos Moreira*
- ❖ *Estudo da dose absorvida no tratamentos de malformação arteriovenosa cerebral por meio de embolização sob fluoroscopia – Brasil - Alumno: Álvaro Villas Boas Castilho*
- ❖ *Implementación de métodos cuantitativos de análisis de la calidad de imagen en mamografía – Costa Rica 2013 - Alumno: Mariela Ruiz*
- ❖ *Estudio de calidad de imagen e índice de kerma en aire en tomografía computarizada – Costa Rica 2013 - Alumno: Yoira Acuña Soto*
- ❖ *Estimación de dosis en piel mediante el uso de películas radiocrómicas y radiográficas en pacientes que fueron sometidos a procedimientos intervencionistas – Costa Rica 2014 - Alumno: José Pablo Campos*
- ❖ *Evaluación de los parámetros Físicos e Implementación de controles de Calidad en Mamografía diagnóstica para un plan piloto de tamizaje de Cáncer de Mama en la Caja Costarricense del Seguro Social – Costa Rica 2013 - Alumno: Carolina Hernández Angulo*

6. Agradecimientos y Reconocimientos

Deseamos expresar un profundo agradecimiento a todas las contrapartes nacionales del programa regional, a los coordinadores de cada una de las especialidades médicas consideradas en el mismo, a los expertos externos, al personal del OIEA directamente involucrado tanto en el Departamento de Cooperación Técnica – División América Latina, como en el de Seguridad Radiológica y todos aquellos colegas que de una manera u otra han colaborado para el logro de los objetivos alcanzados.

Contrapartes Nacionales

- ❖ Susana Blanco – Universidad de Belgrano - Argentina
- ❖ Helen Khoury – Universidad Federal de Pernambuco - Brasil
- ❖ Edgar Saire – Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear - Bolivia
- ❖ Fernando Leyton y Oscar Edding – Instituto de Salud Pública - Chile
- ❖ Augusto Llamas y Rubén Darío Quintero – Instituto Nacional de Cancerología e Ingeominas - Colombia
- ❖ Patricia Mora – Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares – Universidad de Costa Rica
- ❖ Juan Cárdenas – Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones - Cuba
- ❖ Narkiss Almonte – Comisión Nacional de Energía - República Dominicana
- ❖ Yolanda Defaz – Hospital Oncológico SOLCA - Ecuador
- ❖ Carolina Escobar – Unidad Reguladora y Asesora para el uso de Radiaciones Ionizantes - El Salvador
- ❖ María Fonseca – Hospital Roosevelt - Guatemala
- ❖ Alejandro Maldonado – Hospital General San Felipe - Honduras
- ❖ Juan García Aguilar – Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares - México
- ❖ Norma Roas – Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua - Nicaragua

Programa Regional del OIEA para América Latina

- ❖ Nadja Benson, Marieta del Rosario y Raquel Bedoya – Ministerio de Salud - Panamá
- ❖ Mirtha Gamarra - Comisión Nacional de Energía Atómica - Paraguay
- ❖ Tony Benavente – Instituto Peruano de Energía Nuclear - Perú
- ❖ Daniel Blanco – Centro de Investigaciones Nucleares - Uruguay
- ❖ Ana Rosa Quintero - Hospital Oncológico Dr. Luis Razetti - Venezuela

Coordinadores de Área

- ❖ Susana Blanco - Coordinadora Radiología General Adulto
- ❖ Daniel Blanco – Coordinador Radiología General Adulto
- ❖ Helen Khoury –Coordinadora Radiología General Pediatría
- ❖ Patricia Mora – Coordinadora Mamografía
- ❖ Simone Kodlulovich - Coordinadora Tomografía Computada
- ❖ Regina Bitelli - Coordinadora Intervencionismo
- ❖ Juan García Aguilar - Coordinador Medicina Nuclear
- ❖ Alejandro Nader – Coordinador Radioterapia

Expertos Externos

- ❖ Pedro Ortiz López – ex jefe de la Unidad de Protección Radiológica del Paciente - OIEA
- ❖ Eliseo Vañó – Facultad de Medicina – Universidad Complutense de Madrid - España
- ❖ Ariel Durán - Facultad de Medicina - Universidad de la República - Uruguay
- ❖ Alfredo Buzzi – Sociedad Argentina de Radiología - Argentina
- ❖ Adlin López – Servicio de Medicina Nuclear – Hospital Ameijeiras – Cuba
- ❖ Erick Mora – Caja Costarricense de Seguro Social – Costa Rica

Programa Regional del OIEA para América Latina

- ❖ Fredy Somarriba - Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua - Nicaragua
- ❖ Cruz Duménigo - Centro Nacional de Seguridad Nuclear - Cuba

Personal del OIEA

- ❖ Eva Ciurana – Gerente de Programa
- ❖ Raúl Ramírez – Gerente de Programa y Oficial Técnico
- ❖ Alejandro Nader – Oficial Técnico