

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**

**FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE FISICA**



**TESIS**

Análisis dosimétrico en niveles de referencia de radiografía de tórax y columna lumbar en clínica radiológica de Chiclayo.

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO  
LICENCIADO EN FISICA

AUTOR

Bach. Cristian Agustín Burga Santa Cruz

ASESOR

DR. Luis Alberto Curo Maquen

LAMBAYEQUE-PERU  
2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Cristian Agustín Burga Santa Cruz', enclosed within a light gray rectangular border.

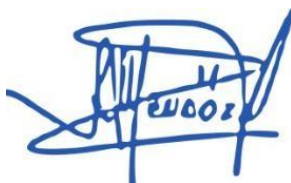
---

Bach. Cristian Agustín Burga Santa  
Cruz

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dr. Luis Alberto Curo Maquen', enclosed within a light gray rectangular border.

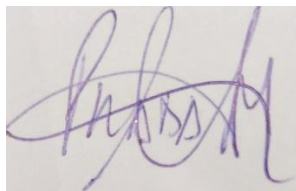
---

Dr. Luis Alberto Curo Maquen  
Asesor



---

Dr. Alfonso Ausberto Mendoza Gamarra  
Presidente



---

Lic. Fis. Francisco Solano Salazar Ordinola  
Secretario



---

Lic. Fis. Jose Hernán Prada Marchena  
Vocal

# ANÁLISIS DOSIMÉTRICO EN NIVELES DE REFERENCIA DE RADIOGRAFÍA DE TÓRAX Y COLUMNA LUMBAR EN CLÍNICA RADIOLÓGICA DE CHICLAYO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

4%

2

[www.argentina.gob.ar](http://www.argentina.gob.ar)

Fuente de Internet

2%

3

[www.bdigital.unal.edu.co](http://www.bdigital.unal.edu.co)

Fuente de Internet

1%

4

[vbook.pub](http://vbook.pub)

Fuente de Internet

1%

5

[www.coursehero.com](http://www.coursehero.com)

Fuente de Internet

1%

6

[www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

Fuente de Internet

1%

7

[dspace.esPOCH.edu.ec](http://dspace.esPOCH.edu.ec)

Fuente de Internet

< 1%

8

[www.elsevier.es](http://www.elsevier.es)

Fuente de Internet

< 1%



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Cristian Agustín Burga Santa Cruz  
Título del ejercicio: Quick Submit  
Título de la entrega: ANÁLISIS DOSIMÉTRICO EN NIVELES DE REFERENCIA DE RA...  
Nombre del archivo: tesis\_final\_1.docx  
Tamaño del archivo: 6.11M  
Total páginas: 64  
Total de palabras: 11,529  
Total de caracteres: 61,282  
Fecha de entrega: 16-abr.-2024 11:18a. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega... 2351785942

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE FÍSICA



TESIS

ANÁLISIS DOSIMÉTRICO EN NIVELES DE REFERENCIA DE  
RADIOGRAFÍA DE TÓRAX Y COLUMNA LUMBAR EN  
CLÍNICA RADIOLÓGICA DE CHICLAYO

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO  
LICENCIADO EN FÍSICA

AUTOR

Bach. CRISTIAN AGUSTÍN BURGA SANTA CRUZ

ASESOR

Dr. LUIS ALBERTO CURO MAQUÉN

LAMBAYEQUE-PERU  
2024

Dr. Luis Alberto Curo Maquén


## ***CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD DEL ASESOR***

Yo, Curo Maquen Luis Alberto, usuario revisor del documento titulado: ANÁLISIS DOSIMÉTRICO EN NIVELES DE REFERENCIA DE RADIOGRAFÍA DE TÓRAX Y COLUMNA LUMBAR EN CLÍNICA RADIOLÓGICA DE CHICLAYO Cuyo autor es: ~~Burga~~ Santa Cruz Cristian Agustín, Identificado con Documento de Identidad 43087292; declaro que la evaluación realizada por el Programa Informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de 18 %, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 10 de julio de 2024



---

FIRMA  
CURO MAQUEN LUIS ALBERTO  
DNI: 17594217



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DECANATO

Ciudad Universitaria - Lambayeque

LICENCIADA - RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DIRECTIVO N° 015 -2023-SUNEDU / CD



0074



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 50.-2024.-D/FACFyM

Siendo las 12:00 del día Martes 20 agosto del 2024, se reunieron los miembros del jurado evaluador de la Tesis titulada:

"ANÁLISIS DOSIMÉTRICO EN NIVELES DE REFERENCIA DE RADIOGRAFÍA DE TORAX Y COLUMNA LUMBAR EN CLÍNICA RADIOLOGICA DE CHILAYO"

Designados por Resolución N° 641-2023-VIRTA D/FACFyM de fecha 31 DE JULIO 2023

Con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

Alfonso Ausberto Mendoza Gamara

Presidente

Francisco Solano Salazar Ordóñez

Secretario

Jara Hernan Prada Marchena

Vocal

La tesis fue asesorada por (el) (la) Luis Alberto Coro Masqueñ, nombrado por Resolución N° 641-2023-VIRTA D/FACFyM de fecha 31 DE JULIO DEL 2023

El Acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 748-2024 D/FACFyM de fecha 30 DE JULIO DEL 2024

La Tesis fue presentada y sustentada por (el) (los) Bachiller (es): Cristian Agustin Burgo Santa Cruz y tuvo una duración de 30 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el Calificativo de Diecinueve (19) en la escala vigesimal, mención (MUY BUENO).

Por lo que queda(n) apto(s) para obtener el Título Profesional de Licenciado en Física, de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 1:10 pm se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto con la firma de los miembros del jurado.

Presidente

Alfonso Ausberto Mendoza Gamara

Vocal

Jara Hernan Prada Marchena

Secretario

Francisco Solano Salazar Ordóñez

Asesor

Luis Alberto Coro Masqueñ

## **Dedicatoria**

Con mucho cariño, amor y respeto, este trabajo de tesis, va dedicado, a mis seres queridos y amigos, quienes han sido, son y siempre serán, el motivo para seguir desarrollándome profesionalmente.

Con mucho júbilo, regocijo y una gran satisfacción, dedico a ellos este trabajo.

A mis padres, que son el motivo, la razón y la motivación para seguir soñando siempre con mi desarrollo profesional.

A mis hermanos, a quien quiero mucho, siempre están conmigo, en las buenas y malas, agradecido con ellos por darme siempre su confianza.

A mi novia, a quien amo mucho, agradecido con ella por todo su apoyo y siempre estar conmigo de una manera incondicional.



## **Agradecimiento**

En primer lugar, quiero comenzar agradeciendo a nuestro Señor Celestial, a Papá Dios, por darme aún lo más preciado de todo ser humano, la vida, la salud, sabiduría, pilares necesarios de cada ser humano, y así seguir cumpliendo con las metas a realizar.

Agradecido de por vida con mis padres, que son ese móvil, esa causa, esa razón, para seguir en este mundo terrenal, luchando con mucho ahínco, por los sueños a cumplir, por las metas trazadas, gracias por darme esa fuerza emocional, esa paz mental, que uno siempre requiere.

Agradecido, con mis hermanos, a quien amo, adoro inmensamente, por siempre estar a mi lado dándome esos sabios consejos de lucha, de perseverancia y de fe que todo se puede en esta vida.

Profundamente agradecido con mi asesor, Dr. Jorge Luis Curo Maquen, por su paciencia y sabia contribución en este difícil y a las ves, bonito camino del trabajo de tesis.

También, siempre agradecido con mis amigos, Eduardo Garnique Millones, Ivan Aurazo Carhuatanta, por su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento, y a mi amigo, Garnique, por su gran aporte en este trayecto de investigación.

## RESUMEN

El principal objetivo del estudio es analizar la dosimetría de los niveles de referencia en radiografía general tórax – columna lumbar en una clínica radiológica de Chiclayo. Los niveles de referencia en radiodiagnóstico, nos permiten brindar una mejor optimización de dosis en el paciente sin perjudicar la calidad de la imagen. La radiografía es una técnica de diagnóstico por imágenes que permite obtener una imagen en el interior del cuerpo, mediante el uso de rayos x de baja energía en grandes proporciones, brindando una buena calidad de la imagen, mejorando la determinación morfológica y márgenes. Los niveles de referencia obtenidos en la clínica radiológica de Chiclayo serán comparados con los de la ICRP para determinar si son óptimas para la protección del paciente. se recolectaron 50 exámenes de pacientes entre edades comprendidos (14 - 87 años) para estudios de radiografías de tórax, y (19-80 años) para estudios de columna lumbar, ambos estudios en proyecciones AP y LAT, se realizó una evaluación del equipo rayos X, para establecer que se encuentra con las condiciones óptimas para el uso a pacientes, se recopilamos imágenes que fueron aprobadas por el médico radiólogo especialista como parte clínica y un físico médico para la parte física y dosimétrica que se necesita para el estudio de esta investigación. Los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo de investigación, se obtuvo el PDA ( $17.06 \pm 8.46$ )  $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ ; para un Kv=117, una carga de ( $3.37 \pm 1.21$ )mAs y un tiempo de ( $8.35 \pm 5.97$ )ms para radiografía de tórax con proyección AP; para la proyección LAT se obtuvo un PDA ( $56.63 \pm 56.30$ )  $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ ; para un Kv=117, una carga de ( $11.20 \pm 10.91$ )mAs y un tiempo de ( $32.47 \pm 52.72$ )ms, finalmente en radiografía de columna lumbar el rango de edades de pacientes fue de (19-80) años, se obtuvo un PDA ( $213.37 \pm 133.64$ )  $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ ; para un Kv=80, una carga de ( $57.59 \pm 33.31$ )mAs y el tiempo de ( $145.79 \pm 123.06$ )ms. El análisis que se realizó en el presente trabajo de investigación, mostraron que los niveles de referencia que se obtuvieron en la clinica se encuentran por debajo de los valores establecidos por la ICRP, cumpliéndose como Niveles de referencia óptimos.

*Palabras clave:* ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica), NRD (Niveles de Referencia), PDA (Producto Dosis-Área), AP(anteroposterior), LAT(Lateral).

## ABSTRACT

The main objective of The study is to analyze the dosimetry of reference levels in general chest x-rays - lumbar spine at the CERIN clinic. The reference levels in radiodiagnosis allow us to provide a better dose optimization in the patient without impairing the quality of the image. Radiography is an imaging diagnostic technique that allows obtaining an image inside the body, through the use of low-energy x-rays in large proportions, providing good image quality, improving morphological determination and margins. The reference levels obtained at the CERIN clinic will be compared with those of the ICRP to determine if they are optimal for patient protection. 50 exams were collected from patients between the ages (14 - 86 years) for chest X-ray studies, and (19-80 years) for lumbar spine studies, both studies in AP and LAT projections, an evaluation of the X-ray equipment, to establish that it is in optimal conditions for use with patients, images were collected that were approved by the specialist radiologist as a clinical part and a medical physicist for the physical and dosimetric part that is needed for the study of this research. The results that were obtained in the present research work, the PDA ( $17.06 \pm 8.46$ )  $\mu\text{Gy. m}^2$ ; was obtained; for a Kv=117, a charge of ( $3.37 \pm 1.21$ )mAs and a time of ( $8.35 \pm 5.97$ )ms for chest radiography with AP projection; for the LAT projection, a PDA ( $56.63 \pm 56.30$ )  $\mu\text{Gy. m}^2$ ; was obtained; for a Kv=117, a load of ( $11.20 \pm 10.91$ )mAs and a time of ( $32.47 \pm 52.72$ )ms, finally in lumbar spine radiography the age range of patients was (19-80) years, a PDA ( $213.37 \pm 133.64$ )  $\mu\text{Gy. m}^2$ ; for a Kv=80, a load of ( $57.59 \pm 33.31$ )mAs and the time of ( $145.79 \pm 123.06$ )ms. The analysis carried out in this research work showed that the reference levels obtained in the clinic are below the values established by the ICRP, meeting optimal reference levels.

*Keywords: ICRP (International Commission on Radiological Protection), NRD (Reference Levels), PDA (Product Dose-Area), AP(anteroposterior), LAT(Lateral).*

# Índice

RESUMEN .....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCION .....	1
1. MARCO TEORICO .....	4
1.1 Términos fundamentales .....	4
1.1.1 Radiología .....	4
1.1.2 Radiografía General .....	4
1.1.3 La imagen radiográfica clásica.....	5
1.1.4 Características de la imagen radiográfica convencional .....	5
1.1.5 Interacción de los rayos X con la materia .....	6
1.1.6 Niveles de Referencia en diagnostico medico .....	6
1.1.7 Justificación.....	7
1.1.8 Optimización .....	7
1.1.9 Limitación .....	7
1.2 Física de la radiografía general .....	8
1.2.1 Efecto fotoeléctrico .....	8
1.2.2 Efecto Compton. ....	9
1.2.3 Producción de Pares. ....	10
1.2.4 Resolución Espacial .....	10
1.2.5 Función de Dispersión de Punto (PSF “Point Spread Function”)......	11
1.2.6 Resolución de Contraste.....	12
1.2.7 El Ruido .....	13
1.2.8 Rayos x.....	13
1.2.9 Tubo de rayos x.....	14
1.2.10 Generador.....	15
1.2.11 Kilovoltaje.....	15
1.2.12 Miliamperaje .....	15
1.2.13 Tiempo de exposición .....	15
1.3 Magnitudes y unidades dosimétricas.....	15
1.4 Kerma.....	16
1.5 Kerma en aire en la superficie de entrada <b><i>KS air</i></b> .....	16
1.6 Producto Kerma en aire –área ( <b><i>PkA</i></b> ).....	17
1.7 Exposición.....	17

1.8	Dosis absorbida.....	17
1.9	Dosis Equivalente <b>HTR</b> .....	18
1.10	Dosis efectiva.....	19
2.	MATERIALES .....	22
1.11	Equipo de radiografía convencional.....	22
1.12	Consola del equipo de Rayos X.....	22
1.13	Computadora procesadora de imagen .....	23
1.14	Calculadora .....	23
1.15	Imagen clínica.....	24
1.16	NOMEX multimeter .....	25
1.17	Programa DICOM - RADIANT .....	26
2	METODOLOGÍA .....	27
3	RESULTADOS .....	33
	Planteamiento de la investigación.....	42
3.1.1	Síntesis de la situación problemática .....	42
3.1.2	Formulación del problema de investigación .....	42
3.1.3	Hipótesis.....	43
3.1.4	Objetivos .....	43
4	Operacionalización de variable .....	44
5	DISCUSIÓN .....	45
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
7	REFERENCIAS.....	49

## INDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Equipo de radiografía general.....	4
Imagen 2. Niveles de referencia comunidad Europea .....	7
Imagen 3. Efecto fotoeléctrico .....	8
Imagen 4. Efecto Compton .....	9
Imagen 5. Producción de Pares .....	10
Imagen 6. Tamaño de Foco y Resolución.....	11
Imagen 7. Espectro de ondas electromagnéticas .....	13
Imagen 8. Tubo de rayos X.....	14
imagen 9. factores de ponderación de las energías .....	18
imagen 10. factores de ponderación de los tejidos .....	19
Imagen 11. Equipo de radiografía general.....	22
Imagen 12. Consola .....	22
Imagen 13. Computadora procesadora de imagen.....	23
Imagen 14. Calculadora .....	23
Imagen 15. Imagen Clinica.....	24
Imagen 16. NOMEX multimeter .....	25
Imagen 17. NOMEX dosimeter .....	25
Imagen 18. Programa DICOM - RADIANT .....	26

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 niveles de referencia .....	6
Tabla 2 valores radiografía convencional de tórax obtenidos en proyección AP.....	28
Tabla 3 valores radiografía tórax convencional obtenido en proyección LAT.....	30
Tabla 4 valores radiografía columna lumbar convencional obtenida en proyección AP ....	32
Tabla 5 resultados de las edades de los pacientes.....	33
Tabla 6 resultados del parámetro de la carga (mAs) en proyección AP.....	34
Tabla 7 resultados del parámetro de tiempo (s) en proyección AP .....	34
Tabla 8 resultados de la dosis PDA ( $\mu\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$ ) en proyección AP.....	35
Tabla 9 resultados del parámetro de la carga (mAs) en proyección LAT .....	36
Tabla 10 resultados del parámetro de tiempo (s) en proyección LAT.....	37
Tabla 11 resultados de la dosis PDA ( $\mu\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$ ) en proyección LAT .....	37
Tabla 12 resultados de las edades de los pacientes.....	39
Tabla 13 resultados del parámetro de la carga (mAs) en proyección AP.....	39
Tabla 14 resultados del parámetro de tiempo (s) en proyección AP .....	40
Tabla 15 resultados de la dosis PDA ( $\mu\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$ ) en proyección AP .....	40

## INTRODUCCION

La radiografía convencional es una técnica de diagnóstico por imágenes muy utilizadas para realizar estudios clínicos de forma bidimensional, para distintas estructuras del cuerpo, utilizan radiación ionizante de baja energía (KeV), sin embargo al ser utilizadas de manera inapropiada podría producirse algún efecto biológico al paciente, es por ello que se requiere establecer niveles de referencia para optimizar la dosis del paciente, cabe recalcar que el paciente no tiene límite de dosis según la protección radiológica, pero si debe poseer un nivel orientativo o referencia que permita optimizar la dosis en el paciente.

Según la (ICRP, 2017), mediante una de sus recomendaciones manifiesta que no se deben aplicar límites de dosis ni restricciones para pacientes individuales, esto podría provocar una menor eficacia del diagnóstico, lo que provocaría un perjuicio al beneficio. Los niveles de referencia han demostrado por medio de diversos estudios ser una herramienta efectiva que ayuda a la optimización de la protección radiológica en la exposición médica para pacientes sometidos a exámenes de diagnóstico por imágenes. La ICRP en su publicación 73 ha establecido niveles de referencia para diferentes tipos de radiodiagnóstico, estos niveles que se obtuvieron en radiografía de tórax en proyección AP fue de 0.3 mGy, en LAT fue de 1.5 mGy y para columna lumbar en proyección AP fue de 10 mGy, estos niveles de referencia son para pacientes estándar, para una buena protección radiológica de pacientes sometidos a pacientes de radiodiagnóstico médico.

Según (Touzet, 2001), los niveles de referencia son aquellos valores que son establecidos o estandarizados que sirven como valores comparativos de dosis de pacientes obtenidos durante una serie de exámenes de radiodiagnóstico y se deben establecer si los valores de dosis son las pertinentes para una determinada práctica, que permite optimizar la protección del paciente sin afectar la calidad de imagen. “La sociedad argentina de radiología es la institución que permite determinar la forma en que se debe establecer y aplicar los niveles de referencia en radiología, mamografía, Fluoroscopio y tomografía computada” (2001, pág. 1).



Según ( Estefanía Amaya Rios, Erika Muñoz Arango), realizaron un estudio denominado Determinación de los niveles de dosis DRL para diagnóstico de baja y media complejidad en Servicios especiales de Salud Hospital Universitario de Caldas de Colombia (SES-HUC), tuvo como objetivo establecer valores de referencia (DRL) internacionales para diferentes equipos de radiación ionizante en procedimientos de diagnóstico por imágenes. Sometiendo a paciente entre 21-80 años, a exámenes de radiografías y utilizando parámetros de tensión (kV=120); carga (mAs=1.49-9.15) y con imágenes para proyecciones de AP y LAT, Obteniendo como resultados para radiografía convencional, pacientes con peso entre 50-80 kg valores inferiores a 15dGy.cm<sup>2</sup>, y para pacientes con peso mayor a 80 kg valores de referencia inferiores a 27 dGy.cm<sup>2</sup>, concluyendo que sus niveles de referencia obtenidos que han sido arrojados son comparables con los publicados por otros autores u organismos internacionales.

Según (Angarita), quien realizo su tema de investigación denominado determinación de niveles de referencia para estudios de radiología convencional en el hospital universitario nacional de Colombia, afirmo que los niveles de referencia en radiología sirven como guía para asegurar las exposiciones de pacientes sometidos a la radiación ionizante mediante estos iniciar procesos de optimización, tuvo como objetivo optimizar los procesos de exposiciones en pacientes mediante los niveles de referencia para obtener una calidad de imagen aceptable, tomo muestras de 25 pacientes sometidos a radiografía de tórax y 18 para exámenes de columna lumbar con peso entre 60-80 kg y talla entre 1.55 a 1.75 m, para el estudio de tórax en la proyección AP utilizaron 100 kVp y 108 kVp, con una carga de 3.1 mAs hasta 10.1 mAs; y para LAT fueron 115 kVp y 116 kVp con carga de 4.4 mAs hasta 21.6 mAs, con una distancia de 1.80m, obteniendo como resultado niveles de referencia en DSE en AP = 3 mGy, LAT=1.5mGy; y para el estudio en columna lumbar se tomaron 18 pacientes para la proyección AP utilizaron 80 kVp, 88 kVp y 90 kVp con carga de 24 mAs hasta 72 mAs, con una distancia de 1 m, para la proyección LAT, utilizaron 70 kVp, 76 kVp y 83 kVp con carga de 26 mAs hasta 101 mAs obteniendo como resultado niveles de referencia en DSE en AP = 3.7 mGy, LAT=8.3mGy; concluyendo que los niveles de referencia obtenidos que los niveles de referencia obtenidos en el hospital universitario fueron inferiores a los niveles internacionales.

Según (D. Andiscoa, 2014), mediante su estudio de investigación “DOSIMETRIA EN RADIOLOGIA”, definió que el uso es cada vez mayor de las radiaciones para el diagnóstico por imágenes requiere un manejo adecuado de las dosis administradas a los pacientes para cada examen. La dosimetría en radiología es un tema muy difícil de abordar, pero es muy importante valorar completamente la dosis a utilizar. Es una respuesta adecuada a este problema, porque cada día hay una enorme conciencia sobre estos problemas en nuestro país. Planteando este artículo el cual describe las principales unidades de dosis utilizadas y las ilustra de forma sencilla utilizando valores de referencia internacionales conocidos.

Según (MSc. TM. Carlos Ubeda de la C, 2007), realizó un estudio de investigación denominado, “GARANTIA DE CALIDAD Y PROTECCION RADIOLOGICA EN LAS EXPOSICIONES MEDICAS DE EUROPA”, mediante el cual definió que la radiación médica es la mayor fuente de exposición a la radiación ionizante para la población mundial. Para ello, la Comunidad Europea ha desarrollado varios acuerdos destinados a regular estas actividades. En el mismo sentido, a través de una serie de reales decretos, España ha creado un marco legal que tiene en cuenta los aspectos amplios de la protección radiológica y los estándares de calidad de la irradiación médica, que puede servir de referencia para el desarrollo de estos temas en nuestro país.

El principal objetivo del estudio de investigación es analizar la dosimetría de los niveles de referencia en radiografía general tórax – columna lumbar en una clínica radiológica de Chiclayo. Los niveles de referencia en radiodiagnóstico son una herramienta muy importante cuya finalidad nos permiten brindar una mejor optimización de dosis en el paciente sin perjudicar la calidad de la imagen. La radiografía es una técnica de diagnóstico por imágenes que permite obtener una imagen en el interior del cuerpo, mediante el uso de rayos x de baja energía en grandes proporciones, brindando una buena calidad de la imagen, mejorando la determinación morfológica y márgenes. Estos niveles de referencia que se obtendrán en la clínica radiológica de Chiclayo serán comparados con los proporcionados por la comisión internacional de protección radiológica de la ICRP para determinar si estas son óptimas para la protección del paciente.

## 1. MARCO TEORICO

### 1.1 Términos fundamentales

#### 1.1.1 Radiología

Especialidad médica que se encarga de generar imágenes del interior del cuerpo mediante radiación ionizante y utiliza imágenes para el diagnóstico médico, que permite pronosticar posibles enfermedades tumorales o infecciosas. [17]

#### 1.1.2 Radiografía General

La radiografía es la técnica que, a través del uso de rayos X, permite obtener una imagen del interior del organismo. El término también se emplea para nombrar la foto generada con esta técnica.

*Imagen 1. Equipo de radiografía general*



*Fuente: radiografía general clínica CERIN*

### **1.1.3 La imagen radiográfica clásica**

El radiodiagnóstico médico es una técnica fundamental del diagnóstico por imágenes, en el que se obtienen patrones morfológicos que son observados en imágenes de estructuras anatómicas, para obtener las imágenes se emplean diferentes agentes físicos, tal es el caso de los rayos X, en la medicina para su uso exigen tecnología compleja, esta se debe por que el uso de radiaciones ionizantes conlleva a un riesgo radiológico, es por ello que están sometidas a una normativa por el riesgo que provocan, la tecnología de su generación, su uso y las dosis producidas por los rayos X, son materias a las que es preciso tomar atención, en el que se debe tomar como referencia el objetivo en la producción de imágenes para la formulación de diagnóstico médicos. El estudio de la imagen radiológica es ventajoso por razones metodológicas a partir de procedimientos más básicos y de más larga tradición en radiodiagnóstico. La radiografía clásica tiene como objeto la obtención de imágenes bidimensionales de las estructuras internas de la persona, mediante impresiones de placas radiográficas. Las placas o películas radiográficas sirven como detector de rayos X sobre el que se forma la imagen.

### **1.1.4 Características de la imagen radiográfica convencional**

La radiografía convencional es una técnica de obtención de imagen por transmisión, mediante la radiación que es emitida atraviesa la zona a explorar y finaliza alcanzando al detector, la radiografía convencional se enfrenta a los problemas típicos de optimización de un sistema de imagen, se busca conseguir dispositivos para el uso efectivo de los rayos X que son radiaciones ionizantes altamente tóxicos para el paciente y para los operadores, de igual manera es preciso limitar y controlar los elementos que puedan contribuir a degradar a relación señal-ruido.

### 1.1.5 Interacción de los rayos X con la materia

El haz de rayos X que se encuentra emergente en el tubo, se encuentra uniforme en un plano perpendicular a su eje, esta a su vez interacciona con el paciente en cual al atravesarlo emerge al otro lado del paciente como una información de las estructuras que se traduce a una imagen al incidir una película o receptor alternativo.

La radiación electromagnética interacciona con la materia, desde el punto de vista de la imagen que es formada por la interacción de los rayos X, en radiodiagnóstico emplean bases fundamentales como es el efecto fotoeléctrico y efecto compton.

### 1.1.6 Niveles de Referencia en diagnostico medico

Son valores estandarizados que permite realizar estudios de comparación de dosis en la práctica actual y que deberán cumplir con las principales medidas de protección radiológica como son la justificación, optimización y limitación de dosis. [13]

*Tabla 1 niveles de referencia*

NIVELES DE REFERENCIA				
técnica	protocolo	niveles de referencia	unidades	observaciones
radiografía	Tórax(lateral)	1,5	mGy	
radiografía	Abdomen(AP)	10	mGy	
radiografía	columna lumbar (lateral)	30	mGy	
radiografía pediátrica	Cráneo(lateral)	500	μGy	edad= 1 año
radiografía pediátrica	Cráneo(lateral)	800	μGy	5 - 15 años
radiografía pediátrica	Abdomen(AP)	1200	μGy	15 a/Haz vert
mamografía	Mama(lateral)	10	mGy	
mamografía	Mama(MLO)	10	mGy	
mamografía	Mama(CC)	10	mGy	
fluoroscopia	Modo normal	25	mGy/min	
fluoroscopia	Urografía intravenosa	40	mGy.cm <sup>2</sup>	
fluoroscopia	Abdomen	8	mGy.cm <sup>2</sup>	
tomografía computada	Cabeza(Rutinario)	60(1050)	mGy (mGy.cm)	CTDIw(compl)
tomografía computada	Trauma vertebral	70(460 )	mGy (mGy.cm)	CTDIw(compl)
tomografía computada	pelvis ósea	25(520 )	mGy (mGy.cm)	CTDIw(compl)

En el siguiente cuadro podremos consultar los documentos referidos a Niveles de Referencia producidos por los siguientes organismos y asociaciones profesionales:

- Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)
- Instituto de Ciencias Físicas en Medicina del Reino Unido (IPSM)
- Asociación Americana de Física Médica (AAPM)

- Comunidad Europea (EC)
- Organismo Internacional de la Energía Atómica (IAEA)
- Junta Nacional de Protección Radiológica de USA (NRPB)
- Administración de Alimentos y Drogas de USA (FDA)

#### 1.1.6.1 Niveles de referencia de la Comunidad Europea

*Imagen 2. Niveles de referencia comunidad Europea*

Tipo de estudio	Nivel de referencia (mGy)
Tórax (PA)	0,4
Tórax (LAT)	1,5
Columna vertebral torácica (AP)	7
Columna vertebral torácica (LAT)	20
Columna vertebral lumbar (AP)	10
Columna vertebral lumbar (LAT)	30
Cráneo (PA)	5
Cráneo (LAT)	3
Abdomen (AP)	10
Pelvis o cadera (AP)	10
Dental (periapical)	7
Dental (AP)	5

AP: anteroposterior; LAT: lateral; PA posteroanterior.

#### 1.1.7 Justificación

Siempre que exista una exposición a radiaciones ionizantes, ésta deberá ser a cambio de un beneficio. De este modo, si una exposición no puede justificarse, deberá prohibirse. El titular de la instalación debe asegurar que el diagnóstico de un paciente este prescrito por un médico colegiado y la actividad debe ser prescrito por un médico nuclear.

#### 1.1.8 Optimización

Las exposiciones de radiación deben ser tan bajas como razonablemente posible o llamada también ALARA, estas exposiciones de radiación deben de ser mantenidos a niveles ya establecidos para la protección y seguridad del paciente frente a alta dosis de radiación.

#### 1.1.9 Limitación

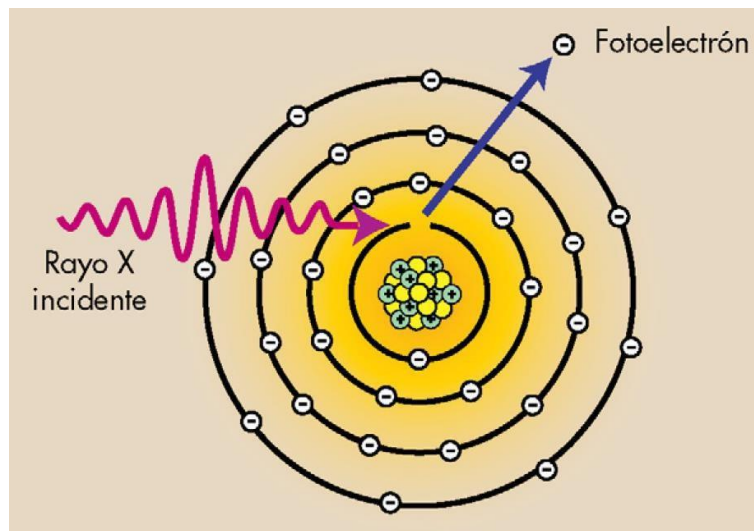
Las exposiciones normales frente a personas no deben sobrepasar los límites que ya están establecidos, en las exposiciones medicas los niveles de referencia no aplicara a pacientes, pero se tomara en cuenta con los niveles de referencia para optimizar la protección del paciente.

## 1.2 Física de la radiografía general

La física de la radiografía es el comportamiento de las partículas desde la incidencia del fotón hasta la obtención de la imagen producida con la interacción del fotón en la materia (cuerpo del paciente), estas relacionadas con el tubo de rayos x, que es donde sale la proyección del campo del Haz y se obtiene la imagen del paciente, es por ello que describimos los siguientes párrafos el comportamiento del fotón en la materia

### 1.2.1 Efecto fotoeléctrico

El efecto fotoeléctrico es cuando un haz de rayos X incidente es absorbido totalmente durante la ionización de un electrón en las capas más internas, K o L. el electrón sale con una energía que es la diferencia de energía entre el fotón incidente y su energía de enlace. El fotón incidente desaparece y el electrón de la capa K, ahora llamado fotoelectrón es expulsado del átomo.



*Imagen 3. Efecto fotoeléctrico*

#### **EFFECTO FOTOELÉCTRICO**

$$E_i = E_b + E_{EC}$$

donde  $E_i$  es la energía del rayo X incidente,  $E_b$  es la energía de unión del electrón y  $E_{EC}$  es la energía cinética del electrón.

***El efecto fotoeléctrico es la absorción total de los rayos X o Fotón incidente***

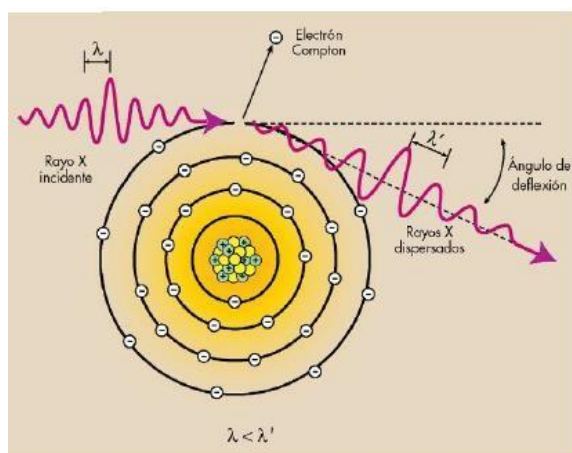
La absorción fotoeléctrica es un fenómeno preponderante cuando la energía del fotón incidente es mayor pero próxima a la de un electrón atómico,

El fotoelectrón es liberado con una energía cinética casi igual que la energía del fotón incidente, para los átomos diana con números atómicos más elevados, las energías de unión de electrones son superiores.

### 1.2.2 Efecto Compton.

El efecto Compton o dispersión inelástica, se presenta cuando el fotón incidente interacciona con el electrón de la capa más externa, el fotón incidente posee mayor energía de enlace que la del electrón afectado, el fotón no es absorbido sino es dispersado con un cambio de dirección y una pérdida de energía pequeña para los ángulos de dispersión pequeños y grandes para dispersiones más importantes. Mediante el cual es denominado electrón Compton o electrón dispersado, tal es el caso que el efecto Compton no se correlaciona con el número atómico sino con la densidad electrónica del material.

Los rayos X dispersos que regresan en la dirección del rayo incidente se denominan radiación retrodispersada.

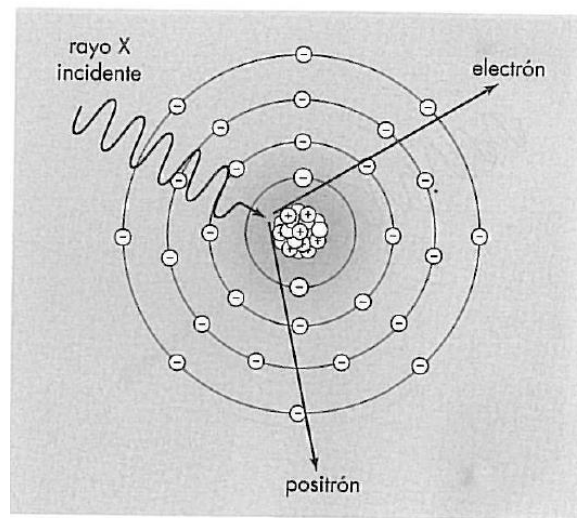


*Imagen 4. Efecto Compton*



### 1.2.3 Producción de Pares.

Un fotón incidente que presenta una energía suficiente puede escapar de la interacción con los electrones y pasar cerca de del núcleo del átomo para ser influenciado por el campo magnético nuclear, sin embargo, al interaccionar un fotón con un campo magnético nuclear hace desaparecer el fotón y aparecen dos electrones uno carga positiva llamado positrón y el otro con carga negativa llamada electrón. El electrón resultante pierde energía por excitación y el positrón se une con un electrón libre y la masa de ambas partículas que se convierte en energía denominado radiación por aniquilación. La producción de pares libera energías mayores a 1,02 MeV.



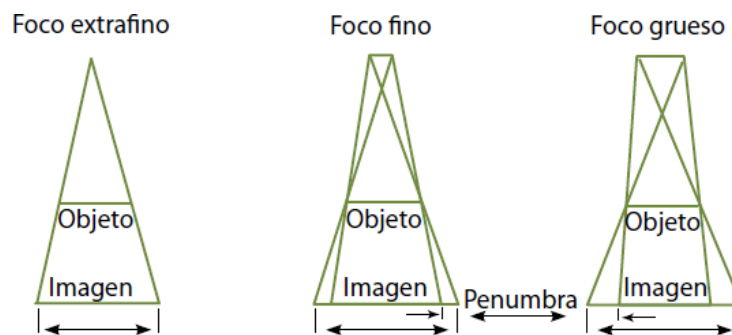
*Imagen 5. Producción de Pares*

### 1.2.4 Resolución Espacial

La resolución espacial mide la capacidad de un sistema de imágenes para producir imágenes de objetos en función de su tamaño. El límite clásico de resolución espacial se refiere a la distancia mínima a la que se pueden colocar dos objetos para que se puedan ver por separado en la imagen.

Muchos factores contribuyen a la degradación de la resolución espacial de un sistema radiográfico. Algunas son puramente geométricas, otras cinéticas y otras relacionadas con las propiedades de la propia foto receptor. Algunos de los primeros son fáciles de identificar,

como los relacionados con el tamaño finito del foco de rayos X, si la zona del blanco sobre la que impactan los electrones acelerados fuese puntual, la sombra de un objeto que interceptara de manera parcial el haz su tamaño sería proporcional al objeto y de bordes nítidos. El foco posee un tamaño finito con dimensiones de 0.1 mm y 1.5 mm para la mayoría de tubos de rayos x. Una penumbra oculta la representación del objeto. Si el tamaño de este último es del orden de las dimensiones del foco, la sombra y la penumbra también pueden ser del mismo tamaño; si varios de estos objetos están muy juntos, la penumbra puede hacer que los objetos sean indistinguibles en la imagen.



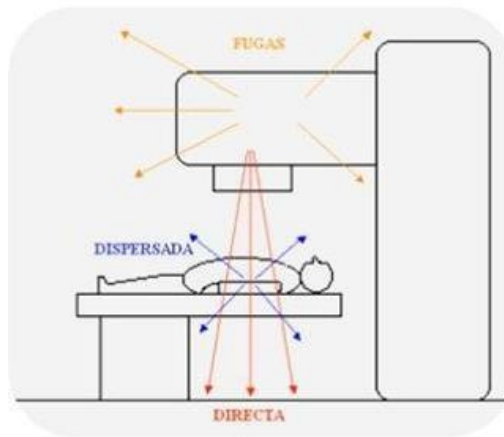
*Imagen 6. Tamaño de Foco y Resolución*

### 1.2.5 Función de Dispersión de Punto (PSF “Point Spread Function”).

Existen factores como la distancia foco-objeto y foco-imagen que tienen efectos de orden geométrico sobre la nitidez y la resolución espacial, la borrosidad se asocia al movimiento del objeto durante la exposición. En un sistema ideal, la imagen de un punto debería ser un punto. En los sistemas reales con resolución limitada la imagen de señal de entrada punto a punto es correspondiente a la función delta de Dirac función de dispersión de puntos (PSF) que describe la dispersión lateral información en el sistema de imágenes.

### 1.2.6 Resolución de Contraste.

El umbral de sensibilidad a bajo contraste describe el porcentaje de contraste original necesario para dar lugar a algo discernible en la imagen. Existen factores que limitan el contraste en la imagen como son el espectro del haz de rayos x incidente, el aumento o disminución de la radiación dispersa y también las características del sistema de imagen. La energía del haz de rayos x está muy relacionada a la resolución de contraste, esto se debe a la tensión, la filtración que es un elemento principal para regular el contraste de la imagen. Al aumentar la tensión en el tubo de rayos x se distingue mejor los tejidos, esta realiza una mayor penetración y obtener una mayor señal en el sistema de imagen con una menor carga y una menor Dosis absorbida en el paciente. Las causas de la pérdida de contraste es la presencia de radiación dispersa en el que llegan al sistema de imágenes con estructuras atravesadas en el que tienden producir borrosidad en la imagen. La radiación dispersa aumenta cuando el volumen irradiado es mayor, mediante el cual es necesario colimar el haz con conos y diafragmas para reducir el volumen. Y también existes las rejillas antidifusoras que se sitúan delante de la placa radiográfica o del receptor con el objetivo de mejorar la relación entre radiación directa y radiación dispersa que llega al sistema de imagen.



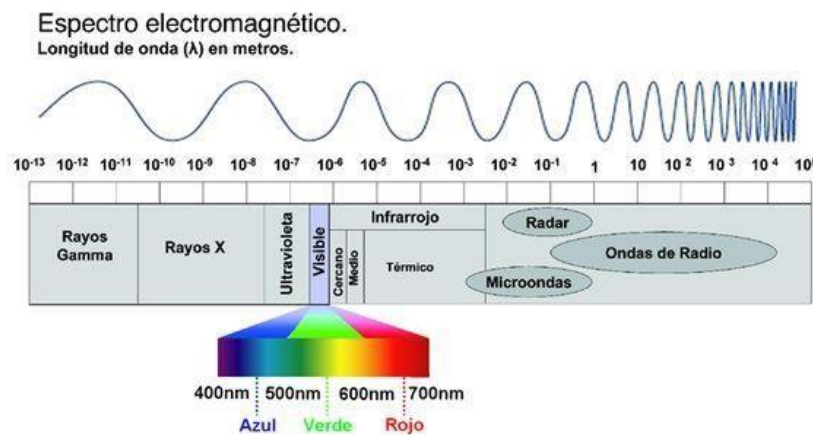
### 1.2.7 El Ruido

El ruido en los distintos planos de reconstrucción depende de la dosis total que se emplea para la adquisición de la imagen.

### 1.2.8 Rayos x

Los rayos x es una forma de radiación electromagnética, similar a la luz visible, poseen mayor energía y pueden atravesar la mayoría de objetos incluyendo el cuerpo.

Se define como la radiación electromagnética de alta energía “fotones”, que atraviesan la materia, estas poseen una longitud de onda desde los 10 nm hasta los 0.01 nm, si la longitud de onda es menor, mayor es su energía y por ende mayor es su poder de penetración.

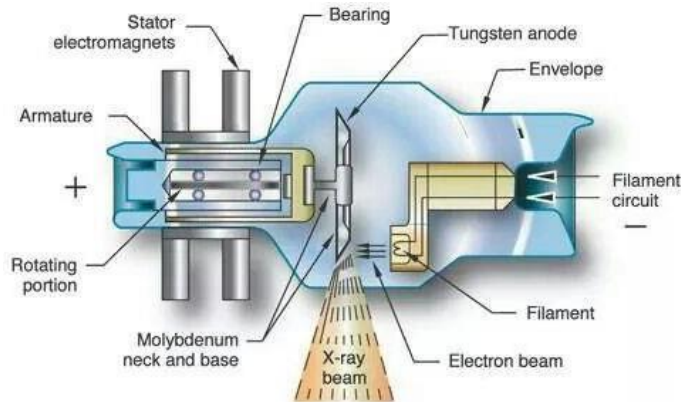


*Imagen 7. Espectro de ondas electromagnéticas*

### 1.2.9 Tubo de rayos x.

Un tubo de rayos X es un recipiente de vidrio vacío, utilizada para la producción de rayos X, que son emitidos mediante la colisión de los electrones producidos en el cátodo contra los átomos del ánodo, es el lugar físico donde se genera la radiación electromagnética mediante un proceso. Aquí es donde se producen los rayos x al momento en el que incide un haz de electrones que son acelerados contra un material blanco, estos al chocar contra los átomos del blanco frenan y pierden parte de su energía, que es transformada en calor y la parte resultante se emite en forma de radiación electromagnética.

Los sistemas de rayos x están diseñados para la producción de imágenes de alta resolución espacial y que incorporan tubos de rayos x con un punto focal pequeña



*Imagen 8. Tubo de rayos X*

### **1.2.10 Generador**

El generador adapta la energía de red que se necesita para dos cosas, una que es para arrancar los electrones del filamento (corriente mA), y la otra es acelerar los electrones del cátodo al ánodo (Kilovoltaje kV).

### **1.2.11 Kilovoltaje**

Es la alta tensión que se establece entre el cátodo y ánodo, el cual determina la energía de desplazamiento de los electrones. Cuando se aumenta el voltaje hay más emisión de rayos mayor penetración, pero el contraste de la imagen disminuye obteniendo más ruido, por esto los voltajes en radiodiagnóstico son bajos, con el fin de lograr una imagen de mejor calidad y mayor contraste.

### **1.2.12 Miliamperaje**

Es la cantidad de electrones desplazados entre el cátodo y ánodo, a mayor corriente, habrá más fotones y por lo tanto, más exposición en el receptor de imagen. En detectores digitales al aumentar el Miliamperaje, el contraste de la imagen no varía, sólo se presenta un aumento de dosis de radiación en el paciente.

### **1.2.13 Tiempo de exposición**

Es el espacio de tiempo en el que el tubo de rayos X emite radiación. Este parámetro también es importante a la hora de reducir la dosis de radiación en el paciente y evitar el movimiento, es por esto, que el tiempo de exposición debe ser el menor posible. Los equipos modernos ya tienen el parámetro de mAs, siendo el producto de mA por el tiempo de exposición.

## **1.3 Magnitudes y unidades dosimétricas**

Es de gran importancia realizar un control de dosis que se les administra al paciente durante un determinado procedimiento y que puede usarse para determinar niveles de referencia para un determinado procedimiento radiológico, en radiodiagnóstico se toman medidas con respecto al tubo de rayos X y la ubicación en la que se encuentra el paciente, tenemos diferentes magnitudes que son dispensables para este estudio y que necesariamente son

utilizadas en esta técnica de tratamiento y otras que son comunes en radiodiagnóstico.

Está definido como la energía transferida de partículas cargadas en forma de energía cinética por unidad de masa y su unidad es el Gray (J/kg)

$$K = \frac{dE_{er}}{dm} \quad ( 1 )$$

#### 1.4 Kerma

Está definido como la energía transferida de partículas cargadas en forma de energía cinética por unidad de masa y su unidad es el Gray (J/kg)

$$K = \frac{d\bar{E}_r}{dm} \quad ( 2 )$$

#### 1.5 Kerma en aire en la superficie de entrada $K_{S\ air}$

Esta magnitud es medida en el eje central del haz sobre la superficie de la entrada del paciente, se toma en cuenta una radiación retrodispersada que hace incidencia sobre el paciente, y su unidad medida es el Gray. Esta magnitud se relaciona con el factor de Retrodispersion.

$$K_{S\ air} = K_i \cdot B \quad ( 3 )$$

Este factor de Retrodispersion se obtiene tomando en cuenta la radiación primaria y la radiación secundaria.

$$B = \frac{\text{Radiacion primaria} + \text{Radiacion secundaria}}{\text{radiacion primaria}}$$

### 1.6 Producto Kerma en aire –área ( $P_{kA}$ )

El producto de Kerma en aire o producto dosis-área se define como la integral del Kerma en aire sobre el área del haz de rayos X en el plano perpendicular al eje del haz.

$$P_{kA} = \int k_a. dA \quad (4)$$

### 1.7 Exposición

Es la energía depositada por fotones en un cierto volumen de aire, medida en términos de los pares de iones generados:

$$X = dq/dm \quad (5)$$

### Unidades

$$R = \text{Roentgen}$$

cantidad de radiación electromagnética necesaria para producir una unidad electrostática de carga (esu) en 1 cm<sup>3</sup> de aire a STP.

$$1 R = 2.58 \times 10^{-4} C/kg \quad (6)$$

### 1.8 Dosis absorbida

Está definida como la energía media depositada en una unidad de masa. Es también un Magnitud dosimétrica fundamental D.

$$D = de/dm \quad (7)$$

Definiendo que  $d\epsilon$  es la energía media impartida por la radiación ionizante a la materia en un elemento de volumen, y  $dm$  es una masa de la materia existente en el elemento de volumen. Se establecieron definiciones de la dosis absorbida de la siguiente manera:



- Unidad moderna: Gray (Gy)
- 1 Gray= 1 Joule/kg
- Unidad antigua: rad (Radiation
- Absorbed Dose)
- 1 rad = 100 erg/g
- 1 rad = 1 cGy

### 1.9 Dosis Equivalente $H_{TR}$

Es la dosis absorbida modificada por un factor ponderación de las radiaciones. Su unidad expresada según el sistema internacional es:

Unidad según SI:  $1J/kg = 1$  , Sievert (Sv) en honor a Rolf Sievert

Dosis de cualquier radiación ionizante que aplicada a un tejido u órgano produce el mismo efecto que un Gy de rayos X

Unidad Antigua: rem (Rad Equivalent Man)

1 rem = 1 cSv, la dosis equivalente está definida mediante la siguiente ecuación.

$$H_{TR} = w_r \cdot D_T \quad (8)$$

*imagen 9. factores de ponderación de las energías*

Radiación	Energía	$w_R$
Rayos X, Rayos gamma, electrones, positrones, muones		1
Neutrones	< 10 keV	5
	10 keV - 100 keV	10
	100 keV - 2 MeV	20
	2 MeV - 20 MeV	10
	> 20 MeV	5
Protones	> 2 MeV	2
partículas alfa, productos provenientes de la fisión nuclear, Núcleo atómico pesado		20

### 1.10 Dosis efectiva

Suma de las equivalentes en tejido, multiplicada por el factor ponderación del tejido, este definido mediante la siguiente formula.

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T \quad (9)$$

Donde:

$H_T$ : dosis equivalente (Sv)

$w_T$ : factor de ponderación del tejido (0.05 – 0.20)

Su unidad fundamental según el SI, es:

**Unidad: 1 Sv (sievert)**

*imagen 10. factores de ponderación de los tejidos*

Tejido u órgano	Factor de ponderación $w_T$
Gónadas	0.20
Médula ósea (red)	0.12
Colon	0.12
Pulmón	0.12
Estómago	0.12
Vejiga	0.05
Pecho	0.05
Hígado	0.05
Esófago	0.05
Tiroides	0.01
Superficie ósea	0.01
Resto (suprarrenales, riñones, músculos, intestino grueso, intestino delgado, páncreas, bazo, timo, útero, cerebro)	0.05

## **DISEÑO METODOLOGICO**

### **Diseño de contrastación de Hipótesis**

El presente trabajo de investigación es de diseño descriptivo, analítico y observacional, el cual se pretende comparar los niveles de referencia en radiografía de tórax y columna lumbar obtenidos en la clínica de diagnóstico de Chiclayo y compararlos con los establecidos por la comisión internacional de protección radiológica (ICRP), así demostrar que estos niveles se encuentra dentro de la tolerancia permitida y que son óptimas para la protección del paciente sin minimizar la calidad de imagen radiográfica.

## **POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO**

### **POBLACION:**

#### **Población universo:**

Los pacientes en radiografía general tórax-columna lumbar en la clínica Radiológica de Chiclayo -2023

### **MUESTRA**

#### **Unidad de análisis**

Estará constituido por los pacientes en radiografía general tórax-columna lumbar en la clínica Radiológica de Chiclayo -2023

**Tamaño Muestral:**

Formula

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 p(1-p)(r+1)}{dr^2} \quad (10)$$

Donde:

$$p = \frac{p_2 + rp_1}{p_2 + r} \quad (11)$$

$$d = p_1 - p_2$$

$$Z_{\alpha/2} = 1,96 \text{ para } \alpha = 0.05 ; Z_{\beta} = 0,84 \text{ para } \beta = 0,20$$

$$P1 = 0.20$$

$$P2 = 0.05$$

$$R: 1$$

Pacientes de radiografía de tórax = 50 pacientes

Pacientes de radiografía de columna lumbar = 30 pacientes

## 2. MATERIALES

### 1.11 Equipo de radiografía convencional

Se utilizó un equipo de rayos x digital fijo de la marca SG HEALTHCARE, modelo CMP 200, serie CPD 16507L13, este es un equipo de alto rendimiento y de baja dosis posee aplicaciones 2D para adquisiciones de imágenes para diferentes extremidades del cuerpo humano.

*Imagen 11. Equipo de radiografía general*



*Fuente: clínica Cerin*

### 1.12 Consola del equipo de Rayos X

Consola del equipo rayos X de marca DEL MEDICAL, sirve para controlar y monitorear los parámetros a utilizar para cada procedimiento de examen de estudio y que es manipulado por el tecnólogo médico.

*Imagen 12. Consola*



*Fuente: Clínica Cerin*

### 1.13 Computadora procesadora de imagen

Este equipo es de vital importancia para la obtención y visualización de las imágenes donde en ella se pueden observar las imágenes de los pacientes sometidos a exámenes de radiografía y en la cual también me mostrara la dosimetría del paciente y sus parámetros utilizados.

*Imagen 13. Computadora procesadora de imagen*



*Fuente: Clínica Cerin*

### 1.14 Calculadora

Calculadora científica CASIO -82ES PLUS, este equipo muy importante se utilizará para el cálculo matemático de esta investigación, y obtención de valores para la magnitud PDA

*Imagen 14. Calculadora*



### 1.15 Imagen clínica

Estas imágenes son visualizadas en la consola en 2D, sirven como diagnóstico médico, estas son resultado de exposiciones de radiación ionizante, se obtienen en dos proyecciones AP y LAT.

*Imagen 15. Imagen Clínica*



### 1.16 NOMEX multimeter

Instrumento que es usado para control de calidad de los equipos rayos X, este es importante para pruebas como, calidad de la tensión, tiempo de exposición. Que permite realizar un estudio estadístico del tipo de energía que el equipo está dispuesto a entregar durante cada estudio de diagnóstico.

*Imagen 16. NOMEX multimeter*



*Fuente: PTW THE DOSIMETRY COMPANY*

### NOMEX dosimeter

Este Instrumento es un detector de dosis que sirve para el control de calidad del equipo rayos, capaz de medir la dosimetría entregada en cada estudio utilizando los parámetros clínicos para cada estudio, permite realizar estudio estadístico para las pruebas de dosis en la entrada del paciente, rendimiento.

*Imagen 17. NOMEX dosimeter*



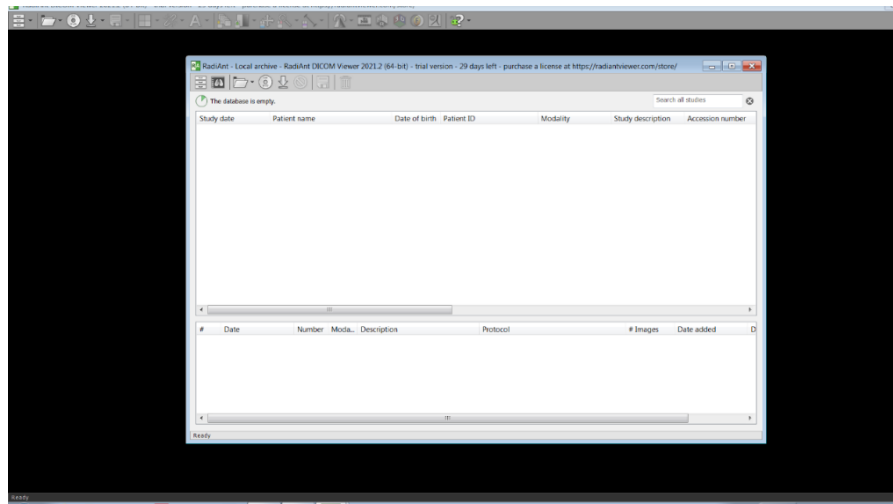
*Fuente: PTW THE DOSIMETRY COMPANY*



### 1.17 Programa DICOM - RADIANT

Es un software que posee la capacidad de mostrar estudios obtenidos de diferentes modalidades de imagen como pueden ser por radiación ionizante o ultrasonido, este programa DICOM se utiliza para el control de calidad especialmente se utiliza para las pruebas de calidad de imagen.

*Imagen 18. Programa DICOM - RADIANT*



*Fuente: sistema DICOM*

## 2 METODOLOGÍA

se recolectaron 50 exámenes de pacientes entre edades comprendidos (14 - 86 años) para estudios de radiografías de tórax, y 30 pacientes comprendidos en edades de (19-80 años) para estudios de columna lumbar, ambos estudios en proyecciones AP y LAT.

Para este estudio de investigación se realizara la técnica Analítica, luego mediante una evaluación de inspección física del equipo rayos X, se determinara si el equipo se le ha realizado un control de calidad, para determinar si se encuentra con las condiciones óptimas para el uso a pacientes, se recopilaran imágenes que serán aprobadas por el medico radiólogo especialista como parteclínica y un físico médico para la parte física y dosimétrica que se necesita para el estudio de esta investigación. Se utilizará el equipo de rayos X general fijo SGHELTHCARE, modelo CMP 200, serie CDP 16507L13, para el estudio de investigación y los materiales a utilizar serán, consola del equipo rayos X imágenes radiográficas, laptop HP CORE I3, hojas de cálculo, cinta métrica, cámara de celular, calculadora. Estos exámenes serán obtenidos en ambas proyecciones AP y LAT. Como primer paso realizaremos un control de calidad al equipo de rayos x verificando si cumple con las condiciones requeridas por el protocolo de español para su uso a pacientes sometidos a exposiciones de radiación ionizante, Como paso 2 después de haberse realizado el control de calidad Se tomara una muestra de 50 pacientes sometidos a este estudio entre (14-87) años, para estudios de radiografías de tórax, y 30 pacientes comprendidos en edades de (19-80 años) para estudios de columna lumbar, ambos estudios en proyecciones AP y LAT, se tomara en cuenta los parámetros para la adquisición de imagen como son Kv, mAs, tiempo, corriente, distancia del examen, de acuerdo a las recomendaciones dadas por la ICRP. Como paso 3 se realiza la recolección de los datos que se obtienen después de cada procedimiento de los pacientes, en la que también deberá existir una aprobación clínica por parte del médico radiólogo, el análisis estadístico y la determinación de los niveles de referencia se hicieron mediante grafica de barras, aplicando mediana, máximos y mínimos, desviación estándar para los valores obtenidos. Paso 4 Resultados y Evaluación de valores, se realiza mediante una comparación de los niveles de referencia obtenidos en la clínica CERIN con la ICRP y Organismos Internacionales para la determinación de los niveles de referencia y establecerlos como valores estándares para optimizar la dosis en pacientes sometidos a radiaciones ionizantes, tal es el caso en equipos de radiografía.

*Tabla 2 valores radiografía convencional de tórax obtenidos en proyección AP*

HOJA DE CALCULO DE NIVELES DE REFERENCIA PARA TORAX				
	TIPO DE EXAMEN		TORAX	
EDAD	KV	mAs	ms	PDA-AP(uGy.m2)
48	117	3.86	4.6	18.53
47	117	2.08	8	8.36
14	117	2.62	3	11.77
70	117	3.35	4	14.94
51	117	2.86	3.2	10.4
59	117	5.44	8.4	27.6
60	117	4.6	6.8	47.01
60	117	3.9	5.5	16.3
22	117	2.44	9.5	13.38
37	117	2.43	2.7	14.49
74	117	2.81	11.1	14.3
77	117	4.78	19.4	19.65
65	117	5.4	22	27.6
43	117	2.66	10.5	13.28
52	117	2.57	10.1	12.77
52	117	1.8	6.7	9.2
43	117	2.58	10.1	12.77
69	117	1.87	7.1	9.2
40	117	5.57	7.2	23
55	117	3.34	4.2	13.79
68	117	3.04	3.7	15.33
50	117	5.57	7.2	23
45	117	2.67	3.2	13.28
47	117	3.3	3.8	16.86
50	117	2.87	3.5	14.3
46	130	2.19	2.6	12.8
50	117	3.1	3.8	15.46
27	117	6.75	8.6	50.58
57	117	2.52	3	11.9
57	117	3.3	3.8	16.86
50	117	2.87	3.5	14.3
68	117	2.64	3.3	17.21
29	117	2.68	3.3	13.28
61	117	3.89	5.3	16.77
59	117	2.17	2.7	10.73
30	117	2.41	3	10.31
22	117	3.22	4.2	13.38

25	117	1.8	2.2	7.52
46	117	3.04	12.1	13.59
82	117	3.82	15.4	18.98
60	117	5.89	24.3	29.64
43	117	5.89	24.3	29.64
70	117	4.47	19.6	20.58
29	117	2.19	8.6	10.73
87	117	4.28	17.5	13.66
78	117	2.81	11.2	14.3
59	117	3.56	14.5	17.88
22	117	3.21	13	26.39
29	117	2.73	10.9	13.79
64	117	2.87	11.4	11.7

En las siguientes tablas se muestra la recolección de datos a 50 pacientes sometidos a exámenes de radiografía convencional de tórax en proyecciones AP, mostrando datos de edades, tensión, carga, tiempo y Producto Dosis Área (PDA). Estos datos se recolectaron luego de la aprobación del médico radiólogo como parte médica y por el físico medico como parte física del equipo de rayos X, mostrándose así una imagen apta para este presente estudio de investigación

Tabla 3 valores radiografía tórax convencional obtenido en proyección LAT.

HOJA DE CALCULO DE NIVELES DE REFERENCIA PARA TORAX				
	TIPO DE EXAMEN :		TORAX	
EDAD	KV	mAs	ms	PDA-LAT(uGy.m2)
48	117	8.49	10.7	40.98
47	117	2.93	11.6	12.12
14	117	3.59	4.2	14.45
70	117	10.6	13.9	48.02
51	117	7.6	9.5	27.42
59	117	10.4	13.5	45.11
60	117	6.5	9.4	67.42
60	117	9.92	14.9	41.4
22	117	3.97	16	21.74
37	117	9.37	12.4	61.33
74	117	10.3	43	52.64
77	117	19.4	81	81.12
65	117	21.2	88.9	108.35
43	117	6.23	25.5	31.68
52	117	7.07	29.2	35.77
52	117	3.79	15.1	18.91
43	117	7.01	28.9	35.77
69	117	2.03	7.7	10.22
40	117	12.2	17.5	51.01
55	117	7.67	10.6	32.61
68	117	17.5	26	89.44
50	117	12.2	17.5	51.01
45	117	15.4	22.7	78.71
47	117	13.1	18.1	66.95
50	117	7.73	9.9	38.77
46	133	13	19.8	52.34
50	117	12.8	17.4	53.52
27	117	19.5	28.2	190.27
57	117	4.14	5.1	19.52
57	117	13.1	18.1	66.95
50	117	7.73	9.9	38.77
68	117	4.79	6.6	31.11
29	117	6.62	9.2	33.73
61	117	14.2	22.4	70.11
59	117	3.73	5	18.91
30	117	5.71	8	24.49
22	117	6.78	4.2	28.01
25	117	2.24	2.8	9.19

46	117	7.11	29.3	32.16
82	117	11.8	49.2	60.31
60	117	57.9	276	270.86
43	117	59.7	264.9	305.14
70	117	8	20	52.3
29	117	5.56	22.9	28.11
87	117	21.3	89	69.28
78	117	7.81	32.3	39.86
59	117	7.54	31.2	38.33
22	117	8.32	34.4	68.45
29	117	7.2	29.8	36.8
64	117	7.28	30.1	30.11

En las siguientes tablas se muestra la recolección de datos a 50 pacientes sometidos a exámenes de radiografía convencional de tórax en (MSc. TM. Carlos Ubeda de la C, GARANTÍA DE CALIDAD Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN LAS EXPOSICIONES MEDICAS EN EUROPA. UN EJEMPLO A SEGUIR, 2007)proyecciones

LAT, mostrando datos de edades, tensión, carga, tiempo y Producto Dosis Área (PDA). Estos datos se recolectaron luego de la aprobación del médico radiólogo como parte médica y por el físico medico como parte física del equipo de rayos X, mostrándose así una imagen apta para este presente estudio de investigación

Tabla 4 valores radiografía columna lumbar convencional obtenida en proyección AP.

CALCULO DE NIVELES DE REFERENCIA PARA COLUMNA LUMBAR				
EDAD	TIPO DE EXAMEN :		COLMUNA LUMBAR AP	
	KV	mAs	ms	PDA-AP(uGy.m2)
49	80	17.1	17.8	106.57
54	80	36.3	104.7	171.78
73	80	51.2	149.1	144.78
49	80	18.9	19.6	162.51
72	80	69.6	73.8	176.73
63	80	59.2	174.1	157.15
66	85	64.7	72.8	153.66
67	80	51.1	54.1	138.6
80	80	82.3	93.3	214.02
46	80	33.9	35.6	134.99
45	80	84.1	89	252.31
80	80	34.9	36.7	88.62
46	80	33.9	35.6	134.99
31	80	20.7	59.7	131.4
54	80	37.1	107	117.75
25	80	126.9	409.5	417.43
43	80	59.3	174.4	126.62
65	80	80.2	240.8	365.64
40	80	82.2	247.7	464.89
48	80	103.9	322.6	527.65
32	80	51.7	150.5	131.27
29	80	44.7	129.4	113.5
54	85	97.1	321.6	278.02
67	80	46.4	134.3	235.63
60	80	16.1	46.6	128.21
37	80	38.9	112.2	136.93
31	90	117	430	477.47
41	800	129.2	418.3	492.1
31	80	20.7	59.7	131.4
19	80	18.5	53.3	88.61

En las siguientes tablas se muestra la recolección de datos a 50 pacientes sometidos a exámenes de radiografía convencional de columna lumbar en proyecciones AP, mostrando datos de edades, tensión, carga, tiempo y Producto Dosis Área (PDA). De la misma manera estos datos se anotaron, luego que el medico radiólogo lo aprobara como parte médica y también por el Físico Medico como parte física del equipo.

### 3 RESULTADOS

El objetivo del presente trabajo de investigación está basado en los análisis de los niveles de referencia en radiografía convencional de tórax y columna lumbar teniendo como finalidad una mejor optimización de dosis en el paciente evitando algún daño biológico causado por sobre exposición de la radiación y no perjudicar la calidad de la imagen, primeramente como paso 1, es esencial evaluar, un estudio de aspectos físicos del equipo de radiografía, aplicando los parámetros requeridos por el protocolo español (SEFM-SPER.2002) y el TECDO1646, validando que se encuentre en óptimas condiciones para su, y como siguiente paso, durante la toma de datos, el medico radiólogo debe evaluar si la imagen se encuentra en buena calidad para su uso de estudio clínico. En este caso de haber pasado el paso 1 y el paso 2, se pasará al paso 3, en el que se comenzará a la recolección de datos, anotando los parámetros utilizados por el tecnólogo médico para cada procedimiento, y en el que también se anotaran las dosimetrías obtenidas de cada paciente durante cada procedimiento radiográfico. Para ello mostraremos los resultados que se obtuvieron durante el presente estudio de investigación, comenzando con las edades:

#### RESULTADOS DE PACIENTES DE RADIOGRAFÍA DE TÓRAX

*Tabla 5 resultados de las edades de los pacientes*

EDAD	
PROMEDIO	50.96
DESVIACION	17.2
MAX	87
MIN	14

Para el presente trabajo de investigación se realizó con una muestra de 50 pacientes para pacientes de radiografía de tórax, estas edades comprendieron un rango entre 14 -87 años como se muestra en la siguiente tabla a continuación con un promedio comprendido ( $50.96 \pm 17.2$ ) años.



*Tabla 6 resultados del parámetro de la carga (mAs) en proyección AP.*

mAs	
PROMEDIO	3.37
DESVIACION	1.21
MAX	6.75
MIN	1.8

La siguiente tabla muestra el parámetro de carga (mAs) con respecto a la proyección AP, en el cual se obtuvieron como resultado un rango promedio de carga de 3.37 mAs, con una desviación estándar de  $\pm 1.21$ , obteniéndose también un valor de carga Max de 6.75 mAs y una carga min de 1.8 mAs, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

*Tabla 7 resultados del parámetro de tiempo (s) en proyección AP*

TIEMPO (ms)	
PROMEDIO	8.35
DESVIACION	5.97
MAX	24.3
MIN	2.2

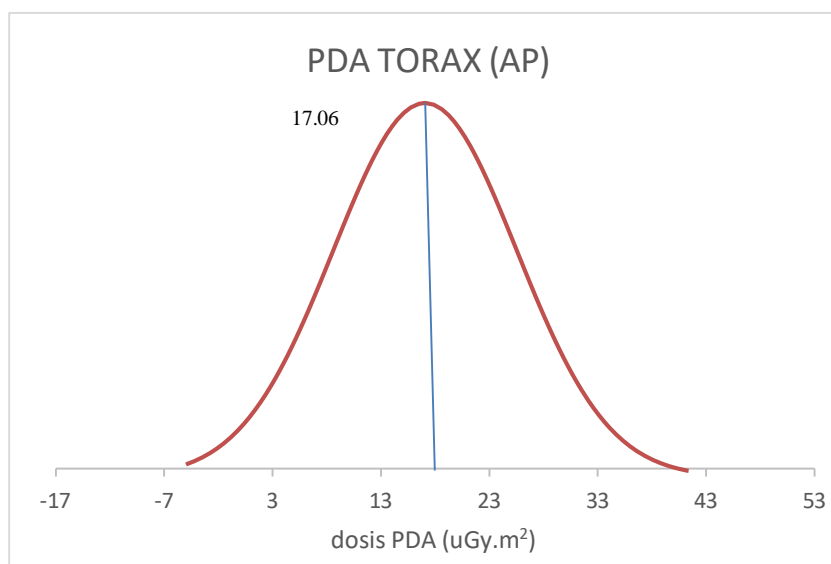
La siguiente tabla muestra el parámetro de tiempo con respecto a la proyección AP, es el presente trabajo de investigación se obtuvo como resultado un promedio con respecto al tiempo de 8.35 ms, con una desviación estándar de  $\pm 5.97$ , y un tiempo Max de 24.3 ms, y finalmente un tiempo Min de 2.2 ms, como se muestra en esta tabla.

*Tabla 8 resultados de la dosis PDA ( $\mu\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$ ) en proyección AP*

DOSIS (PDA)	
PROMEDIO	17.06
DESVIACION	8.46
MAX	50.58
MIN	7.52

En la siguiente tabla se muestran los resultados de dosis del paciente (PDA) que se necesitan para la comparación de niveles de referencia con los establecidos por la comisión internacional de protección radiológica ICRP, se obtuvieron los siguientes resultados; como dosis promedio el valor fue de  $17.06 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ , con una desviación estándar de  $\pm 8.46$ , y también se obtuvo una dosis Max de  $50.58 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$  y finalmente una dosis Min de  $7.52 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ , en la proyección AP de los pacientes de radiografía de tórax.

#### **Grafica de la Campana de GAUSS de la dosis de radiografía de Tórax (PDA)**



En la siguiente grafica de la campana de GAUSS, se demostrara la trayectoria desde la dosis mínima hasta su dosis máxima, la curva pico de la gráfica, indica la dosis media o promedio en la que se ha determinado el producto dosis área (PDA), esta dosis me determina que este es un valor limite a la que se debe establecer para un paciente sometido a estudios de

radiografía de tórax con proyección AP, por lo tanto el nivel de referencia en la proyección AP para la radiografía de tórax es: 17.06  $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ .

*Tabla 9 resultados del parámetro de la carga (mAs) en proyección LAT.*

CARGA (mAs)	
PROMEDIO	11.20
DESVIACION	10.91
MAX	59.7
MIN	2.03

La siguiente tabla muestra el parámetro de carga (mAs) con respecto a la proyección LAT, en el cual se obtuvieron como resultado un rango promedio de carga de 11.2 mAs, con una desviación estándar de  $\pm 10.91$ , obteniéndose también un valor de carga Max de 59.7 mAs y una carga min de 2.03 mAs, este aumento de carga es debido a la reducción del campo y la profundidad en la que debe atravesar el haz de rayos x para brindarme la imagen que se requiere, ya que la posición con la que se toma la imagen el paciente es plano coronal y transversal.

*Tabla 10 resultados del parámetro de tiempo (s) en proyección LAT.*

TIEMPO (ms)	
PROMEDIO	32.47
DESVIACION	52.72
MAX	276
MIN	2.8

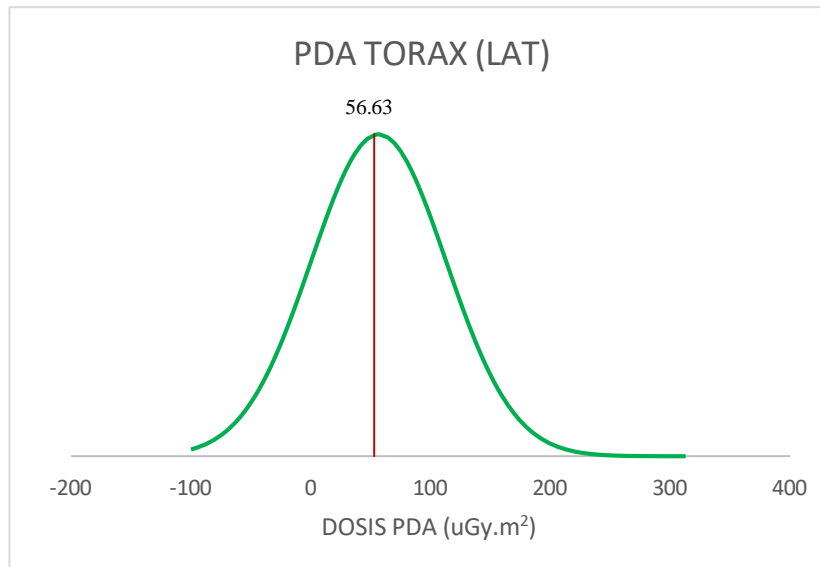
La siguiente tabla muestra el parámetro de tiempo con respecto a la proyección LAT, este presente trabajo de investigación se obtuvo como resultado un tiempo promedio 32.47 ms, con una desviación estándar de  $\pm 52.72$ , y un tiempo Max de 276 ms, y finalmente un tiempo Min de 2.8ms, como se muestra en esta tabla.

*Tabla 11 resultados de la dosis PDA ( $\mu\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$ ) en proyección LAT.*

DOSIS (PDA)	
PROMEDIO	56.63
DESVIACION	56.30
MAX	305.14
MIN	9.19

En la siguiente tabla se muestran los resultados de dosis del paciente (PDA) que se necesitan para la comparación de niveles de referencia con los establecidos por la comisión internacional de protección radiológica ICRP, se obtuvieron los siguientes resultados; como dosis promedio se obtuvo el resultado que fue de  $56.63 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ , con una desviación estándar de  $\pm 56.30$ , y también se obtuvo una dosis Max de  $305.14 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$  y finalmente una dosis Min de  $9.19 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ , en la proyección LAT de los pacientes de radiografía de tórax.

### Grafica de la Campana de GAUSS de la dosis de radiografía de Tórax (PDA)



En la siguiente grafica de la campana de GAUSS, se demostrara la trayectoria desde la dosis mínima ( $9.19 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ ) hasta su dosis máxima ( $305.14 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ ), la curva pico de la gráfica, indica la dosis media o promedio en la que se ha determinado el producto dosis área (PDA), esta dosis me determina que este es un valor limite a la que se debe establecer para un paciente sometido a estudios de radiografía de tórax con proyección LAT, por lo tanto el nivel de referencia en la proyección LAT para la radiografía de tórax es:  $56.63 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ .

## RESULTADOS DE PACIENTES DE RADIOGRAFÍA DE COLUMNA LUMBAR

*Tabla 12 resultados de las edades de los pacientes*

EDAD	
PROMEDIO	49.9
DESVIACION	16.70
MAX	80
MIN	19

Para el análisis en los pacientes de radiografía de columna lumbar se realizó una muestra 30 pacientes, en las que se obtuvieron los siguientes resultados mediante el cual estas edades se comprendieron en un rango entre 80-19 años como se muestra en la siguiente tabla a continuación con edad promedio de 49.9 con una desviación estándar de  $\pm 17.2$ .

*Tabla 13 resultados del parámetro de la carga (mAs) en proyección AP*

CARGA (mAs)	
PROMEDIO	57.59
DESVIACION	33.31
MAX	129.2
MIN	16.1

La siguiente tabla muestra el parámetro de carga (mAs) con respecto a la proyección AP, en el cual se obtuvieron como resultado un rango promedio de carga de 57.59 mAs, con una desviación estándar de  $\pm 33.31$ , obteniéndose también un valor de carga Max de 129.2 mAs y una carga min de 16.1 mAs, tal y como se muestra en la siguiente tabla, en los exámenes de columna lumbar el campo de radiación aumenta es por ello que el parámetro de carga existe un aumento para mejorar la calidad de la imagen clínica.

*Tabla 14 resultados del parámetro de tiempo (s) en proyección AP*

TIEMPO(ms)	
PROMEDIO	145.79
DESVIACION	123.06
MAX	430
MIN	17.8

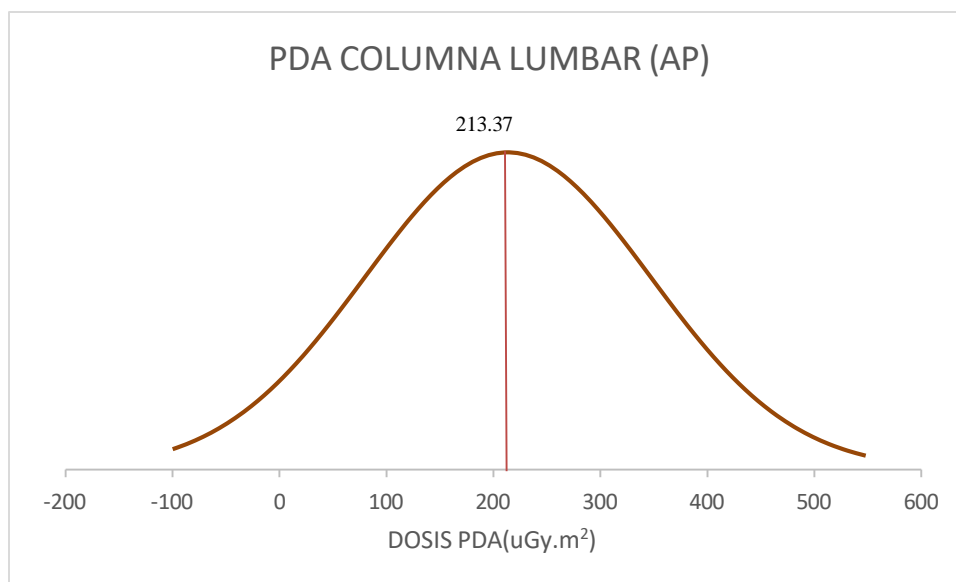
La siguiente tabla muestra el parámetro de tiempo con respecto a la proyección AP, es el presente trabajo de investigación se obtuvo como resultado un promedio con respecto al tiempo de 145.79 ms, con una desviación estándar de  $\pm 123.06$ , y un tiempo Max de 430 ms, y finalmente un tiempo Min de 17.8 ms, como se muestra en esta tabla. En este caso existe una variación del tiempo debido al espesor del paciente. Ya sea este paciente tenga mayor masa o volumen se necesitará de un aumento de tiempo para obtener una mejor calidad de imagen.

*Tabla 15 resultados de la dosis PDA ( $\mu\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$ ) en proyección AP*

DOSIS (PDA)	
PROMEDIO	213.37
DESVIACION	133.64
MAX	527.65
MIN	88.61

En la siguiente tabla se muestran los resultados de dosis del paciente (PDA) que se necesitan para la comparación de niveles de referencia con los establecidos por la comisión internacional de protección radiológica ICRP, se obtuvieron los siguientes resultados; como dosis promedio el valor fue de  $213.37 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ , con una desviación estándar de  $\pm 133.64$ , y también se obtuvo una dosis Max de  $527.65 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$  y finalmente se obtuvo una dosis Min de  $88.61 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ , en la proyección AP de los pacientes de radiografía de columna lumbar.

### Grafica de la Campana de GAUSS de la dosis de radiografía de Columna Lumbar (PDA) proyección AP



En la siguiente grafica de la campana de GAUSS, se demostrara la trayectoria desde la dosis mínima ( $88.61 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ ) hasta su dosis máxima ( $527.65 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ ), la curva pico de la gráfica, indica la dosis media o promedio en la que se ha determinado el producto dosis área (PDA), esta dosis me determina que este es un valor limite a la que se debe establecer para un paciente sometido a estudios de radiografía de columna lumbar con proyección AP, por lo tanto el nivel de referencia en la proyección AP para la radiografía de columna lumbar es:  $213.37 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ .



## **Planteamiento de la investigación**

### **3.1.1 Síntesis de la situación problemática**

Los niveles de referencia son una herramienta de optimización de dosis para el paciente para exposiciones de radiación de equipos radiológicos, a nivel mundial han sido establecidos por profesionales dedicados a la protección radiológica, sin embargo también a nivel internacional en países desarrollados han establecido niveles de referencia para distintos equipos de radiodiagnóstico tomando como guía a la comisión internacional de protección radiológica o llamada también como la ICRP quien mediante estudios a nivel internacional tiene determinado niveles de referencia para diferentes estudios de radiodiagnóstico, en países de Latinoamérica como son Brasil, Colombia, Chile han establecidos niveles de referencia en radiografía convencional, sin embargo a nivel nacional, Perú no cuenta con niveles de referencia establecidos en radiografía convencional hasta el momento, sin embargo en la clínica CERIN cuenta con niveles de referencia establecidos en tomografía, pero aún no posee en radiografía convencional, porque esta área es donde mayor es la cantidad de pacientes que asisten por este examen lo cual es necesario establecer los niveles de referencia para esta área para, optimizando la dosis al paciente sin que la imagen sea perjudicada

### **3.1.2 Formulación del problema de investigación**

¿Cuáles son los niveles de referencia de pacientes en radiografía general tórax-columna lumbar en la clínica de la ciudad de Chiclayo?

### **3.1.3 Hipótesis**

Los niveles de referencia son una herramienta importante para la protección radiológica, esto permite estar a disposición de los profesionales que realizan rutinas clínicas de diagnóstico por imágenes utilizando radiación ionizante, estos niveles de referencia permitirá una optimización de dosis al paciente que pueda evitar algún efecto biológico más adelante, pero a la vez no pueda perjudicar la calidad de la imagen para su estudio clínico.

### **3.1.4 Objetivos**

#### **Objetivo General**

Analizar los niveles de referencia de pacientes en radiografía general tórax-columna lumbar en la clínica Radiológica de Chiclayo.

#### **Objetivos específicos**

- Determinar el producto dosis area en los procedimientos de radiografía de tórax y columna lumbar, mediante los parámetros de kV, mAs, distancia.
- Determinar la forma en que se debe establecer y aplicar los niveles de referencia obtenidos en la clínica radiológica de Chiclayo.
- Comparar los niveles de referencia obtenidos en la clínica de la ciudad de Chiclayo con los establecidos por la ICRP.

## 4 Operacionalización de variable

### Variable dependiente

#### Niveles de Referencia (NRD)

Según la comisión internacional de protección radiológica (ICRP), recomienda los niveles de referencia en radiodiagnóstico como valores orientativos para pacientes sometidos a dichos exámenes de diagnóstico por imágenes, puesto que los pacientes no poseen límite de dosis, pero si pueden tener un valor orientativo para optimizar la dosis del paciente.

### Variable independiente

La variable a determinar es la magnitud física Producto Dosis Área, esta es la dosis absorbida en el paciente en su área anatómica, para obtener esta magnitud se necesita de parámetros físicos como son kV, mAs, Distancia del tubo de rx al paciente.

✓ Producto Dosis Area (DPA): Gy.m<sup>2</sup>       $P_{kA} = \int k_a \cdot dA$

✓ Tensión (kV)

✓ Carga (mAs)

✓ Distancia (d)

## 5 DISCUSIÓN

En base a los resultados obtenidos en el trabajo de investigación en que tuvo como objetivo analizar los niveles de referencia de los procedimientos de radiografía de tórax y columna lumbar con los propuestos por la comisión internacional de protección radiológica (ICRP), los valores de dosis PDA (Producto Dosis Area) que se obtuvieron la clínica de diagnóstico por imágenes de Chiclayo se compararon por los propuestos por la ICRP, dando como resultado que estos valores se encuentren por debajo de los valores establecidos por la ICRP, cumpliendo con la hipótesis que indica que los niveles de referencia son una herramienta importante para la protección del paciente, permitiendo estar a disposición de los profesionales que realizan procedimientos de radiodiagnóstico, estos niveles de referencia que se obtuvieron y luego se analizaron dio como resultado que estos se encuentran por debajo de los valores establecidos y que no perjudicaran al paciente con algún daño biológico provocado por la radiación.

Los resultados que se obtuvieron y analizaron guardan relación con lo que sostiene ( Estefanía Amaya Rios, Erika Muñoz Arango, 2021), que realizo un estudio de investigación para determinar niveles de referencia para diagnóstico de baja energía, con pacientes entre edades de 21-80 años sometidos a exámenes de radiografía de tórax, se obtuvieron resultados de (kV=120); carga (mAs=1.49-9.15) y niveles de referencia de dosis PDA=15dGy.cm<sup>2</sup> y PDA=27 dGy.cm<sup>2</sup>, en las proyecciones AP y LAT, mientras tanto en el estudio de investigación que se realizó se tomó una muestra de 50 pacientes entre edades de (14-87) años, y los resultados que se obtuvieron de (kV=117); carga (mAs=3.37-11.20) ; tiempo(ms=8.4 -32.5); y los valores de dosis PDA=17.06 µGy. m<sup>2</sup>; PDA=56.63 µGy. m<sup>2</sup>, para las proyecciones AP y LAT; demostrando que estos valores que se obtuvieron son inferiores a los que se obtuvieron por ( Estefanía Amaya Rios, Erika Muñoz Arango, 2021), y a las vez estos niveles de referencia se encuentran dentro del valor permitido para la protección radiológica del paciente.

De igual manera en los estudios realizados por (Angarita, 2018), quien realizo un estudio de investigación para determinación de niveles de referencia para estudios de radiología convencional en el hospital universitario nacional de Colombia, tomando muestra de 25

pacientes para radiografía de tórax y 18 para radiografía de columna lumbar, se tomaron pacientes con pesos de (60-80) kg; talla (1.55-1.75)m, para el estudio de tórax en la proyección AP se utilizó tensiones de (100-108)kVp, carga de (3.1-10.1)mAs; para la proyección LAT se utilizó tensiones de (115 – 116) kVp con carga (4.4 - 21.6)mAs, con distancia de 1.80m, obteniendo resultados en AP = 3 mGy, LAT=1.5mGy; y para el estudio en columna lumbar se tomaron 18 pacientes para la proyección AP utilizaron tensiones (80 - 88 – 90) kVp con carga (24 – 72)mAs, con distancia de 1 m, para la proyección LAT, utilizaron tensiones (70 -76 – 83) kVp con carga de (26 – 101)mAs se obtuvo los resultados en AP = 3.7 mGy, LAT=8.3mGy; mientras tanto en el estudio de investigación que se realizó se tomó una muestra de 50 pacientes para radiografía de tórax y 30 pacientes para columna lumbar; entre edades de (14-87)años para radiografía de tórax y (19-80) años para radiografía de columna lumbar, y los resultados que se obtuvieron para radiografía de tórax fueron de (kV=117); carga (mAs=3.37-11.20); tiempo(ms=8.4 -32.5); y los valores de dosis PDA=17.06  $\mu\text{Gy. m}^2$ ; PDA=56.63  $\mu\text{Gy. m}^2$ , para las proyecciones AP y LAT; y para radiografía de columna lumbar se obtuvieron resultados de (kV=80); carga (mAs=57.59); tiempo (ms=145.79) y los valores de dosis PDA=213.37 $\mu\text{Gy. m}^2$ ; demostrando que los valores que se obtuvieron en el estudio de investigación son inferiores a los que obtuvo (Angarita, 2018) en el estudio de investigación que realizó.

Finalmente en los estudios que realizó y determinó la (ICRP, 2017), acerca de los niveles de referencia, se establecieron niveles de referencia en todos los tipos de estudio de radiodiagnóstico, se establecieron los niveles de referencia en radiografía de tórax en proyección AP fue de 0.3 mGy, en LAT fue de 1.5 mGy y para columna lumbar en proyección AP fue de 10 mGy, mientras tanto en el estudio de investigación que se realizó se tomó una muestra de 50 pacientes para radiografía de tórax y 30 pacientes para columna lumbar y se obtuvieron los niveles de referencia PDA=17.06  $\mu\text{Gy. m}^2$ ; PDA=56.63  $\mu\text{Gy. m}^2$ , para las proyecciones AP y LAT; y para columna lumbar los valores de dosis PDA=213.37 $\mu\text{Gy. m}^2$ , se demuestra que los niveles de referencia que se obtuvieron en el presente trabajo de investigación se encuentran dentro de los valores permitidos por la ICRP. Y estos valores son óptimos para la protección radiológica del paciente.

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Al analizar los niveles de referencia que se obtuvieron en la clínica de diagnóstico por imágenes de Chiclayo se demostró que estos valores cumplen con los valores establecidos por la ICRP y que sus condiciones de uso de los equipos de rayos x hacia los pacientes, permite una buena protección radiológica en los pacientes y que no existe una mala práctica de estudio de diagnóstico, optimizando la dosis en el paciente sin perjudicar la calidad de la imagen.
- Los parámetros que se obtuvieron en el presente trabajo de investigación fueron, para radiografía de tórax fue de (kV=117); carga (mAs=3.37-11.20); tiempo(ms=8.4 - 32.5); y los valores de dosis PDA=17.06  $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ ; PDA=56.63  $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ , para las proyecciones AP y LAT; y para radiografía de columna lumbar se obtuvieron resultado de (kV=80); carga (mAs=57.59); tiempo (ms=145.79) y los valores de dosis PDA=213.37  $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ , valores que se determinaron en la clínica de diagnóstico por imágenes de Chiclayo.
- La forma de determinar los niveles de referencia es, mediante la obtención de los resultados de los niveles de referencia de la clínica CERIN en esta investigación, que se deberá estandarizar como valor orientativo que permitirá la optimización de dosis en el paciente.
- Se compararon los niveles de referencia de la ICRP, en radiografía de tórax en proyección AP fue de 0.3 mGy, en LAT fue de 1.5 mGy y para columna lumbar en proyección AP fue de 10 mGy, mientras los que se obtuvieron en la clínica de la ciudad de Chiclayo para 50 pacientes de radiografía de tórax y 30 pacientes para columna lumbar y se obtuvieron los valores de PDA=17.06  $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ ; PDA=56.63  $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ , para las proyecciones AP y LAT; y para columna lumbar los valores de dosis PDA=213.37  $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ , cumpliendo estos valores obtenidos con los propuestos por la ICRP demostrando que existe una protección radiológica del paciente.

## RECOMENDACIONES

- Es recomendable realizar un control diario, mensual y anual del equipo antes de realizar algún procedimiento de radiografía, estas deben cumplir con todos los parámetros dispuestos por el protocolo español de Control de Calidad Radiodiagnosis Review 2011-SEFM-SEPR-SERAM y Radiodiagnosis Review 2001-IAEA/ARCAL XLIX".
- Este presente trabajo de investigación está basado en la protección radiológica de los pacientes frente a diferentes estudios de radiagnóstico, por lo que es recomendable utilizar estos niveles de referencia como valores orientativos para los pacientes sometidos a exámenes de radiodiagnóstico y evitar algún daño biológico en el paciente por exceso de exposición de la radiación.
- Se recomienda utilizar los niveles de referencia como valores estándares para cada procedimiento de radiodiagnóstico para mejorar la protección radiológica del paciente.
- Se debe implementar niveles de referencia en todos los establecimientos médicos donde cuente con equipos que realicen estudios de radiodiagnóstico con la finalidad de proteger al paciente del exceso de radiación ionizantes y así mejorar la calidad de estudio imageneologico en el paciente.

## 7 REFERENCIAS

- [1] Estefanía Amaya Rios, Erika Muñoz Arango. (2021). Determinación de los niveles de referencia de dosis (DRL) para diagnóstico de baja y media complejidad en Servicios Especiales de Salud Hospital Universitario de Caldas de Colombia (SES-HUC). *Revista Investigaciones y Aplicaciones Nucleares*, n.º 5, pp. 84-98,. doi:<https://doi.org/10.32685/2590-7468/invapnuclear.5.2021.604>
- [2] Angarita, L. D. (2018). *Determinación de los Niveles de Referencia para Estudios de Radiología Convencional en el Hospital Universitario Nacional de Colombia*. Bogotá D.C, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. doi:<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/69265/LuzDaryTorresAngarita.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [3] Arróniz, A. R. (2000). PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD DE LOS ASPECTOS FISICOS Y TECNICOS CRIBADO MAMOGRAFICO. *Documentos Técnicos de saude publica Serie C. Nº 8*, 33-35. Obtenido de <https://www.sergas.es/cas/Publicaciones/Docs/SaludPublica/PDF10-133.pdf>
- [4] ATÓMICA, O. I. (2010). Establecimiento de Niveles Orientativos en radiografía general y mamografía. *IAEA-TECDOC-1646*, 89. Obtenido de [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE\\_1646\\_CD/PDF/TECDOC\\_1646.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE_1646_CD/PDF/TECDOC_1646.pdf)
- [5] BAEZ, I. R. (2017). *ANALISIS DE LA FLUENCIA DE FOTONES DE 6MeV UTILIZANDO UNA CAMARA MULTIALAMBRICA TRANSPARENTE*. Benemerita Universidad Autonoma de puebla, Puebla de Zaragoza,.
- [6] Carlos Ubeda de la C, E. V. (2019). Niveles de referencia para diagnóstico: Una herramienta efectiva para la protección radiológica de pacientes. *Revista chilena de radiología*, 7. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/rchradiol/v25n1/0717-9308-rchradiol-25-01-00019.pdf>
- [7] CAROLINA OSORIO CASTRILLÓN, J. A. (08 de MAYO de 2018). ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE REFERENCIA EN MAMOGRAFÍA DIGITAL EN EL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. *Revista de la Facultad de Ciencias*, vol. 7, núm. 2, 12. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/115/115591005/html/>
- [8] D. Andiscoa, c. S. (2014). DOSIMETRIA EN RADIOLOGIA. *REVISTA ARGENTINA DE RADIOLGIA*, 4. Obtenido de <https://pdf.sciencedirectassets.com/305928/1-s2.0-S0048761914X00025/1-s2.0-S004876191400012X/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEj%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJIMEYCIQDcd5aKVSksAEt%2FtEpnj0QXsn0ATIsFKyPNAEcS%2F0wDDAIhAPidkAt3>
- [9] Díaz Henao, F. (23 de 05 de 2020). Determinación de niveles de referencia en procedimientos de mamografía digital tomosíntesis. *repositorio.unal.edu.co*, 94. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77555/1061047067.2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [10] Estefanía Amaya Ríos, E. M. (2021). Determinación de los niveles de referencia de dosis (DRL) para diagnóstico de baja y media complejidad en Servicios Especiales de Salud Hospital Universitario de Caldas de i. *REVISTA INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES IAN*, 15.



- doi:file:///D:/tesis%20colorado/carolinasgc,+IAN5\_Art\_7%20niveles%20de%20referencia.pdf
- [11] Guadalupe, U. (2015). Comparación dosimétrica de las técnicas de tratamiento IMRT y VMAT, para cáncer en Mama. *Leon, Gto. Mexico*, 26-30.
- [12] ICRP. (2017). NIVELES DE REFERENCIA DE DIAGNOSTICO EN IMAGENES MEDICAS. *Publicación ICRP 135*, 1-147.
- [13] International Agency for research on cancer. (2002). *Manual práctico para la Detección Visual de las Neoplasias Cervicales*. TNM Classification of malignant tumours. L. Sobin and Ch Wittekind (eds.),.
- [14] Jaimes1, D. F. (2011). Influencia de las características de la rejillas y las tecnicas radiografias en la calidad radiografica enfocandonos en el contraste. *ING-NOVACIÓN*. No. 3,, 1-6. Obtenido de <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/1949/1/6.%20Influencia%20de%20las%20caracteristicas%20de%20la%20rejilla%20y%20las%20tecnicas%20radiograficas.pdf>
- [15] Luca Cozz, K. A. (2008). A treatment planning study comparing volumetric arc modulation with RapidArc and fixed field IMRT for cervix uteri radiotherapy. *Radiotherapy and Oncology* 89, 180–191.
- [16] MSc. TM. Carlos Ubeda de la C, M. F. (2007). GARANTÍA DE CALIDAD Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN LAS EXPOSICIONES MEDICAS EN EUROPA. *REVISTA CHILENA DE RADIOLOGIA*, 208-212. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-93082007000400006&script=sci\\_arttext#t1](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-93082007000400006&script=sci_arttext#t1)
- [17] PALOMARES, F. A. (19 de 04 de 2021). MAMOGRAFÍA DIGITAL CON Y SIN TOMOSÍNTESIS PARA DIAGNÓSTICO DE CÁNCER DE MAMA HOSPITAL NACIONAL GUILLERMO ALMENARA IRIGOYEN 2018-2019. *repositorio Academico USMP*, 36. Obtenido de <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/7640?show=full>
- [18] Radiológica, S. E. (2007). Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de proteccion radiologica. *Publicación 103 ICRP*. Obtenido de [https://www.icrp.org/docs/P103\\_Spanish.pdf](https://www.icrp.org/docs/P103_Spanish.pdf)
- [19] S.Blanco, Risio, C., D.Andisco, R.R.Rojas, & R.M.Rojas. (2017). Mammography parameters: compression, dose, and discomfort. *Revista Argentina de Radiologia*, 100-104. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rard.2017.04.006>
- [20] Sechopoulou, I. (2013). A review of breast tomosynthesis. Part I. The image acquisition process. *American Association of Physicists in Medicine AAPM*, 12.
- [21] Sociedad Argentina de Radioprotección, 2. (5 de 2011). proteccion radiológica en medicina. *ICRP publicación 105*, 61. Obtenido de <https://www.icrp.org/docs/P%20105%20Spanish.pdf>
- [22] SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FISICA MEDICA. (2016). RADIODIAGNOSTICO: BASES FISICAS, EQUIPOS Y CONTROL DE CALIDAD. *FUNDAMENTOS DE FISICA MEDICA*, 342. Obtenido de <https://proteccionradiologica.cl/wp-content/uploads/2016/08/4-Libro-Volumen-2-fisica-medica-esp%C3%B1ol.pdf>
- [23] Touzet, R. (07 de 09 de 2001). El uso de “niveles de referencia”. 5. Recuperado el 20 de 05 de 2019, de <http://www.foroiberam.org/documents/193375/199920/El+uso+de+niveles+de+referencia+en+el+radiodiagn%C3%B3stico+m%C3%A9dico/02fe3daf-35e5-477c->

- 8d34-755dd108edca;version=1.0
- [24] Touzet, R. (2001). El uso de “niveles de referencia” en radiodiagnostico medico. *Autoridad Regulatoria Nuclear*, 5. Obtenido de <https://www.foroiberam.org/documents/193375/199920/El+uso+de+niveles+de+ref+erencia+en+el+radiodiagn%C3%B3stico+m%C3%A9dico/02fe3daf-35e5-477c-8d34-755dd108edca?version=1.0&previewFileIndex=#:~:text=Los%20%E2%80%9CNiveles%20de%20Referencia%E2%80%9D%20const>
- [25] W.O, B., & Souza dos Santos, L. (2015). CONTROL DE CALIDAD Y DOSIS GLANDULAR MEDIA ENMAMOGRAFIA CON SISTEMA DE RADIOGRAFÍA COMPUTARIZADA. *SOCIEDAD ARGENTINA DE RADIOPROTECCIÓN*, 10. Obtenido de <http://www.irpabuenosaires2015.org/Archivos/tr-completos/irpa/CONTROLDECALIDADYDOSISGLANDULARMEDIAENMAMOGRAFIACONSISTEMADERADIOGRAFIACOMPUTADORIZADA.pdf>

## Anexos

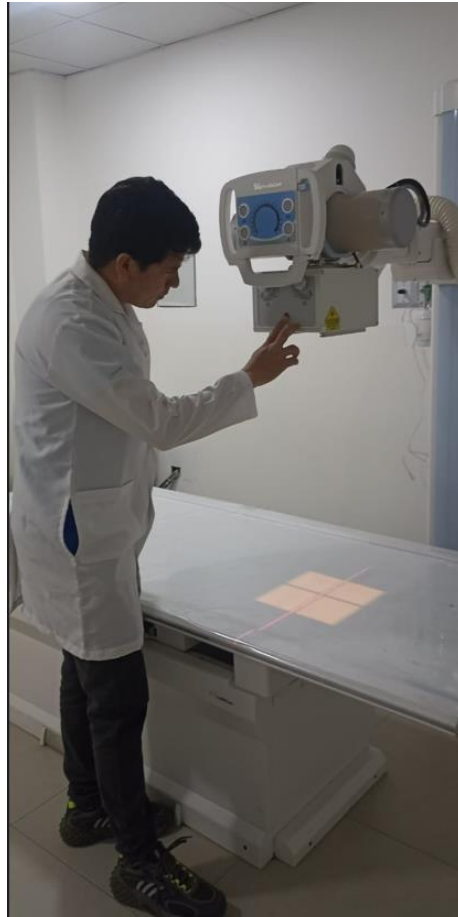
### IMAGEN DE EQUIPO DE RADIOGRAFÍA GENERAL



### APUNTANDO LA DATA DE LA DOSIS



### IMAGEN CON EL EQUIPO DE RAYOS X



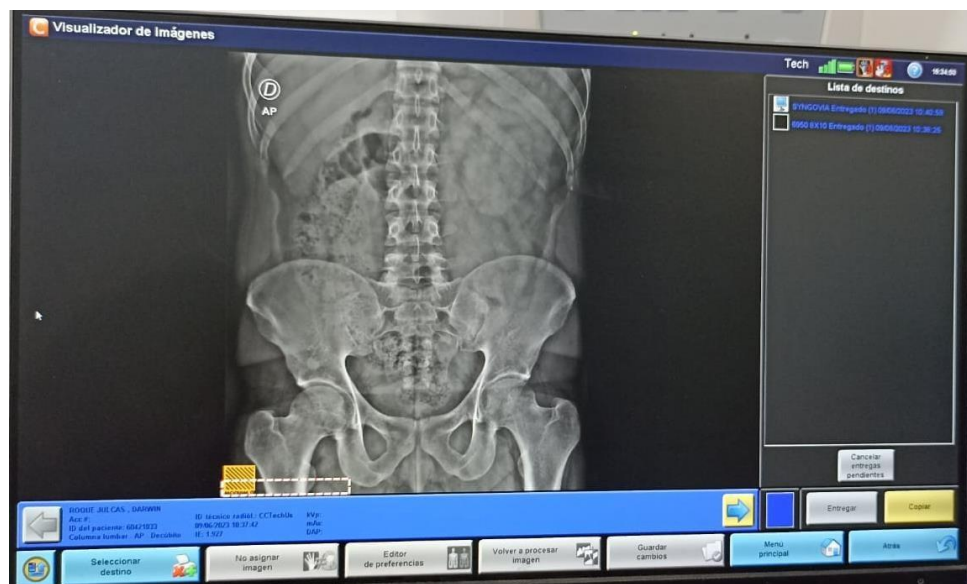
## CONSOLA DE CONTROL DEL EQUIPO



## PROCESADOR DE IMAGEN



## IMAGEN RADIOGRAFICA



## CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD

**QC DOSE S.A.C.**  
CONTROL DE CALIDAD

N° 0454.22

# CERTIFICADO CONTROL DE CALIDAD

EMPRESA AUTORIZADA POR LA OFICINA TÉCNICA DE LA AUTORIDAD NACIONAL OTAN / IPEN  
LICENCIA N° 50086.E3

El Departamento de Control de Calidad de la empresa QC DOSE S.A.C. certifica que se ha  
realizado la evaluación en la Instalación Radiológica de:

**CENTRO DE RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA E.I.R.L.**  
Calle Cristóbal Colón N° 222 - Chiclayo  
Chiclayo - Lambayeque

**EQUIPO EVALUADO**

RAYOS X GENERAL (FIJO)	SG HEALTHCARE	CMP 200	CPD 16507L13
TIPO / USO	MARCA	MODELO	N° DE SERIE

VERIFICANDO QUE LOS PARÁMETROS TÉCNICOS Y GEOMÉTRICOS DEL EQUIPO SE ENCUENTRAN DENTRO  
DEL NIVEL DE ACEPTACIÓN INDICANDO EN LOS PROTOCOLOS APROBADOS A LA EMPRESA.

INFORME TÉCNICO N°: 0454 - QC DOSE - 22.2  
(\* VENCIMIENTO: 20 de julio de 2023  
LIMA, 21 de julio de 2022

\* Cualquier modificación de las características  
del equipo sometido da por anulado este certificado.

2022

www.qcdose.com

## EQUIPO DE CONTROL DE CALIDAD

