



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS DEL TRABAJO Y COMPORTAMIENTO HUMANO

Trabajo de fin de carrera titulado:

“ALTERNATIVA DE PROTECCION RADIOLOGICA PARA CENTROS MEDICOS”

Realizado por: Daniela Aguilar Gortaire

Director de Proyecto: Ing. Franz Guzmán

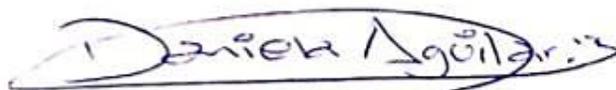
Como requisito para la obtención del título de:
INGENIERÍA EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL
Quito-Ecuador 2020

DECLARACIÓN JURAMENTADA

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, DANIELA AGUILAR GORTAIRE, con cédula de identidad # 1714157862, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Daniela Aguilar Gortaire

C.C: 1714157862

DECLARATORIA DEL DIRECTOR

El presente trabajo de investigación titulado:

“ALTERNATIVA DE PROTECCION RADIOLOGICA PARA CENTROS MEDICOS”

Realizado por:

DANIELA AGUILAR GORTAIRE

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERÍA EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

ha Sido dirigido por el profesor

FRANZ GUZMAN

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



Franz Guzmán
DIRECTOR

DECLARATORIA PROFESORES INFORMANTES

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

AIMEE VILARET

HENRY CARDENAS

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador.



Aimee Vilaret


Henry Cárdenas

Quito, 4 de enero de 2020

DEDICATORIA

Este duro, largo trabajo, fruto de mi esfuerzo, se la dedico a mis padres, quienes me han enseñado a ser quien soy y de lo que soy capaz. Por haber creído en mí, por darme todas las facilidades para que cumpla este sueño de vida, aún cuando el objetivo parecía difícil de lograr para una mujer y aún cuando el destino parecía tan lejano y difícil de alcanzar.

Para ustedes, Papis, que nunca me soltaron, y me enseñaron a ser la mujer fuerte que soy ahora para poder sobresalir en esta profesión, en este mundo, que es complicado para el género femenino, pero ustedes me ayudaron a ser la mejor y celebraron junto a mí, cada triunfo y cada logro.

Por nunca perder la fe en mí, a pesar que a veces parecía que me derrumbaba, ustedes estuvieron a mi lado para levantarme en todo momento y darme ese aliento que necesitaba para poder ponerme de pie nuevamente.

A mi hermano, mi peque, por acompañarme con ilusión y alegría en esta aventura y para que aprenda que con perseverancia se alcanza las metas. Por ser mi confidente y siempre mi mejor amigo.

Gracias Papás, por ser siempre el mejor ejemplo, porque ahora llegué lejos, y soy lo que soy, hoy en día, gracias a ustedes.

¡Este logro es para ustedes! GRACIAS!

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis profesores por haber logrado, durante todos estos años que me enamore de la profesión, que tenga pasión por lo que hago, y de que persevere a pesar de las caídas.

Todas sus enseñanzas las llevaré conmigo toda la vida, y siempre seré orgullosa de decir “amo lo que hago gracias a lo aprendido, gracias a mis profesores”.

Siempre me vi a mi misma como un reto, muchas veces pensé que no lo iba a lograr, o que esta profesión no era para mí, pero el sentir su pasión por esta hermosa carrera, rama o profesión, me hizo salir adelante y ponerme el reto de, aparte de a mis padres, a ustedes también hacerlos sentir orgullosos de lo que puedo llegar a ser y demostrarles que si puedo y que voy a ser la mejor.

Gracias profes por toda sus enseñanzas y confianza.

A esos amigos contados con la palma de la mano, que siempre estuvieron a mi lado cuando tenía alguna duda o sencillamente no entendía algo. Nunca dudaron en extenderme una mano.

¡Gracias!

A las personas que han sido mis jefes directos y compañeros de trabajo, por el apoyo y empuje que me dieron en todo momento para continuar en la carrera y aprender el valor de la palabra “seguridad”.

Gracias a todos.

Ahora estoy más segura que nunca..... que mi destino siempre fue..... usar casco y salvar vidas.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
Afectaciones a la salud por el uso de radiaciones ionizantes y el uso de blindajes con plomo	
1.1.1.1 DIAGNOSTICO (enfermedades causadas por la contaminación por plomo y la radiación ionizante)	16
1.1.1.2 PRONOSTICO (A nivel nacional se continuaría con el uso del plomo, sin saber si se tiene alguna otra alternativa de protección a la salud humana, y costos adicionales)	18
1.1.1.3 CONTROL DE PRONOSTICO (De ser positivo el análisis, se propone la aplicación).....	18
1.1.2 OBJETIVO GENERAL	18
1.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.1.4 JUSTIFICACIONES	18
1.2 MARCO TEORICO.....	19
1.2.1 ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO DEL TEMA (resumen) donde se usa y citar.	
• Normativa internacional aplicable para protección radiológica.....	19
• Artículos y general del tema	21
1.2.2 ADOPCIÓN DE UNA PERSPECTIVA TEÓRICA (Resumen de investigaciones propias mías.	
• Origen de la baritina, barita o sulfato de bario (BaSO ₄).....	23

• Baritina	en	
Ecuador.....		23
• Usos	del	
plomo.....		24
• Usos	de	la
		baritina
.....		24
• Mezcla de material para realizar cuarto de protección radiológica.....		25
• Modo de mezcla a ser utilizadas en la construcción de cuarto de protección radiológica (rayos X) con baritina.....		26
• Materiales de blindaje.....		28
• Protección radiológica.....		29
• Descripción de factores de riesgo asociados a la exposición de rayos X.....		30
• Señalética de protección radiológica y equipos de protección personal		31
• Sistema	de	protección
radiológica.....		33
• Diseño de accesos a las zonas de radiación.....		34
• Unidades de medición de radiación.....		36
• Periodo de desintegración.....		37
• Irradiación y contaminación radiactiva. Exposición y efecto biológico.....		37
• TIPOS DE BLINDAJE.....		38
▪ Blindaje fuente de emisión beta		40
▪ Blindaje fuente de emisión gamma		40

▪ Blindaje para radiación dispersa	40
• Dosis de radiación	40
• Relación dosis respuesta	40
• Calculo de Blindaje	44
• Dosis proyectada y dosis evitada	48
• Posibles enfermedades causadas por la exposición a radiación	48
• Nivel de Referencia	51
• Costos de material Plomo y Baritina	55
1.2.3 HIPÓTESIS (Propuesta del problema) De ser favorables los resultados del uso de baritina, ¿podríamos adoptarlo a los centros médicos de nuestro país?	59
1.2.4 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES (Causas y efectos del problema) (variables dependientes e independientes)	59

CAPITULO II. METODO

2.1 TIPO DE ESTUDIO. DESCRIPTIVO Y TRANSVERSAL, POR QUÉ...	60
2.2 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN (DE CAMPO INSITU).	60

2.3 METODO (Método inductivo – deductivo)60

Metodología a ser utilizada en el estudio/análisis.

2.4 POBLACIÓN Y MUESTRA62

Lugar / áreas en donde se realiza el estudio. MUESTRA

2.5 SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN PASOS PARA MEDICIONES Y DESCRIPCIÓN DE MATERIALES62

CAPITULO III.

RESULTADOS.....63

3.1 Presentación y análisis de resultados.....64

Resultados de mediciones de -cuarto de plomo y baritina

3.1.1 ANALISIS DE RESULTADOS.....64

3.2 APLICACIÓN PRACTICA71

CAPITULO IV.

DISCUSIÓN.....70

4.1 Conclusión71

4.2 Recomendaciones72

FOTOGRAFIAS.....73

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA (ORDEN ALFABETICAMENTE)80

INDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PAGINA
- TABLA 1.1 TIPOS DE SEÑALETICA PARA RADIACIÓN.....	32
- TABLA 1.2 ZONAS DE CUARTO DE TOMA DE RAYOS X.....	34
- TABLA 1.3 LIMITE DE DOSIS POR PERSONAL VINCULADO A ZONAS RADIOLOGICAS.....	41
- TABLA 1.4 LIMITE DE DOSIS INDIVIDUAL PARA “POE” Y PUBLICO.....	42
- TABLA 1.5 DOSIS MAXIMA PERMITIDA SEGÚN ORGANO DEL CUERPO.....	43
- TABLA 1.6 CARGAS DE TRABAJO SEMANALES PARA CÁLCULO DE BARRERAS EN RADIODIAGNÓSTICO.....	45
- TABLA 1.7 COMPRACACIÓN DE ESPESORES EQUIVALENTES ENTRE PLOMO, CONCRETO Y BARITINA.....	51
- TABLA 1.8 ESPESOR DE VIDRIO PLOMADO.....	51
- TABLA 1.9 CUADRO DE RENDIMIENTO, ESPESOR, ANCHO Y LARGO ENTRE BARITINA Y PLOMO.....	53
- TABLA 1.10 VALOR EN CUARTO DE MEDICIÓN DE RAYOS X. DE BARITINA.....	56
- TABLA 1.11 CANTIDADES Y PRESUPUESTO OBRA BASICA CON BARITINA.....	58
- TABLA 1.12 PRESUPUESTO DE INSTALACIONES DE CUARTO DE BARITINA.....	58
- TABLA 2.1 LIMITE DE DOSIS EFECTIVA.....	61
- TABLA 2.2 MAGNITUDES Y UNIDADES.....	63
- TABLA 3.1 RESULTADOS DE DOSIMETRIA EQUIVALENTE PERSONAL Hp (10). DOSIMETRO DE CUERPO ENTERO.....	65
- TABLA 3.2 MEDICIONES MEDIDOR GEIGER SALA DE RADIOLOGÍA CON BARITINA (MUESTRA 3)	66

- TABLA 3.4 MEDICIONES MEDIDOR GEIGER SALA DE RADIOLOGIA CON PLOMO (MUESTRA 1 Y 2)68

INDICE DE FIGURAS

CONTENIDO		PAGINA
- FIGURA	1.1 SLUP TEST DE CEMENTO.....	28
- FIGURA	1.2 CURVA GRANULOMETRICA DE BARITINA O BARITA.....	29
- FIGURA	1.3 PROTECCIÓN PERSONAL PARA PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO.....	31
- FIGURA	1.4 PROCESO SECUENCIAL DE AUTORIZACIÓN Y USO DE UNA “INSTALACIÓN RADIATIVA”	35
- FIGURA	1.5 RECEPCIÓN DE DOSIS DE RADIACIÓN.....	37
- FIGURA	1.6 DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES DE PARED DE BLINDAJE.....	39
- FIGURA	1.7 VIDRIO EMPLOMADO.....	52
- FIGURA	1.8 TIPOS DE PUERTA PARA CUARTO DE RAYOS X.....	53
- FIGURA	1.9 IMÁGENES REALES DE TIPOS DE PUERTA PLOMADA.....	54
- FIGURA	1.10 COSTOS ESTIMADOS DE CONSTRUCCIÓN DE CUARTO DE RAYOS X CON PLOMO.....	55
- FIGURA	1.11 ÁREA DE RADIOLOGIA ESTIMADA PARA HOSPITAL.....	57
- FIGURA	DOSIMETRO.....	60
		2.1

- FIGURA 2.2 RADIATION ALERT INSPECTOR EXP+.....60
- FIGURA 2.3 TARJETA DE LECTURA RADIOLOGICA DE DOSIMETRO DE CUERPO ENTERO.....61
- FIGURA 2.4 DETECCIÓN Y MEDIDA DE RADIACIÓN IONIZANTE.....63
- FIGURA 3.1 LECTURA DE PRUEBA CURVA DE BRILLO PLOMO.....65
- FIGURA 3.2 LECTURA PRUEBA CURVA DE BRILLO BARITINA.....66
- FIGURA 3.3 SALA DE RAYOS X DE BARITINA (MUESTRA 3).....67
- FIGURA 3.4 SALA DE RAYOS X DE PLOMO (MUESTRA 2)69
- FIGURA 3.5 SALA DE RAYOS X DE BARITINA (MUESTRA 1)70

RESUMEN EN ESPAÑOL E INGLES

ESPAÑOL

El presente proyecto se desarrolló en 3 centros médicos especializados en el área de radiología, ubicados en la ciudad de Quito-Ecuador.

El fin de la investigación es comprobar que tan útil puede llegar a ser en todo aspecto, el material **BARITINA** en comparación con **PLOMO**.

Los aspectos a investigar son económicos y protección al personal Ocupacionalmente Expuesto, esperando resolver el problema de la investigación.

Se sabe que la baritina tiene las mismas propiedades que el plomo, pero no se sabe cuál es el costo, resistencia y protección en cuanto al uso en radiología (Rayos X y Tomografías).

Con las mediciones realizadas en 3 muestras, y equipos especializados tanto para medir dosis que recibe el personal médico, radiación dispersa en el ambiente tanto en salas protegidas y blindadas, y con los cálculos de materiales a ser utilizados en la construcción de un área de radiología con baritina, se logra comprobar la efectividad del material anteriormente mencionado, para blindaje de protección radiológica, y en valor económico.

INGLES

This project was developed in 3 medical centers specialized in the area of radiology, located in the city of Quito-Ecuador.

The purpose of the research is to check how useful **BARITE** material can become in every aspect compared to **LEAD**.

The aspects to be investigated are economical and protective, of the Occupationally Exposed personnel, hoping to solve the research problem. It is known that barite has the same properties as lead, but it is not known what the cost, resistance and protection is in terms of use in radiology (X-rays and Tomoscans). With measurements made in 3 samples, and specialized equipment both to measure doses received by medical personnel, radiation dispersed in the environment in both protected and shielded rooms, and with the calculations of materials to be used in the construction of an area of radiology with barite, it is possible to check the effectiveness of the aforementioned material, for radiation protection shielding, and in economic value.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

La seguridad en el campo radiológico es tan importante para todo centro médico pequeño o grande, y siempre depende de estrictos hábitos de trabajo, de las medidas de protección y de que existan blindajes adecuados contra las radiaciones y posibles efectos al personal que se encuentre expuesto a las mismas.

Este trabajo de investigación tiene como fin el demostrar, comprobar el uso del mineral BARITINA, como alternativa de protección radiológica (Rayos X), en lugar de plomo

Se llevaron a cabo estudios en cuanto a diseño, construcción, mediciones, evaluación de mezcla de material, resistencia a radiación, posibles efectos a la salud y beneficios a la misma.

La presente tesis pretende realizar análisis de seguridad radiológica alternativa al que todos conocemos hoy en día, garantía protección radiológica y calidad.

De igual manera se realizó comparación económica en cuanto al uso de BARITINA Y PLOMO. Dentro de los centros médicos, se hace uso de radiaciones ionizantes para radiodiagnóstico por medio de rayos X.

En las instalaciones médicas de rayos X para radiodiagnóstico, se utilizan las radiaciones ionizantes para obtener beneficios para la sociedad con el mínimo detrimento radiológico para las personas. Para reducir este detrimento a valores aceptables, los criterios y las medidas de seguridad nuclear y de protección radiológica se deben de aplicar en algunas fases como, en el diseño, fabricación y correcto funcionamiento de los equipos de rayos X, en las instalaciones, diseñándose correctamente las salas, su distribución, colocación de los equipos, zonas a proteger, blindajes y en las pruebas de aceptación y establecimiento de programas de garantía de calidad, orientados a reducir las exposiciones y optimizar cada uno de los aspectos de la práctica radiológica de manera imprescindible de la calidad necesaria, con las dosis tan baja como se practicable.

Para evitar daños causados por la radiación emitida, se realizaron mediciones en construcciones tanto hechos con plomo como con baritina, para poder llegar a verificar la resistencia y emisión de rayos ionizantes en las instalaciones médicas.

Orientados a la protección de la salud de las personas/pacientes, se debe realizar diseño y construcción de instalaciones de rayos X, orientada a la dosis equivalente de radiación que reciba el paciente o personal técnico expuesto.

La resistencia estos hormigones de blindaje de resistencia de radiación son más resistentes a los hormigones tradicionales, el cual se ha utilizado durante mucho tiempo en la industria de la construcción y puentes elevadizos, centros nucleares y aceleradores de partículas.

Los tipos de blindajes estudiados son necesarios para emisión de ondas de corta longitud como son los rayos X y rayos gama.

El diseño y construcción de una instalación de rayos X con fines de diagnóstico médico, deben ir orientadas a proteger a las personas, de modo que la dosis equivalente de radiación que reciba el personal profesionalmente expuesto, los pacientes y los miembros del público sean tan pequeña lo razonablemente posible.

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Investigar y realizar mediciones de la afectación al personal ocupacionalmente expuesto al plomo en centros de emisión de radiación ionizante.

1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Afectaciones a la salud por el uso de radiaciones ionizantes y el uso de blindajes con plomo.

Con el paso del tiempo, se ha ido buscando, en todo riesgo al que los trabajadores se encuentran expuestos, la manera de que se mantengan lo mayormente posible protegidos.

En el caso de la exposición a los rayos X, puede causar varias enfermedades con el tiempo, creando así posibles lesiones permanentes o hasta la muerte.

Como todos hemos conocido, los cuartos de protección radiológica son hechos de plomo, el cual protege al paciente y al trabajador que realiza los estudios, de no sufrir lesiones, sin embargo, dependiendo el tiempo de exposición, provoca enfermedades graves.

Con varios estudios se ha podido encontrar otro material el cual tiene como propiedades la resistencia a radiación.

Esta tesis tiene como objetivo, la investigación y comprobación de la resistencia de la baritina como material alternativo a blindaje para cuartos de fuente de emisión de radiación ionizante (rayos X) en centros médicos con el fin de saber si es igual o mejor que el plomo para protección radiológica, en costos, cantidades a ser utilizadas, resistencia a rayos X, protección a la salud humana, y así algún momento poder algún implantarlo en centros médicos a nivel nacional.

1.1.1.1 DIAGNOSTICO

Enfermedades causadas por la contaminación por plomo y la radiación ionizante

CAUSA – EFECTO

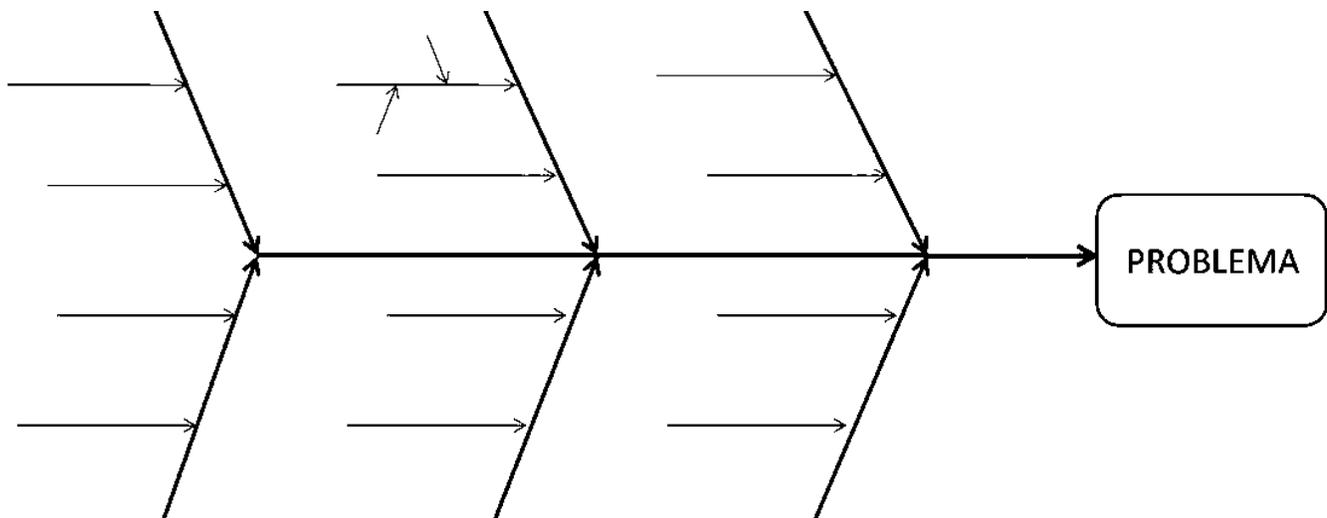
Se describe la realidad en la que se origina el problema mediante el diagrama causa-efecto de ISHIKAWA y árbol de causa, también conocido como diagrama de espina de pescado es una metodología que nos ayuda levantar, encontrar causas raíces de un problema, el cual analiza todos los factores que se encuentran involucrados en la ejecución del proceso o actividad.

Esquema a ser utilizado

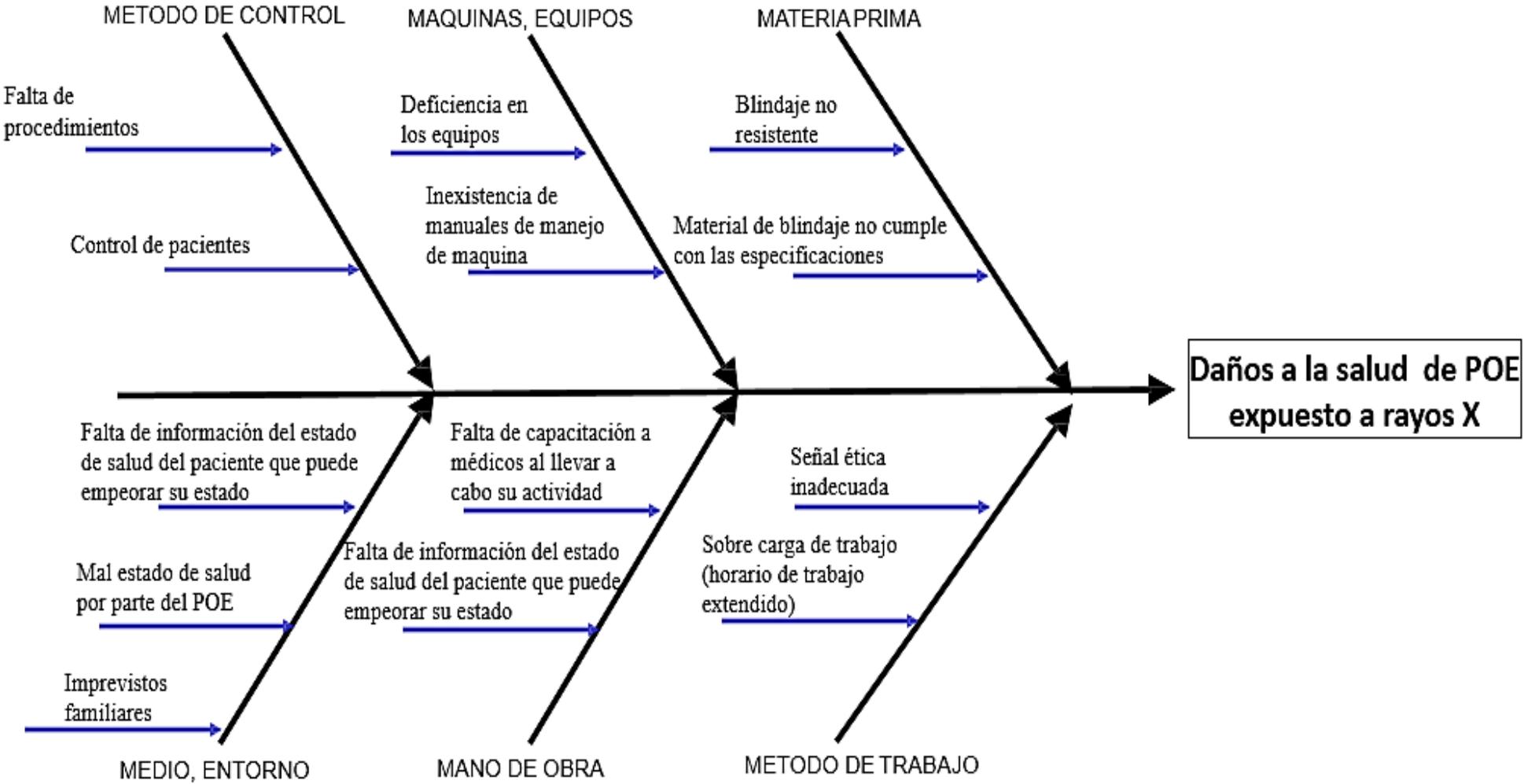
CAUSA

EFECTO

FIGURA 1.1 DIAGRAMA ISHIKAWA



CAUSA	EFEECTO
-------	---------



1.1.1.2 PRONOSTICO

A nivel nacionales continuaría con el uso de plomo, sin saber si se tiene alguna alternativa de protección a la salud humana y costos adicionales como podría ser el uso de baritina en los cuartos de toma de rayos X de los centros médicos.

1.1.1.3 CONTROL DE PRONOSTICO (De ser positivo el análisis, se propone la aplicación)

De ser positivo el análisis, se propone la aplicación a nivel nacional en centros médicos desde pequeños hasta grandes.

1.1.2 OBJETIVO GENERAL

Realizar la investigación y comprobación de la resistencia de la baritina como material alternativo a blindaje para cuartos de fuente de emisión de radiación ionizante (rayos X) en centros médicos.

1.1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el nivel de protección de la baritina como material alternativo
- Realizar la investigación de los materiales a ser utilizados para la aplicación de la baritina
- Obtener con la preparación del material a ser aplicado, el cumplimiento de normas que permitan estar dentro del rango de una curva granulométrica que corresponda al diseño de un concreto de alta densidad y resistencia.
- Verificar si es menos dañino para la salud el blindaje con baritina.

1.1.4 JUSTIFICACIONES

El proyecto de investigación presente es para la justificación del uso de la baritina como material alternativo no contaminante para la salud.

Impide el paso de la radiación ionizante provocada por la fuente radioactiva de uso de equipos radiográficos en personal ocupacionalmente expuesto.

El proceso de ionización causado por la emisión de radiación causa cambios de átomos y moléculas y causa daño a las células.

El cuerpo, al recibir cierta dosis de radiación, el organismo, da una respuesta el cual dependerá de la cantidad de radiación que recibe, pudiendo así causar daño y estar expuesto a un alto riesgo en

el futuro. E ahí la importancia de aumentar la atenuación con materiales de alta densidad y resistencia.

La baritina, barita o sulfato de bario tiene características similares a las del plomo por su resistencia a la radiación ionizante sirviendo como una barrera, por el cual se puede hacer uso del mismo para centros de radiación, verificando su resistencia si es mayor a la de los blindajes de plomo.

1.2 MARCO TEÓRICO

1.2.1 ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO DEL TEMA (RESUMEN) DONDE SE USA Y CITAR.

NORMATIVA NACIONAL E INTERNACIONAL APLICABLE PARA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA.

Las Normas presentan los requisitos fundamentales que han de cumplirse en toda actividad que implique exposición a la radiación.

Para poder realizar actividades con radiación ionizante, en este caso preciso, emisión y exposición de rayos X, se aplica normativa nacional como internacional.

Se debe tener en cuenta los efectos biológicos que pueden presentarse por la exposición a la radiación ionizante a pacientes y al personal médico que labora en el servicio de imagenología, radiología; siendo de carácter obligatorio la aplicación de normas de bioseguridad y protección radiográfica.

Como normativa internacional nos apegamos a:

Recomendaciones 2007 de la comisión internacional de protección radiológica ICRP publicación 103, el cual nos habla de factores de ponderación de radiación y tejidos en magnitud de dosis equivalente y dosis efectiva, manteniendo los 3 fundamentos de protección radiológica de la comisión, es decir la justificación, aplicación y optimización de límites de dosis.

Estas van desde el enfoque de protección basado en los procesos que usan las practicas e intervenciones hasta el enfoque de exposición. (SEPR & APCNEAN, 2007).

Por otro lado, tenemos las “Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación”, el cual se aplican

únicamente a la radiación ionizante, esto quiere decir a los rayos gamma y X y a las partículas alfa, beta y otras que pueden causar ionización.

Nos da las pausas para entender las dosis que recibe el cuerpo humano al momento de estar expuesto a la radiación, los síndromes leves, agudos y graves que se pueden presentar, efectos clínicos, el cual nos llevan a enfermedades permanentes y en algunos casos la muerte.

Nos especifica el control de dosis recibida para un control de la exposición con un correcto diseño de las instalaciones, uso correcto de equipos, esto con el fin de prevenir la probabilidad de que ocurran sucesos de gran magnitud a la salud humana. (ATÓMICA, 1997).

Como normativa aplicable de nuestro país, ECUADOR, contamos con el REGLAMENTO DE SEGURIDAD RADIOLOGICA (Atómica, 1979), el cual nos indica dosis máxima permitida para personas ocupacionalmente expuestas, dosis máxima permitida para población general, exposición a menores de edad, la solicitud de inspecciones para realizar trabajos con radiación, control de dosimetría personal, señalética para centros de radiología, sobre desperdicios radiactivos y descontaminación de Instalaciones evacuación, licencias a ser obtenidas para realizar los trabajos y para los profesionales a realizar la actividad, áreas restringidas, contaminación de áreas de radiología, las características de los equipos a ser utilizados, calibraciones de equipos radiológicos, blindaje, procedimiento para pacientes.

Esta nos permite tener las pausas necesarias para realizar los trabajos correctamente causando el menor impacto posible al paciente expuesto a radiación.

La OMS ha establecido un programa sobre las radiaciones para proteger a los pacientes, los trabajadores y la población contra los riesgos para la salud de la exposición planificada, existente o de emergencia a la radiación. El programa se centra en los aspectos de salud pública de la protección contra la radiación y abarca actividades relacionadas con la evaluación, la gestión y la comunicación de los riesgos.

De conformidad con su función básica de “establecer normas y promover y seguir de cerca su aplicación en la práctica”, la OMS ha cooperado con otras siete organizaciones internacionales en la revisión y actualización de las normas internacionales básicas de seguridad de la radiación. La OMS adoptó las nuevas normas en 2012 y en la actualidad está prestando apoyo a su aplicación

en los Estados Miembros de la Organización. (Texto tomado de noticia de la ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD). (Salud, 2016)

ARTÍCULOS Y GENERAL DEL TEMA

Al paso de los años se ha ido modificando los materiales para blindaje para centros radiológico en los centros médicos.

En algunos países se ha visto ya el uso de la baritina como material de aislamiento y resistencia a la radiación (rayos X). Algunos de estos son Perú y México.

En nuestro país no se ha registrado el uso de la baritina o barita para centros radiológicos. Lo que conocemos del uso de este mineral de grandes características es que tiene una gran resistencia, al igual que el plomo; varía en su elaboración ya que son materiales diferentes, por ende, varía el costo de la elaboración de un cuarto de rayos X.

En Perú, por ejemplo, aplican la ley del instituto peruano de energía nuclear IPEN, a su vez otras normativas legales y normativas técnicas como las siguientes a mencionar:

- Ley de Regulación del Uso de Fuentes de Radiación Ionizante
- Reglamento de Seguridad Radiológica

Principios de la seguridad radiológica

La Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones (CIPR) ha propuesto los principios siguientes, que deben informar la utilización de la radiación ionizante y la aplicación de las normas de seguridad radiológica:

1. No debe adoptarse ninguna práctica que implique exposiciones a la radiación a menos que produzca un beneficio a los individuos expuestos o a la sociedad suficiente para compensar el perjuicio que ocasiona la radiación (la justificación de una práctica).
2. En relación con cualquier fuente particular dentro de una práctica, la magnitud de las dosis individuales, el número de personas expuestas y la probabilidad de incurrir en exposiciones cuando no exista seguridad de que vayan a recibirse deben mantenerse todas tan bajas como razonablemente se pueda (ALARA), teniendo en cuenta factores económicos y sociales. Este procedimiento debe estar limitado por restricciones sobre la dosis a individuos (restricciones de

dosis), de manera que se limite la desigualdad que pueda resultar de los juicios económicos y sociales inherentes (la optimización de la protección).

3. La exposición de individuos resultante de la combinación de todas las prácticas pertinentes debe someterse a límites de dosis, o a algún control del riesgo en el caso de exposiciones potenciales, con el fin de garantizar que nadie se exponga por causa de estas prácticas a riesgos radiológicos que se consideren inaceptables en circunstancias normales. No todas las fuentes son susceptibles de control mediante acción en la misma fuente, y es necesario especificar las fuentes que se incluirán como pertinentes antes de seleccionar un límite de dosis (límites de dosis y de riesgo0020individuales).

- Norma Técnica "Requisitos de Protección Radiológica en Diagnóstico Médico con Rayos"
- Plan de emergencia radiológica y nuclear nacional

Entre otras, estas son algunas de las más relevantes.

Perú en su gran mayoría, o a la par se podría mencionar, hace uso hoy en día, de baritina o barita para sus centros radiológicos en distintos centros médicos. (Nuclear I. P., 2013)

En México, de igual manera se ha implantado, del 100%, el 95 se lo utiliza para lodos de perforación, y el 5% lo destinan para salas de rayos X el uso de baritina como material de blindaje para centros de radiología.

México también exporta el mineral a EEUU, Cuba y Colombia, pero estos no han registrado el uso del mismo para cuartos de radiología, o fines médicos.

Ya que el mineral barita o baritina reduce perceptiblemente los rayos X y Gama, se usa en las cámaras o cuarto de cemento que contienen materiales radioactivos y en la campana de vidrio de los tubos de rayo catódico utilizados para los equipos de televisión y monitores de computadora para proteger al usuario contra la radiación. (Economía & minero, 2018).

1.2.2 ADOPCIÓN DE UNA PERSPECTIVA TEÓRICA (RESUMEN DE INVESTIGACIONES PROPIAS MÍAS)

ORIGEN DE LA BARITINA, BARITA O SULFATO DE BARIO (BASO4)

La baritina aparece en varios ambientes geológicos, como en rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas.

Esta se forma en la naturaleza, siempre que se encuentre una elevada presión parcial de oxígeno y a temperaturas relativamente bajas. Comúnmente están asociados a sulfuros de plomo, plata y antimonio, al igual que cavidades karsticas de caliza y dolomías.

Su tenacidad es frágil. La barita es un mineral común el cual aparece frecuentemente como ganga en los filones de minerales metálicos.

Su origen es hidrotermal, dándose así entre media y baja temperatura. También es sedimentario junto con fluorita, calcita, cinabrio y otros minerales.

La industria petrolera consume el 85% de la producción mundial de baritina. El 15% restante está distribuido en la industria como química, industria del vidrio, pinturas y usos misceláneos.

BARITINA EN ECUADOR

YACIMIENTOS DE MINERALES DENTRO DE ECUADOR

Dentro de lo investigado en nuestro país, se pudo verificar que únicamente existen registros de este mineral hasta el año 2004, al indagar en las estadísticas mineras solamente se toma en cuenta un área minera con código “101317.1” (ARCOM) ubicada en la provincia de Morona Santiago y que según la Base de Datos de ARCOM se encuentra archivada.

La mencionada concesión fue solicitada por la empresa BENBAREC S.A. que se especializa en la comercialización de carbonato de calcio, baritina, bentonita, Silicatos, caolines y zeolitas. En su página web se menciona que es la única firma que produce baritina para la industria y que procesan materia prima nacional e importada; sin dejar a un lado, ya no se está procesando la materia prima nacional porque no consta en los registros de las concesiones otorgadas por la Agencia de Regulación y Control minera.

Existen cuatro ocurrencias en todo el país y solamente una dentro de un área no considerada en las estadísticas mineras ubicada en Morona Santiago, está inscrita y fue pedida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas como un área de libre aprovechamiento de materiales de construcción. Por lo tanto, existen 3 posibles nuevas concesiones; dos por comprobar su fase actual, ubicadas en la provincia de Morona Santiago y Zamora Chinchipe.

La última es una potencial área productora de baritina localizada en Loja.

Como gran depósito de baritina, se registra el mencionado, no obstante, se han localizado pequeñas empresas el cual mantienen la venta del producto, como es el Loja y resto de poblados de Zamora.

(ARCOM, METALURGICO, & MINERIA, 2016)

- **USO DEL PLOMO**

En cuanto a materiales de blindaje, en el radiodiagnóstico es común utilizar planchas de plomo ya que en general el espesor necesario se halla en torno a los 2 mm de este material, con lo cual el peso no es tan grande que llegue a producir deformación de las planchas verticales.

Normalmente, el material de uso para blindaje más económico para un apantallamiento es el plomo, ya que la cantidad de radiación dispersada por el mismo, es menor que la dispersada por materiales más ligeros.

También se fabrica con plomo las municiones del armamento militar y los contactos de los acumuladores, es decir, baterías. Se lo uso hace tiempo atrás, como antidetonante en la gasolina y como capa de atenuación de las ondas sonoras, las vibraciones mecánicas y la radiación ionizante.

- **USO DE LA BARITINA**

La baritina es un material que se encuentra constituido principalmente por el sulfato de bario, el cual es el estado en el que se encuentra en los yacimientos.

Este, de acuerdo a su fosforescencia, alta densidad, un brillo intenso, insoluble en ácidos, se lo utiliza para:

- Materia prima en lodos de perforación
- Relleno de pinturas
- Industria vidriera
- Aplicaciones automotrices
- Exámenes de rayos X

En pruebas médicas de rayos X, un blanco fijo nos sirve como agente de contraste, el cual también sirven para la cristalización de sulfatos de plomo en acumuladores para mantener capacidad de carga.

Un uso de la baritina, también exitoso, para la medicina, es como medio opaco en el examen tracto-gastrointestinal con rayos X, para la reflexión de los intestinos y del estómago. (el "milk shake", un batido pesado con gusto a frutilla)

También se usa para relleno de yeso (ortopédico) y en algunos medicamentos para evitar la pronta caducidad

Se utiliza también para protección a prueba de fuego en edificios, aeropuertos, y gimnasios.

Ayuda a la protección ambiental, tienen muchas ventajas, tales como fuerte inercia, buena estabilidad, resiste ácidos y álcalis, modera la rigidez.

- Mezcla de material para realizar cuarto de protección radiológica

Para que la baritina o plomo cumpla con su objetivo de protección de pacientes y personal médico, de la emisión de radiación, debe cumplir con materiales específicos para su mezcla.

La mezcla para realizar el blindaje se la realiza con el mineral BARITINA, arena fina.

Con el fin de evitar la exposición y daños a la salud por emisión de radiación, se realiza la mezcla de los siguientes materiales para la realización de un recubrimiento, pared, de baritina:

- Cemento (2.4×10^3 kg m⁻³ de densidad)
- Agua
- Arena fina
- Baritina
- Impermeabilizante
- Compuestos químicos: CaO 0.26%, SiO₂ 5.03 %, Al₂O₃ 1.26 %, Fe₂O₃ 0.63 %, SO₃ 3.26 %, MgO 0.07 %, K₂O 0.29 %, Na₂O 0.17 %, Mn₂O₃ 0.05 %, BaSO₄ 91.15 %.

MEZCLA: Agregar agua y 20 Kgs de arena fina por cada saco de 45 kgs de baritina o sulfato de bario, hasta obtener una mezcla consistente

ESPESOR: Aplicar directamente sobre los muros en capas de no más de 15 mm una la vez, hasta obtener el espesor requerido.

JUNTAS Y GRIETAS: Es importante que cada perfectamente fija mientras capa seca este para prevenir formación de grietas. Bajo ninguna circunstancia deberán dejarse grietas.

ACABADOS: La mezcla en el piso deberá ser cubierta con loseta vinílica, cerámica etc.

- MODO DE MEZCLA A SER UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CUARTO DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (RAYOS X) CON BARITINA.

En cuanto a los materiales mencionados que se utilización para protección radiológica, estas son las cantidades empleadas.

Cemento: Se cumple con la normativa ASTM-C-150 TIPO 2 (resistencia moderada a los sulfatos o calor de hidratación moderado).

Arena fina: Esta no deberá ser arcillosa. Se debe lavar, limpiar y bien granulada, clasificada debidamente desde fina a gruesa. Con un contenido máximo de arcilla o impureza de 5%.

Una vez que la arena se encuentre seca pasara por un cernidor #8. Por el cernidor #30 no pasara más del 80% de arena y no más del 5% pasara por el cernidor #5.

Cal: La cal se debe mezclar debidamente con el cemento

Baritina: Se utiliza sulfato de bario ($BaSO_4$), en partículas muy granuladas, debidamente clasificadas, de fino a grueso.

Para poder calcular el VOLUMEN a ser utilizado, se debe usar la formula siguiente:

$$(H \times r^2 \times L) = \text{VOLUMEN.}$$

Una vez calculado el VOLUMEN, se debe calcular el VOLUMEN UTIL, el cual es con la siguiente formula:

$$\text{VOLUMEN} / 5 = \text{VOLUMEN UTIL.}$$

Como paso final, se debe calcular el total en KG de material a ser utilizado en la mezcladora, el cual es de la siguiente manera:

$$\text{KG (de cada material)} / \text{VOLUMEN UTIL.}$$

Este sumando el Kg de cada material, nos da la cantidad de material a ser utilizado en TOTAL en la mezcladora.

Todo este proceso lo llaman CALCULO DE TANDA POR CAPACIDAD DE MEZCLADORA.

En cuanto a la mezcla, el agua debe ser POTABLE, cumpliendo recomendaciones técnicas ACI 301 (ESPECIFICACIONES PARA HORMIGON ESTRUCTURAL).

Se debe evitar el ingreso de aire, por detrimento de la densidad.

Los agregados que se deben aplicar a la mezcla, de igual manera, deben cumplir con especificaciones técnicas (AASHTO M-6-74 ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA AGREGADOS).

El cemento a ser utilizado debe cumplir con la especificación técnica ASTM C150 (ESPECIFICACIÓN NORMALIZADA PARA CEMENTOS ADICIONADOS HIDRÁULICOS)

La pasta que se prepara con estos materiales debe tener las siguientes características:

- Clase y propiedad del cemento.
- Calidad del agua.
- Proporción relativa de agua y cemento a menor relación agua – cemento mayor resistencia y mejor calidad de concreto.
- Grado de combinación química alcanzada entre el agua y cemento (Proceso llamado hidratación del cemento) que se le llama curado
- Cantidades a ser utilizadas en la construcción de un cuarto de protección radiológico (rayos X)

Se utiliza sacos de 45kg y las proporciones son de 1 saco de baritina por 1/2 saco de cemento por 1/2 saco de arena fina para cubrir 3cm de espesor.

El saco de cemento es de 42 kg, es necesario la mitad, y la mitad del saco de arena.

Estas cantidades son para cubrir 1 m².

Para verificación de viscosidad se debe realizar el slump test, el cual debería ser de 3 ½ pulgada.

FIGURA 1.1 SLUP TEST DE CEMENTO



Se mide de la siguiente manera, para el cálculo de cantidades de material: metros lineales x 2.20 de alto, se suma el total de las cuatro paredes y lo multiplicas

- Materiales de blindaje

Los materiales a ser utilizados en las salas de radiología con baritina son: Arena, cemento, malla para tarraje006F, baritina, agua.

Los materiales a ser utilizados en la zona de radiología, deben cumplir con todas las especificaciones técnicas, para conseguir una mezcla trabajable, para así conseguir la protección radiológica en muros construidos para centros médicos.

Al momento de realizar la selección de materiales se debe tener en cuenta las siguientes características: Absorción, dispersión y activación. Estas son propiedades blindantes.

En cuanto a características mecánicas, se debe tener en cuenta las siguientes características: estabilidad, resistencia y compatibilidad.

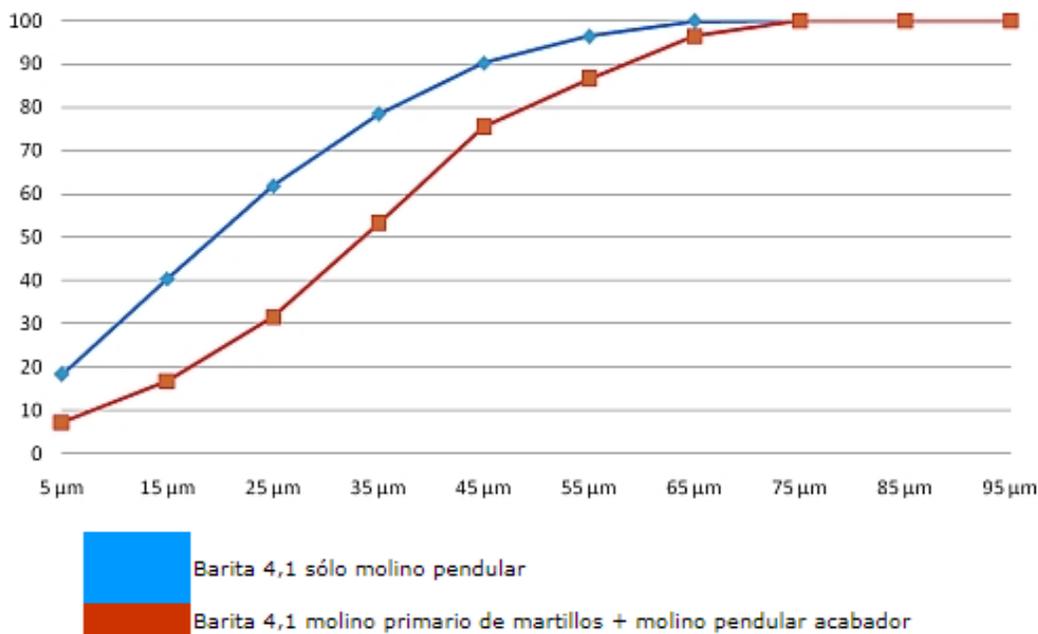
El hormigón con características de alta densidad se lo define como aquel con densidad mayor/superior a 3000 kg/m³. En su elaboración de administran minerales pesados, se mezclan agregados con menor densidad, pero se aumenta tendencia de la segregación.

Las resistencias de los mencionados son superiores a la de los tradicionales de igual razón la relación agua/cemento.

Para hormigones estructurales, hablamos de cantidades de cemento tales como 280 a 480 kg/m³ y una interacción cemento/agua de 0.5.

La curva granulométrica se adapta a las ASTM.

FIGURA 1.2 CURVA GRANULOMETRICA BARITINA O BARITA



Fuente: Manfredini & Schianchi. Moledura de barita

- Protección radiológica.

Todas las personas nos encontramos expuestas radiaciones ionizantes de alguna manera, de fuentes naturales o artificiales. Es importante considerar que dichas exposiciones son como una red de situaciones y sucesos.

Se entiende como protección radiológica a una actividad multidisciplinaria, de carácter técnico y científico, el cual tiene como propósito la protección de las personas y del medio ambiente contra los efectos nocivos y graves que puede resultar de la exposición a la radiación ionizante.

La exposición de individuos a la radiación o a materiales radiactivos implica que origina dosis a esos individuos. La protección puede lograrse actuando sobre la fuente, o en puntos de las vías de

exposición, y ocasionalmente modificando la ubicación o las características de los individuos expuestos. (Nuclear C. D., 2012)

- Descripción de factores de riesgos asociados a la exposición de rayos X

Los rayos X para uso médico, con el paso de los años, han aumentado las habilidades para detectar enfermedades y lesiones lo suficientemente a tiempo para que se manejen y dar un tratamiento a tiempo, tratar o curar un problema de salud leve o grave. Cuando se realizan en forma adecuada y en etapa temprana, estos procedimientos pueden mejorar notablemente la salud y pueden incluso salvar la vida de una persona.

Sin embargo, por otro lado, los rayos X o la exposición a los mismos, también producen radiación ionizante, la cual es una forma de radiación que tiene el poder potencial de dañar el tejido vivo de un paciente o del médico tratante (a cargo de las evaluaciones, procedimientos de rayos X).

Este es un riesgo que aumenta con la cantidad de exposición acumulada durante la vida (esto quiere decir, todas las exposiciones sumadas durante la vida de una persona). Los riesgos más representativos son:

- Posible desarrollo de cáncer en una persona expuesta a rayos X
- Posibilidad de cataratas y quemaduras de piel
- Posible cáncer a una edad temprana
- Realizar y conservar un “historial de los rayos X médicos” con los nombres de sus exámenes o procedimientos radiológicos, las fechas y lugares en donde se realizaron, y los médicos que lo solicitaron dichos exámenes.
- Informar con anticipación a los radiólogos o técnicos de rayos X si usted está embarazada o cree que puede estar embarazada. (NACIONALES, Radiación, & Vida, 2006).

Ya que los riesgos de radiación dependen de la exposición a la radiación, es útil conocer las exposiciones típicas a la radiación involucradas en diferentes exámenes de imágenes para la comunicación entre el médico y el paciente.

- Señalética de protección radiológica y equipos de protección personal

Para poder estar expuesto a radiación es estrictamente necesario el uso de equipos especiales, entre los equipos de protección radiológica para el paciente y médicos que realizan la actividad, se tienen en cuenta el mandil de plomo, protector de tiroides y el uso de anteojos plomados.

El mandil de plomo fue recomendado desde mucho tiempo atrás, cuando los equipos radiográficos dentales no eran tan modernos o sofisticados, y las películas eran más lentas.

Las dosis gonadales en los exámenes llegaban a los 50mGy, y eran reducidas en gran magnitud, por los mandiles de plomo. En exámenes actuales no exceden los 5 μ Gy, los mandiles de plomo no son eficaces en la reducción de estas dosis.

El collarín Tiroideo es un escudo flexible de plomo que se usa para proteger el cuello del paciente a nivel de la glándula tiroides. Los anteojos plomados están cubiertos de plomo para protección del cristalino del ojo.

Se hace uso de películas que tengan sales de plata de grano fino, lo que permite que la imagen sea revelada inmediatamente.

Para la protección del profesional o el Personal Ocupacionalmente Expuesto, el equipo de rayos X debe ser instalado en una sala con dimensiones suficientes para permitir al operador mantener una distancia a 2m del cabezal y del paciente. Las películas radiográficas no deben ser sostenidas por el operador, sino por un posicionador de radiografías, por el paciente o en último caso por un acompañante del mismo, cubrir el paquete radiográfico con un protector o sobre plástico (Whaites & Hay, 2009).

FIGURA 1.3 PROTECCIÓN PERSONAL PARA PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO

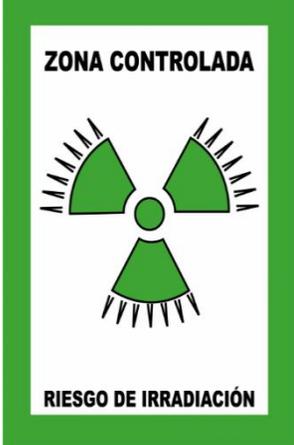


En cuanto a la señalética para radiación, se ve la necesidad en todo momento de colocarla en el cuarto en el cual se recibe la radiación tanto como en el otro lado del vidrio y pared de blindaje, ya que en algún momento puede aparecer gente ajena a la actividad de radiología el cual no sabría de los posibles peligros.

Aproximadamente a nivel mundial, se detecta que existe un 60 % de enfermedades detectadas por radiación por falta de información y señalización en las áreas destinadas a radiología. (Campos, y otros). La señalética que se coloca es de color amarillo, tomate, roja, verde y azul.

A su vez, cada color representa un tipo de peligro al que se puede encontrar expuesto. Toda la señalización es parte de un sistema de protección radiológico.

TABLA 1.1 TIPOS DE SEÑALETICA PARA RADIACIÓN

TIPO DE ZONA	CARACTERISTICAS	SEÑALIZACIÓN
ZONA VIGILADA	Delimita una zona con BAJA intensidad de radiación, siendo improbable que se llegue a los 3/10 del límite (15 mSv), pero pudiéndose superar 1/10 del límite (5 mSv). Su acceso debe estar limitado a las personas autorizadas. No es necesario el uso de dosímetro, pudiéndose suplir por dosimetría de área. Se señala con un trébol gris/azulado sobre fondo blanco.	
ZONA CONTROLADA	Delimita una zona con intensidad de radiación MEDIA, sin llegar al límite aludido, pero este puede superar los 3/10 del límite (15 mSv). Su acceso debe estar restringido a los profesionales encargados de operar el equipo productor de	

radiaciones ionizantes. Es necesario utilizar dosímetro. Se señala con un trébol verde sobre fondo blanco.

ZONA DE PERMANENCIA LIMITADA

Delimita una zona con ALTA intensidad de radiación, de forma que si una persona permaneciese en dicha zona podría recibir una dosis superior al límite anual de dosis (50 mSv). Se señala con un trébol amarillo sobre fondo blanco.



ZONA DE PERMANENCIA REGLAMENTARIA

Es una zona en la que existe el riesgo de recibir en cortos periodos de tiempo una dosis superior a los límites de dosis. Se señala con un trébol naranja sobre fondo blanco.



ZONA DE ACCESO PROHIBIDO

Zona en la que hay riesgo de recibir, en una exposición única, dosis superiores a los límites anuales de dosis. Se señala con un trébol rojo sobre fondo blanco



Fuente: NTP 614: Radiaciones ionizantes: normas de protección

- Sistema de protección radiológica

El objetivo de la Protección Radiológica es el de proteger a las personas y al medio ambiente de los efectos perjudiciales y posibles daños permanentes de la exposición a la radiación

ionizante sin limitar indebidamente las acciones humanas beneficiosas que pueden estar asociadas a tal exposición.

En 1977, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), a través de la Publicación nº 26, presenta unas recomendaciones en la que se establece un sistema de protección radiológica basado en tres principios básicos: justificación, optimización y limitación de dosis y que ha sido refrendado y reforzado, posteriormente, en otra serie de recomendaciones publicadas en 1991 y 2007. (ICRP, 1977).

- Diseño de accesos a las zonas de radiación

Para poder llevar acabo el diseño, se debe tener en cuenta las necesidades de las instalaciones el cual deben las clínicas a pretender dar respuesta a adquisiciones, la dosis a pacientes y médicos, riesgos potenciales de accidentes radiológicos y normativa legal existente y vigente.

Los diseños de las instalaciones deben contemplar el control de acceso a las zonas radiológicas, los detalles de los enclavamientos eléctricos y mecánicos de seguridad, composición y dimensiones de los blindajes.

Tabla 1.2 Zonas de cuarto de toma de rayos X

COMPONENTES	ZONAS
Puesto de control	Zona vigilada
Salas con equipos fijos, al menos mientras el generador esté conectado a la red	Zona controlada
Cabinas	Zona vigilada
Pasillos y dependencias de utilización pública	Zona de libre acceso

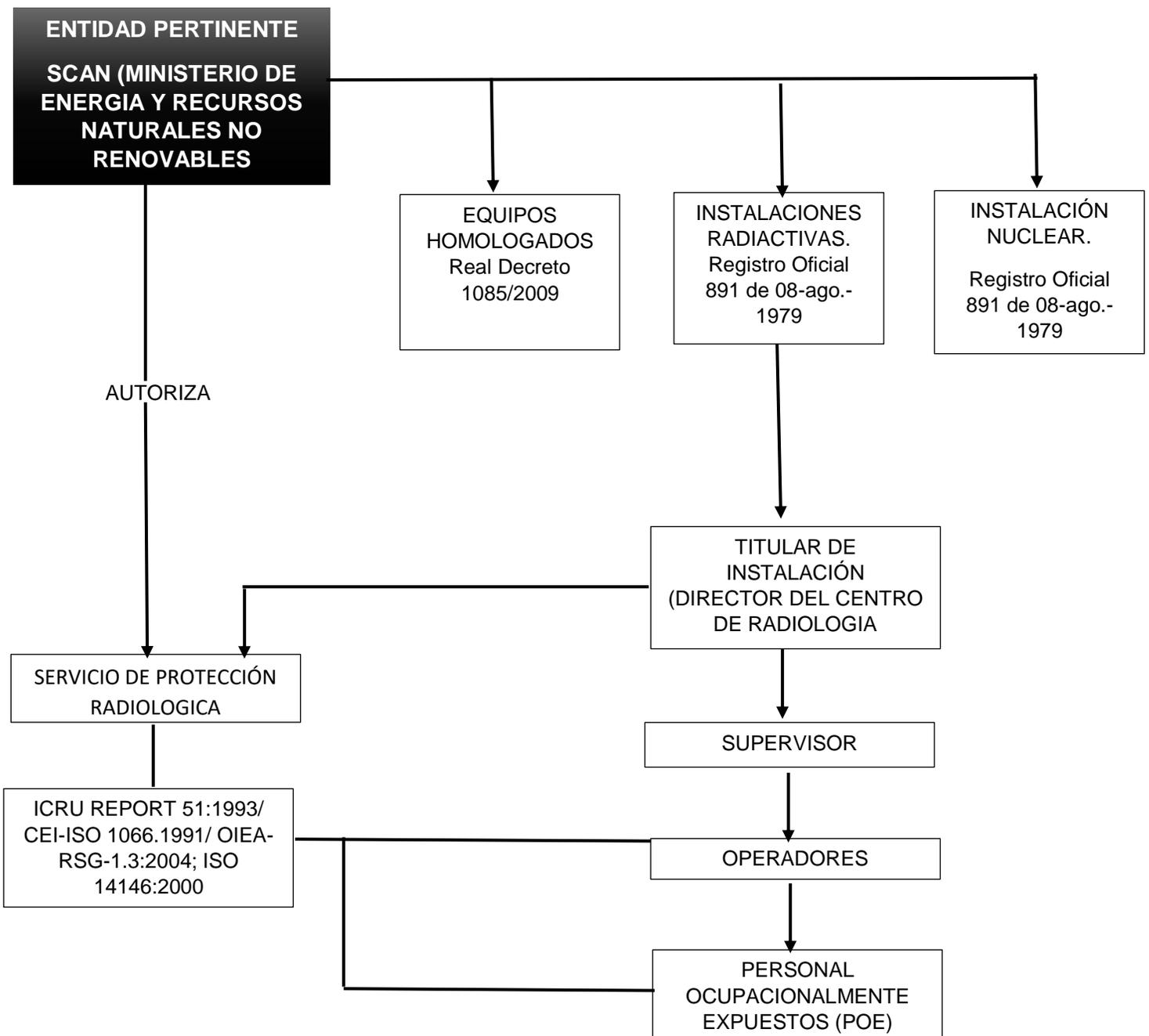
Fuente: Autor

Cada zona de las salas de radiología, tienen su componente el cual se describe en la tabla 1.2. Esto nos quiere indicar que en cada zona existen áreas específicas el cual no son de libre acceso más que una.

Existe una sola zona que es de libre acceso que es, como su nombre lo dice “Zona de libre acceso”. En esta zona es permitido el acceso y pase de pacientes, mas no a las demás zonas. Para

el ingreso a cada zona o las instalaciones de radiología, se debe seguir un proceso de autorizaciones como se las describe a continuación en el grafico 1.4.

FIGURA 1.4 PROCESO SECUENCIAL DE AUTORIZACIÓN Y USO DE UNA “INSTALACIÓN RADIATIVA”



- Unidades de medición de radiación

La radioactividad se mide y algunos de sus efectos se mide en unidades diferentes, no todas son iguales, pero se encuentran interrelacionadas. Estas son Radiactividad, exposición, dosis absorbida y dosis efectiva.

Las radiaciones ionizantes son invisibles, silenciosas, inodoras, insípidas y no pueden tocarse, en definitiva, no podemos detectarlas con nuestros sentidos.

El hecho de no detectarlas con nuestros sentidos podría llevar a pensar, equivocadamente, que no existen o que no pueden provocar ningún efecto biológico. Sin embargo, sí es posible reconocer su existencia por los efectos que ocasionan, por su capacidad de ionizar la materia y de ser absorbidas por la misma.

Conceptos clave:

Radiactividad es la cantidad ionizante estimada por un material, ya sea emitida por partículas alfa, beta o rayos gamma, rayos X o neutrones.

La energía en el Sistema Internacional, se mide en julios (J) y la masa en Kilogramos (Kg), por tanto, la dosis absorbida se medirá en J/Kg, unidad conocida con el nombre de Gray (Gy).

Exposición es la cantidad de radiación que se desplaza por el aire.

La dosis absorbida se entiende como la cantidad absorbido por un objeto o persona. La unidad es el RAD (EEUU) o GRAY (GY unidad internacional) .

Dosis efectiva es la cantidad de radiación absorbida por una persona, ajustada para representar el tipo de radiación recibida y el efecto en órganos específicos. La unidad para medir dosis efectiva es el REM (EEUU) o el SERVETIO (SV unidad internacional) (Unidos, 2017).

Se sabe que el daño producido por las radiaciones ionizantes en un ser vivo, además de depender de la dosis absorbida y del tipo de radiación, también está influenciado por el tejido u órgano que ha sufrido la irradiación.

Esto se debe a que no todos los tejidos de nuestro organismo son igual de sensibles a la radiación y por tanto no todos ellos contribuirán de igual forma al perjuicio que la exposición tendrá en

nuestra salud. Para tener en cuenta este factor, se ha definido la magnitud Dosis Efectiva, que al igual que la dosis equivalente, se mide en Sv (J/Kg).ey de la desintegración radioactiva

La razón de desintegración de un isótopo radiactivo se mide en el término de un tiempo que se lo llama vida media: el cuál es el tiempo necesario para que se desintegre la mitad de los átomos activos. Esta desintegración es evidente constantemente y no depende de condiciones externas como la temperatura, la presión, los campos magnéticos o eléctricos, puesto que dependen de lo que ocurre en el núcleo del átomo. (Hernández, 1996-2004).

- Periodo de desintegración

Los tipos de desintegración son desintegración alfa, desintegración beta, desintegración gamma.

La desintegración alfa es el elemento radiactivo de número atómico Z, emite un núcleo de Helio (dos protones y dos neutrones), el número atómico disminuye en dos unidades y el número másico en cuatro unidades, produciéndose un nuevo elemento situado en el lugar Z-2 de la Tabla Periódica.

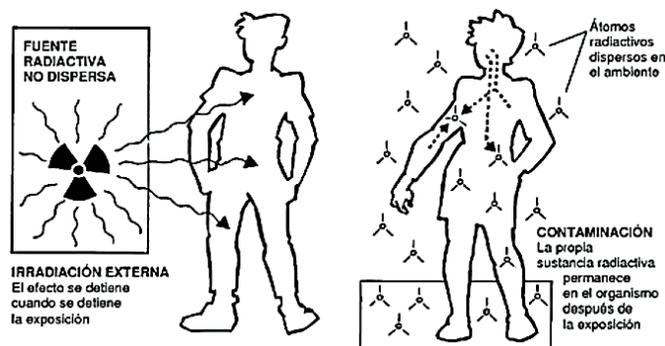
La desintegración beta consiste en que el núcleo del elemento radiactivo emite un electrón, el cual, su número atómico aumenta si densidad, pero el numero másico no se altera.

La desintegración gamma es el núcleo del elemento radiactivo emite un fotón de alta energía, la masa y el número atómico no cambian, solamente ocurre un reajuste de los niveles de energía ocupados por los nucleones.

- Irradiación y contaminación radiactiva. Exposición y efecto biológico

Se denomina irradiación a la transferencia de energía la de un material radiactivo a otro material, sin que sea necesario un contacto físico entre ambos, y contaminación radiactiva a la presencia de materiales radiactivos en cualquier superficie, materia o medio, incluyendo las personas. Es evidente que toda contaminación da origen a una irradiación. (Texto tomado de NTP) (INSHT, Benés, & Carrera, 2000)

FIGURA 1.5 RECEPCIÓN DE DOSIS DE RADIACIÓN



Se dice que hay riesgo de irradiación externa cuando, por naturaleza de la radiación y el tipo de práctica, la persona únicamente se encuentra expuesta cuando la fuente se encuentra activa y no se da el contacto directo con el material radiactivo.

En cuanto a la contaminación, se da cuando puede haber contacto con sustancias radiactivas y la misma es posible que ingrese al organismo por varias vías como es la respiratoria, dérmica o digestiva, incluso parenteral. A la contaminación se la de nómina más peligrosa que la irradiación, ya que la persona sigue estando expuesta a la radiación, hasta el momento que se eliminan los radionúclidos por metabolismo o decaiga la actividad radiactiva de los mismos.

De ser el caso que se presente de contaminación radiactiva del organismo humano, los radionúclidos están depositados en la piel, los cabellos o las ropas, o bien hayan penetrado en el interior del organismo, a este se considera contaminación externa o contaminación interna. La gravedad del daño producido está en función de la actividad y el tipo de radiaciones emitidas por los radionúclidos.

La exposición se lo domina al hecho de que una persona se encuentra sometida o expuesta a los efectos y acción de la radiación ionizantes, el cual son externas, internas, totales, continua, única, global y parcial.

- Tipos de blindaje

El blindaje de aparatos de rayos X se considera bajo dos aspectos diferentes, blindaje de la fuente y blindaje estructural. El blindaje de la fuente suele ser efectuado por el fabricante o proveedor de la carcasa del tubo de rayos X.

Los reglamentos de seguridad especifican un tipo de carcasa protectora del tubo en las instalaciones de rayos X para diagnóstico médico. (Robert N. Cherry, s.f.)

El blindaje por diseño se lo plantea según el valor de la dosis efectiva en las áreas ocupadas consideradas.

El blindaje es importante para disminuir la exposición radiológica de los trabajadores de la instalación y del público en general. Los requisitos del blindaje dependen de varios factores, incluidos el tiempo que los trabajadores de la instalación radiológica o el público en general están

expuestos a las fuentes de radiación y el tipo y la energía de la fuente de radiación y sus campos radiológicos.

En el diseño de blindajes radiológicos, el material absorbente debe colocarse lo más cerca posible de la fuente de radiación. Para cada tipo de radiación es preciso considerar por separado el blindaje que será necesario aplicar. El diseño del blindaje puede ser una tarea compleja.

En el diseño de blindajes complejos se debe consultar siempre a expertos calificados.

Se debe obtener el factor de atenuación que es necesario para reducir el valor de la dosis efectiva sin blindaje al valor de la dosis efectiva correspondiente al área ocupada.

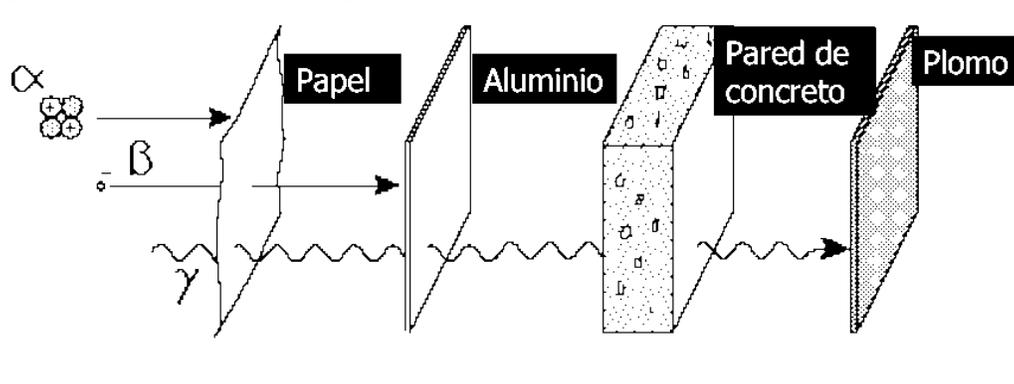
Los factores que definen un blindaje son la fuente de radiación, el tiempo de irradiación, la distancia, el factor de ocupación del lugar a proteger, valor de la dosis en límite anual que se requiere que reciba el paciente.

Estos se basan normalmente en 5 MSV por año para empleados que se encuentran expuestos, el cual corresponde al 25% de límite al año, y 1 MSV para el público en general.

Como regla sencilla se aplica estimar 0.1 mGy para el periodo en que la película se encuentra almacenada, el cual, si es en 1 mes la dosis de diseño varia, cambia, y sería de 0.25 mGy /semana.

(Measurements)

FIGURA 1.6 DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES DE PARED DE BLINDAJE



El pequeño alcance de las partículas alfa en aire (aproximadamente 1 cm por MeV de energía) y su escasa penetración en el tejido (no llegan a atravesar la capa basal de la piel estimada en 70 μm), hacen innecesario cualquier tipo de protección contra la radiación externa.

- Blindaje fuente de emisión beta

Dado el alcance finito, la tasa de fluencia de partículas beta puede reducirse a cero si se interpone un material de espesor mayor o igual al alcance de las partículas en dicho material.

- Blindaje fuente de emisión gamma

Los blindajes para radiación gamma son preferibles los materiales con alto número atómico ya que absorben mayor cantidad de radiación a igualdad de masa que los de bajo número atómico.

- Blindaje para radiación dispersa

Con normalidad, el material de blindaje más económico para unas salas de radiación, es el plomo, dado que la cantidad de radiación dispersada por este material es menor que la dispersada por materiales más ligeros. La barrera de protección primaria en salas de radiodiagnóstico no necesita extenderse más de 2,10 m desde el suelo; por lo tanto, las aberturas en la pared por encima de esta altura, normalmente, no requieren el recubrimiento. (seguridad, 1990).

- Dosis de radiación

Existen 3 tipos de dosis cuando hablamos de radiación y estas son dosis absorbida, dosis equivalente y la dosis efectiva.

La dosis absorbida es la concentración de energía depositada en el tejido como resultado de una exposición a la radiación ionizante y se usa para la evaluación de la posibilidad de cambios bioquímicos en un tejido específico. La unidad de medición para la dosis absorbida es el miligray (mGy). La dosis equivalente es una cantidad que toma en cuenta las propiedades dañinas de los diferentes tipos de radiación y se usa para evaluar cuánto daño biológico se espera de la dosis absorbida. La dosis efectiva es un valor calculado en mSv, que toma en cuenta tres factores:

- ✓ la dosis absorbida por todos los órganos del cuerpo,
- ✓ el nivel relativo de daño de la radiación, y
- ✓ la sensibilidad de cada órgano a la radiación.

- Relación dosis respuesta

Esta es utilizada para evaluar efectos a largo plazo que podría presentarse en el futuro.

La radiobiología se entiende como la ciencia que estudia los efectos que se producen en los seres vivos (humano o animal) al estar expuestos a radiaciones ionizantes. Esto se entiende como la dosis de radiación y respuesta del organismo.

“Las relaciones dosis-respuesta determinan que tratamiento rutinario se debe aplicar con el fin de aplicar terapia para pacientes que sufren enfermedades malignas, y por otro lado han sido diseñadas para proporcionar información sobre efectos de irradiación a bajas dosis.

La energía depositada por las radiaciones ionizantes al atravesar las células vivas da lugar a iones y radicales libres que rompen los enlaces químicos y provocan cambios moleculares que dañan las células afectadas. En principio, cualquier parte de la célula puede ser alterada por la radiación ionizante, pero el ADN es el blanco biológico más crítico debido a la información genética que contiene. Una dosis absorbida lo bastante elevada para matar una célula tipo en división (2 Grays ver la definición más adelante), sería suficiente para originar centenares de lesiones reparables en sus moléculas de ADN.

Las lesiones producidas por la radiación ionizante de naturaleza corpuscular (protones o partículas alfa) son, en general, menos reparables que las generadas por una radiación ionizante fotónica (rayos X o rayos gamma). El daño en las moléculas de ADN que queda sin reparar o es mal reparado puede manifestarse en forma de mutaciones cuya frecuencia está en relación con la dosis recibida”. (TRABAJO, NTP 614: Radiaciones ionizantes: normas de protección, 200)

Para medir esta DE se ha establecido una unidad científica estándar llamada mili sievert (mSv).(1 mSv (100 mrem). (expuestos & SERADPA, 2018)

TABLA 1.3 LIMITE DE DOSIS

POR PERSONAL VINCULADO A ZONAS RADIOLOGICAS	
	DOSIS EFECTIVA
Personal	Todo el organismo.....100 mSv/ 5 años consecutivos
Ocupacionalmente Expuesto (POE)	Dosis Máxima.....50 mSv/año (cualquiera)
	DOSIS EQUIVALENTE
	Cristalino.....150 mSv/año
	Piel.....500 mSv/año (S=1 cm ²)
	Manos, antebrazo, pies y tobillo.....500 mSv/año

Mujeres	DOSIS EQUIVALNTE
Embarazadas y en periodo lactante	Feto.....1 mSv/desde comunicación a fin de embarazo Lactancia.....Sin exposición desde si comunicación
Personal especialmente autorizado	Según criterio del Consejo de Seguridad Nuclear, se podrá autorizar un valor superior a los fijados para el trabajador expuesto.
Miembros del Publico	DOSIS EFECTIVA Todo el organismo.....1 mSv/(1) (Salvo excepción por el C.S.N) DOSIS EQUIVALENTE Cristalino.....15 mSv/año Piel.....50 mSv/año (S=1cm ²)

Fuente: Libro Higiene Industrial Aplicada “Ampliada”. Falagan Rojo, Manuel Jesús
Se recomienda que no se superen 20 mSv al año como media en un periodo de 5 años y que ningún año supere los 50 mSv.

Cuando hablamos de límite de dosis personal, estamos tratando la dosis que puede recibir el personal que está VINCULADO al área de radiología, anualmente. Si sobre pasa los limites indicados, se presentan enfermedades posiblemente catastróficas.

TABLA 1.4 LIMITE DE DOSIS INDIVIDUAL PARA POE Y PUBLICO

			20 mSv/ año oficial (máximo: 50 mSv/ cualquier año). 100 mSv/ año en 5 años oficiales consecutivos.
DOSIS EFECTIVA	Personal Ocupacionalmente Expuesto	Trabajadores Aprendices y estudiantes (16-18 años)	6 mSv/ año
	Personal no Ocupacionalmente Expuesto	Público, aprendices y estudiantes (menores de 16	1 mSv/ año

		años)	
DOSIS EQUIVALENTE	Personal		Trabajadores
	Ocupacionalmente	Cristalino	20 mSv/ año oficial (máximo 50mSv/ cualquier año.
	Expuesto		100 mSv/año en 5 años oficiales consecutivos.
		Piel	500 mSv/ año
		Manos, antebrazos, piel y tobillos	500 mSv/año
Aprendices y estudiantes entre 16-18 años			
		Cristalinos	20 mSv/ año
		Piel	150 mSv/año
		Manos, antebrazos, piel y tobillos	150mSv/año
Público, aprendices y estudiantes menores de 16 años			
		Cristalino	15 mSv/año
		Piel	50 mSv/año
CASOS ESPECIALES	Embarazadas	Debe ser improbable superar	1mSv/año
	Lactantes	No debe haber riesgo de contaminación radiactiva corporal.	

Fuente: Levantamiento Radiométrico. (Axxiscan S.A)

En la tabla 1.4 se describe según el tipo de dosis a recibir el personal, cual es el límite permitido en todo el personal, incluyendo casos especiales como embarazadas y lactantes.

TABLA 1.5 DOSIS MAXIMA PERMITIDA SEGÚN ORGANOS DEL CUERPO

ORGANO	DOSIS MAXIMA PERMITIDA
Cuerpo entero, gónadas	5 Rem/ año
Medula Ósea	3 Rem/ trimestre
Hueso, piel de todo el cuerpo	30 Rem/ año
Tiroides	15 Rem/ trimestre
Manos, ante brazo y pies	75 Rem/ año

Tobillos	40 Rem/ trimestre
Todos los otros órganos	15 Rem/ año
	8 Rem/ trimestre

(REM= 1 Sv = 100 rem) **Fuente: Dosimetría radiológica; ING. ROBERTO ESTÉVEZ ECHANIQUE.**

La dosis permitida que recibe el personal vinculado a la radiología, no solo se lo puede representar por tipo de persona, si no, de igual manera por órgano. Estos a su vez, tiene límites anuales y trimestrales.

- CALCULO DE BLINDAJE

El blindaje de la instalación de rayos X tiene que construirse de manera que la protección no se vea mermada por juntas, por aberturas para conducciones, tuberías, que atraviesen las barreras, ni por conductos, registros de servicio y similares empotrados en las barreras.

El blindaje no sólo debe cubrir la parte posterior de los registros de servicio, sino también los lados, o extenderse lo suficiente para ofrecer una protección equivalente. Los conductos que atraviesen barreras deben poseer las curvas suficientes para reducir la radiación al nivel exigido. Las ventanas de observación deberán tener un blindaje equivalente al exigido para la partición (barrera) o puerta en la que están practicadas.

El cálculo de la atenuación de fotones¹ sería un problema sencillo si únicamente existiese absorción. Sin embargo, es complejo porque un fotón puede ser dispersado o pueden generar más fotones generando en algunas ocasiones, un aumento del flujo de fotones emergentes respecto al incidente.

Las instalaciones de radioterapia pueden necesitar cerrojos de puertas, luces de aviso, circuito cerrado de televisión o medios de comunicación audibles (ejemplo: voz o timbre) y comunicación visual entre quien pueda estar en la instalación y el operador.

Hay barreras protectoras de dos tipos:

¹ Fotones: Partícula mínima de energía luminosa o de otra energía electromagnética que se produce, se transmite y se absorbe.

1. Barreras protectoras primarias, que son suficientes para atenuar el haz primario (útil) hasta el nivel admisible.
2. Barreras protectoras secundarias, que son suficientes para atenuar la radiación de fuga, la dispersada y la difundida al nivel requerido.

El método de cálculo introducido por el NCRP² tiene como finalidad facilitar el diseño y el cálculo del espesor de las barreras protectoras debido a que proporciona los datos necesarios para un departamento moderno de radioterapia que cuenta con el uso de nuevas técnicas especiales y convencionales.

También propone recomendaciones e información técnica para el diseño, seguridad radiológica para el funcionamiento de una instalación radiactiva, selección de un apropiado material y de los métodos de cálculo de espesor de las paredes de las instalaciones a fin de limitar la exposición a radiación ionizante a los miembros del público y al POE.

**TABLA 1.6 CARGAS DE TRABAJO SEMANALES PARA CÁLCULO DE BARRERAS
EN RADIODIAGNÓSTICO**

		Tensión (kVp)	Carga semanal (mA.min/sem)
1	Equipos para Radiografía (sin Radioscopia)	100, 125, 150	160, 80, 40
2	Equipos con Radioscopia Mesas con tubo de Rx debajo Mesas con tubo de Rx encima (ej. Telemandos)	hasta 110 kVp	1.200-3.00

² National Council on Radiation Protection and Measurements: Consejo Nacional de Protección y Mediciones de Radiación, anteriormente el Comité Nacional de Protección y Mediciones de Radiación, y antes de eso, el Comité Asesor sobre Protección de Rayos X y Radios, es una organización de los Estados Unidos

3	Mamógrafos	Hasta 50	2.000
4	Tomografía Computarizada. (corresponde a 1.000 cortes por semana con 300 mAs/corte)	120	5.000
5	Equipos de Radiografía Dental	60	4
6	Equipos de Radiografía Dental Panorámica	85	200

Fuente: Aspectos técnicos de seguridad y protección radiológico de instalaciones médicas de rayos X para día nóstico. COLECCION GUIAS DE SEGURIDAD DEL CSN.

Carga de trabajo (W) es una medida de la cantidad de radiación (entregada por el tubo) en un tiempo determinado, en este caso, se lo calcula con el tiempo de una semana. Varía mucho con el máximo kVp supuesto de la unidad de rayos X.

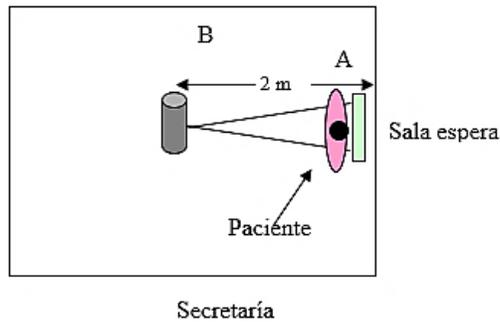
La carga de trabajo se expresa en mA.min/semana y se obtiene estimando el número de exploraciones realizadas por semana y la técnica utilizadas en cada una de ellas. La carga de trabajo total del equipo es la suma de las cargas de trabajo de cada uno de los distintos estudios que se realizan en la sala.

La carga de trabajo de cada unidad de radiodiagnóstico es variable, con lo cual es difícil establecer una sistemática para recoger esta información. La carga de trabajo puede variar con el tiempo, por lo que es conveniente utilizar valores conservadores que tengan en cuenta posibles aumentos futuros del número de exploraciones o de las técnicas de trabajo. Consultar en Anexo I los valores orientativos de las cargas de trabajo semanales tomados de la norma DIN-6812

CALCULO DE BLINDAJE PARA BARRERA PRIMARIA

Pared A de una sala de rayos X dedicada a la exploración de Tórax, que soporta el bucky vertical.

DATOS GENERALES	Símbolo	Valores
Factor de uso	U	1
Factor de ocupación	T	0,25
Clasificación de zona		Libre acceso
Límite semanal (mSv)	Hw	0,02



DATOS DE CARGA SEMANAL

Carga semanal (mA.min)	W	80
Tensión máxima (50-150)	KVp	125
Rendimiento (mSv. m ² /mA.min)	Γ	11,1

DISTANCIAS DE CÁLCULO

Distancia foco-barrera (m)	d	2
----------------------------	---	---

FACTOR DE ATENUACIÓN

A	2,78E+03
---	----------

ESPESOR PLOMO (DIN 6812) (mm)

2,01

Espesor equivalente en otros materiales

Hormigón baritado de 3,2 g/cm ³ DIN 6812 (cm)	2,5
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIN 6812 (cm)	16,0
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIN 6812 (cm)	22,8

- Dosis proyectada y dosis evitada.

En algunas “recomendaciones” realizadas en los 90 se hizo énfasis en, siempre que las dosis individuales se encuentren correctas por debajo de los umbrales para los efectos deterministas nocivos, el efecto de la contribución de una fuente a una dosis individual es posible que se considere independiente de los efectos de algunas dosis provenientes de otras fuentes.

Para muchos propósitos, cada fuente o grupo de fuentes podrían tratarse de una manera independiente. Es entonces necesario tomar en cuenta la exposición de individuos expuestos por esta fuente o grupo de fuentes.

- Posibles enfermedades causadas por la exposición a radiación

Al estar expuestos por cierto tiempo a la radiación, estamos propensos a efectos NO estocásticos y efectos estocásticos.

El efecto estocástico es la probabilidad que aparezca una reacción al aumento de la dosis de exposición a la radiación y la gravedad es la misma. Por ejemplo, posible cáncer. Estocástico se entiende por algo que ocurre al azar y de naturaleza aleatoria.

El efecto NO estocástico es el efecto que se relaciona con la dosis de forma determinada, es decir, si se ha depositado una dosis suficientemente alta, aparecerá cierto tipo de efectos. Por ejemplo, si estamos expuestos a una dosis de rayos X que excede los 100 REM, aparecerá la piel enrojecida, o tras algún nivel de dosis se producirá cataratas en los ojos.

También podemos clasificar a los efectos como DIRECTOS E INDIRECTOS.

Los efectos directos son cuando la energía de la radiación se transfiere a la materia por medio de la ionización o cuando se rompen los enlaces químicos. Al momento de pasar la radiación, deja huellas de enlaces moleculares rotos.

El efecto Indirecto, son los iones que se van quedando en el camino, el cual formara un nuevo enlace.

En cuanto a dosis de exposición acumulativa (cuerpo entero), de acuerdo a la contextura física del individuo, la exposición continua de radiación ionizante, sobre los niveles de radiactividad natural puede causar las siguientes enfermedades:

- ✓ Lesiones Superficiales: Dermatitis, depilación y pérdida de brillo de las uñas.

- ✓ Lesiones Hematopoyéticas: Linfopenia, leucopenia, anemia, leucemia y pérdida de inmunidad específica.
- ✓ Propensión a tumores malignos: Carcinoma de la piel y sarcoma.
- ✓ Reducción del promedio de duración de la vida.
- ✓ Aberraciones genéticas: Mutaciones genéticas directas o aberraciones cromosómicas.
- ✓ Otros efectos: Cataratas lenticulares, esterilidad.

SÍNDROME AGUDO DE LA RADIACIÓN (SAR)

El síndrome agudo de radiación (SAR), son los síntomas y signos que se evidencian luego de que el paciente se expone a altas dosis de radiación, la severidad depende de la magnitud de la dosis absorbida y de su distribución. Solamente se desarrolla si se supera un cierto umbral de dosis, para exposiciones agudas y únicas el umbral se encuentra entre 0,8 y 1 Gy. Los síntomas del síndrome agudo por radiación generalmente se presentan enseguida después de la exposición, pero pueden aparecer con el tiempo.

Los síntomas incluyen náuseas y vómitos, diarrea, dolor de cabeza, mareos, fatiga, sangrado, pérdida de cabello e hinchazón, enrojecimiento y problemas de la piel. Las dosis muy grandes de radiación pueden causar la muerte. (Echanique & Edifarm, 2018)

De acuerdo a la dosis en todo el cuerpo, se pueden identificar las siguientes formas del síndrome agudo de radiación (SAR):

- ✓ Hematopoyética.- Cuando la persona es irradiada entre 1-10 Gy, le provoca hemorragia.
- ✓ Gastrointestinal.- Dosis entre 10-20 Gy, se da la pérdida de la capacidad metabólica digestiva.
- ✓ Neurovascular. - Con dosis superiores a los 20 Gy, se pierden las funciones gastrointestinales y neurológicas; no existe cura.

Cada una de estas tres formas del SAR posee 4 fases sucesivas:

- ✓ Prodromal: Se desarrolla en las primeras horas siguientes a la irradiación, iniciándose con fatiga, otros signos como anorexia, náuseas, vómitos, diarrea, cefalea, eritema y fiebre; estas manifestaciones clínicas tienen duración variable dependiendo de la dosis recibida.
- ✓ Latencia: No hay manifestaciones clínicas, este periodo tiene duración variable y será más corto cuanto mayor haya sido la dosis.

- ✓ Crítica o de Estado
- ✓ Recuperación o Muerte

CLASIFICACIÓN DE LAS QUEMADURAS RADIOLÓGICAS

Tipo A radiológico. Aparición de un eritema seguido de epitelitis seca. Recuperación alrededor de la 4ta semana con o sin alteraciones pigmentarias. Requiere tratamiento médico.

Tipo AB-radiológico. Aparición de eritema inicial seguido de un periodo de latencia y posteriormente una fase eritematosa típica que antecede a epitelitis exudativa. Después de algunas semanas o meses se pierde características normales como folículo piloso, glándulas sebáceas y sudoríparas

Tipo B-radiológico. Lesión de todas las capas de la piel y sus anexos. El dolor es severo y las lesiones ulcerosas precoces evolucionan a la necrosis. El tratamiento médico y quirúrgico está relacionado con el tamaño de la lesión. En lesiones menores al 0,5% de la superficie corporal evolucionan cicatrizando peor en otros casos la única forma posible de cierre es mediante una cubierta temporaria o injerto definitivo

En exposiciones más graves, no se habían dado instrucciones adecuadas a los operadores y al personal de mantenimiento. Si se hubieran aplicado métodos sencillos y seguros contra fallos para garantizar que los tubos de rayos X estuvieran apagados durante las intervenciones de reparación y mantenimiento, podrían haberse evitado muchas exposiciones accidentales laborales y a pacientes.

Los operadores y el personal de mantenimiento que trabajan con estas máquinas deben utilizar dosímetros personales de dedo, muñeca o de preferencia cuerpo completo. Si se hubieran exigido cortacorrientes se podrían haber evitado muchas exposiciones accidentales. El error humano del operador fue y será una causa que contribuyó a desencadenar la mayoría de los accidentes.

La falta de centros adecuados o el diseño defectuoso del blindaje empeoraron a menudo la situación provocando así a más de una persona ya sea paciente o personal ocupacionalmente expuesto, la absorción de radiación con posibles efectos, daños a la salud con el paso del tiempo.

- Nivel de Referencia

El nivel de referencia no es un límite, es un valor de comparación que le permite a un profesional conocer que valores de dosis son “inherentes a una determinada practica”, por ende, son valores alcanzables que es conveniente lograr para mejorar la protección del paciente dado que no debieran afectar la calidad de la imagen objetivo de la práctica.

Los Niveles de Referencia para aplicarlos debieran, en teoría, ser establecidos por los especialistas de las diferentes ramas del radiodiagnóstico en eventual trabajo con especialistas en Protección Radiológica, Dosimetría y el equipamiento específico.

Los valores ya establecidos por algunas instituciones internacionales pueden ser de gran utilidad para realizar trabajos de radiología. Se han establecido niveles de referencia para algunas actividades como radiología, fluoroscopia, tomografía Computada, medicina nuclear.

TABLA 1.7 COMPARACIÓN DE ESPESORES EQUIVALENTES ENTRE PLOMO, CONCRETO Y BARITA

PLOMO	CONCRETO	BARITA
(11.34gr/cm ³)	(2.35gr/cm ³)	(3.25 gr/cm ³)
1 mm	8.1 cm	6.61 cm
1.5 mm	12.15 cm	9.92 cm
2 mm	16.20 cm	13.22 cm

Fuente: Física de radiaciones. Plomo contra barita. 31 de mayo de 2008; Concreto para rayos X. Concret X-Ray. Radio Frecuencia y puesta a tierra; División de blindaje Rayos X.

Para las diferentes construcciones y con diferentes fines, se utilizan varios espesores del material. En este caso, para radiación, se hace uso de plomo, concreto y baritina, dando el plomo como el más fino. El plomo se lo utiliza en planchas, mientras que la baritina y concreto se lo utiliza en polvo fino, similar a la arena.

TABLA 1.8 ESPESOR DE VIDRIO PLOMADO

Espesor físico	8 mm	10 mm	12 mm	15 mm	20 mm
-----------------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------

(mm)					
Espesor equivalente a (mm Pb).	.8-2.0	2.3-2.5	2.7-2.9	3.5-3.7	4.7-4.9
Kv Máximo de trabajo (KV).	150	150	150	150	150
Contenido de plomo %.	56%	56%	56%	56%	56%
Densidad (gm/cm ³).	4.46	4.46	4.46	4.46	4.46
Peso en Kg/metro cuadrado.	34	43,48	53	64	83
Transmitancia ³ en % por 5 mm	≥89	≥89	≥89	≥89	≥89

Fuente: XRAY-CID. VIDRIO ANTIRADIACIONES DE RAYOS X.

Hasta el momento, no se tiene registro de vidrios hechos con baritina, por el cual se usa vidrio plomado. Sin embargo, en la ficha técnica del vidrio plomado o emplomado, se menciona que en propiedades químicas tiene plomo (pb) y bario (ba). Estos deben cumplir con especificaciones técnicas (Anexo ficha técnica de vidrio plomado). Estos vidrios están especialmente diseñados para salas de radiología de hospitales y centros médicos en general que cuenten con este servicio. Existen diferentes vidrios con un valor equivalente en mm de pared de plomo.

FIGURA 1.7 VIDRIO EMPLOMADO.



³ **Transmitancia** se define como la cantidad de radiación que atraviesa un cuerpo en determinada cantidad de tiempo.

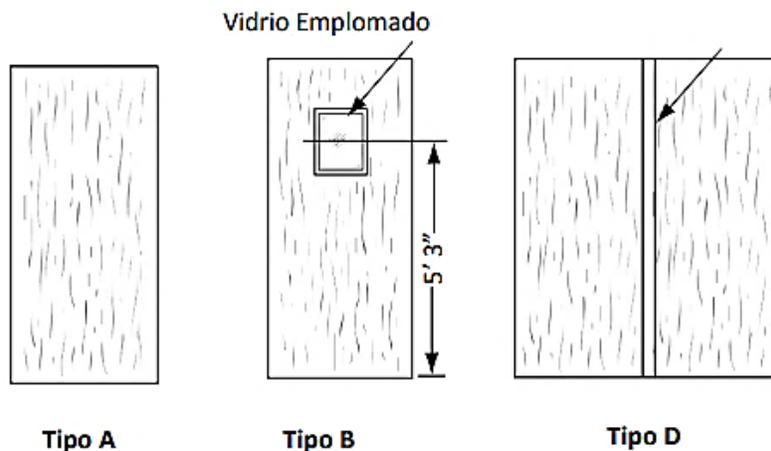
**TABLA 1.9 CUADRO DE RENDIMIENTO, ESPESOR, ANCHO Y LARGO ENTRE
BARITINA Y PLOMO**

LARGO	ANCHO	ESPESOR	KG BARITINA	EQUIVALENCIA EN MM DE PLOMO
1 m	1 m	1 cm	20	0.5 mm
1 m	1 m	2 cm	40	1.0 mm
1 m	1 m	3 cm	60	1.5 mm
1 m	1 m	4 cm	80	2.0 mm

Fuente: concreto para rayos x. rayos x, tomografía, mastografía fluoroscopia y medicina nuclear.

El plomo y baritina no tiene la misma resistencia, por lo cual reacciona diferente en cuanto a otros materiales. En largo y ancho reaccionan de la misma manera los dos materiales, sin embargo, en espesor varía entre 1 y 4 centímetros. En cuanto a kilogramos varía entre 20 y 80 kg de baritina, y en plomo entre 0.5 y 2.0 mm.

FIGURA 1.8 TIPOS DE PUERTA PARA CUARTO DE RAYOS X



Fuente: Manusa. Intelligent acces

La puerta blindada es una de las muchas soluciones para garantizar la seguridad de personal acompañante de pacientes y principalmente al POE (personal ocupacionalmente expuesto). Es una puerta que en su interior va reforzada con placas de plomo, lo que hace que sea más resistente y brinde mayor seguridad.

Las puertas blindadas tienen una cerradura de gran seguridad ya que incluyen unas piezas llamadas cilindros que hacen imposible la manipulación con ciertas herramientas. Además, el blindado favorece un mayor aislamiento de ruidos externos, así como también de factores climáticos severos.

En cuanto al tipo de puertas a ser utilizadas (figura 1.6), la puerta tipo A se utiliza para las cabinas de las salas de radiología, el cual es donde se encuentra el personal ocupacionalmente expuesto realizando los disparos de tomas y revisión de las mismas. La puerta tipo B se utilizan en centros odontológicos, el cual es necesario una pequeña ventana para verificar al paciente. La puerta de tipo D, se utiliza para el ingreso de pacientes en camilla. Es más común ver este tipo de puertas en hospitales o en centros de radiología el cual están en clínicas, es decir, que tienen más afluencia de pacientes y reciben de igual manera pacientes de emergencias. Los tipos de puertas son abatibles.

FIGURA 1.9 IMÁGENES REALES DE TIPOS DE PUERTA PLOMADA.



Fuente: Autor

- Costos de material Plomo y Baritina

El costo del plomo se encuentra actualmente en 1.902,00 USD la tonelada, mientras que el valor del sulfato de bario es de 13.44 USD el saco de 45 KG.

FIGURA 1.10 COSTOS ESTIMADOS DE CONSTRUCCIÓN DE CUARTO DE RAYOS X CON PLOMO

Cant.	Und.	Descripción partida	Costos directos			Costos indirectos, \$	C/U, \$	C/T, \$
			Material, \$	MO, \$	Otros, \$			
224	m ²	Limpieza	-	82.04	12.64	23.67	0.53	118.35
100	m ²	Trazo y nivelación lineal de construcción	116.77	0.21	6.96	30.98	1.54	154.92
58	m ³	Excavación a Mano Hasta 1.50 m (material blando)	-	1.51	65.45	16.74	1.46	85.16
58	m ³	Relleno Comp. 20:1(c/mat. Selecto)	878.99	3.02	-	220.50	19.19	1,121.7
58	m ³	Desalojo de material	-	10.08	120.00	32.52	2.83	165.43
100	ml	Solera de Fundación 40x20 cm, 4#3 + 1#2 @ 15 cm	1,096.35	125.50	6.28	307.03	15.29	1,550.45
15	U	Zapata Z-2 0.50x0.50 m, e=1.20 mm; ref. #3 @ 7cm ambos sentidos	416.89	71.25	178.35	166.62	55.54	888.65
1	m ³	Pedestal de 0.45x0.35 m, h=0.60 m, ref. 8#5 + est. #2 @ 0.15 F'C 210	412.96	60.67	2.55	119.04	595.22	1,190.44
7	ml	Columna de 0.4x0.30 m, ref. 8#5 + est. #2 Y est. #3 @ 15 cm	1,220.44	43.29	1.60	316.33	237.49	1,819.15
13	ml	Refuerzo tipo cargadero en puertas Bloque de 15x20x40 cm	95.92	18.35	9.70	30.99	12.20	167.16
201	ml	Solera Intermedia, ref. 1#3	600.28	140.56	14.77	188.90	4.70	949.21
3	ml	Solera Coronamiento 20x15 cm, ref. 4#3 + est. #2 @ 0.15 fc 210	499.23	3.01	9.22	127.86	212.26	851.58
326	m ²	Paredes de bloque de 10x20x40 cm, ref. Vertical 1 #3 @ 60 cm., ref horiz. 2#2 @ 40 cm	6,071.35	1,676.5	345.99	2,023.46	31.01	10,117.30
180	ml	Polín C de 4x2 m, Chapa 16	632.46	144.00	4.32	195.20	5.42	981.4
35	m ²	Cubierta de lámina de zinc alum	1,273.90	134.68	4.04	353.16	50.45	1816.23
168	m ²	Piso de ladrillo cemento 0,25x0,25 m color rojo	2,214.36	336.70	10.10	640.29	19.02	3220.47
55	m ²	Piso tipo acera espesor de acera de 10 cm	232.17	69.38	2.08	75.91	6.84	386.38
6	U	Ventana de celosía de vidrio nevado con marco de aluminio anodizado color natural 0.80x1.00 m				47.40	39.50	86.9
2		Ventana de celosía de vidrio nevado con marco de aluminio anodizado color natural 0.60x0.40 m				8.50	21.25	29.75
6	U	Defensa metálica de hierro cuadrado de 1/2 pulg. 0.80x1.00 m				64.50	53.75	118.25
2	U	Defensa metálica de hierro cuadrado de 1/2". 0.60x0.40				11.00	27.50	38.5
1	U	Puerta Balcón de 1.0x2.0 m. Marco de tubo estructural cuadrado de 1 pulg y forro de lámina de hierro calibre 3/64 pulg, el contramarco se la puerta será de angular de 1 1/4x 1/8 pulg, 3 bisagras tipo capsula de caño negro de 1/2 pulg y varilla lisa de 5/8 pulg, chapa de doble pasador y dos pasadores de varilla lisa de 5/8 pulg adicionales, contará con dos manos de pintura anticorrosiva				40.25	201.25	241.5
1	U	Puerta Lisa de 1.0x2.0 m Marco de tubo estructural cuadrado de 1 pulg y forro de lámina de hierro calibre 3/64 pulg				27.25	136.25	163.5
1	U	Puerta Lisa de 0.6x2.0 m. Marco de tubo estructural cuadrado de 1 pulg y forro de lámina de hierro calibre 3/64 pulg				66.25	331.25	397.5
1	SG	Instalaciones eléctricas	150.37	50.00	-	50.09	250.46	250.46
1	SG	Instalaciones hidráulicas	157.89	48.00	-	51.47	257.36	257.36
326	m ²	Pintura	351.75	65.26	-	104.25	1.60	521.26
-	SG	Accesorios industriales	-	-	-	-	-	-
		Sub - total						26,550.68
		Imprevistos						1,327.53
		Sub-Total						27,878.22

U: Unidad

MO: Mano de Obra

Fuente: Propuesta de diseño de un laboratorio de radiografía para usos didáctico e industrial en juntas soldadas. Universidad de El Salvador facultad de ingeniería y arquitectura escuela de ingeniería mecánica.

TABLA 1.10 VALOR EN CUARTO DE MEDICIÓN DE RAYOS X DE BARITINA.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	P/UNITARIO	CANTIDAD	P TOTAL
1	GYPSUM	M ²	24,6	15,84	389,664
2	BARITINA	M ²	13,44	15,84	212,8896
3	VIDRIO PLOMADO	M ²	600	1	600,00
4	PUERTA CON PROTECCIÓN RADIOLOGICA (0,90X2,10) INSTALACIÓN DE SUBTABLEROS DE DISTRIBUCIÓN DE TIPO BARRAS CON BREAKERS DE TIPO TÉRMICO	U	453	1	453,00
5	ENCHUFABLES CERÁMICA DE PISO 30X30 CM	U	61,9	2	123,8
6	ANTIDESLIZANTE CERRADURA	M ²	27,56	2,52	69,4512
7	TIPO C2 TOMA	GLOBAL	42,36	1	42,36
8	ELECTRICA PUNTO DE ILUMINACIÓN	GLOBAL	1,5	2	3,00
9	CON BAJANTE	GLOBAL	11,4	1	11,4
TOTAL					1.905,56

Fuente: Autor

Los datos proporcionados en la tabla 1.10, corresponden al cálculo, con valores reales ecuatorianos, de cuál sería el costo de la construcción de la sala radiológica, en la cual se realizaron las mediciones, correspondientes a la muestra 3.

Para realizar el análisis de valores de un cuarto de baritina, se lo hizo de una sala estándar de radiología de hospital. (cuadro e imagen), y de la sala real en el cual se realizó mediciones,

Se realizó el cálculo con las siguientes medidas de sala de radiología de hospital:

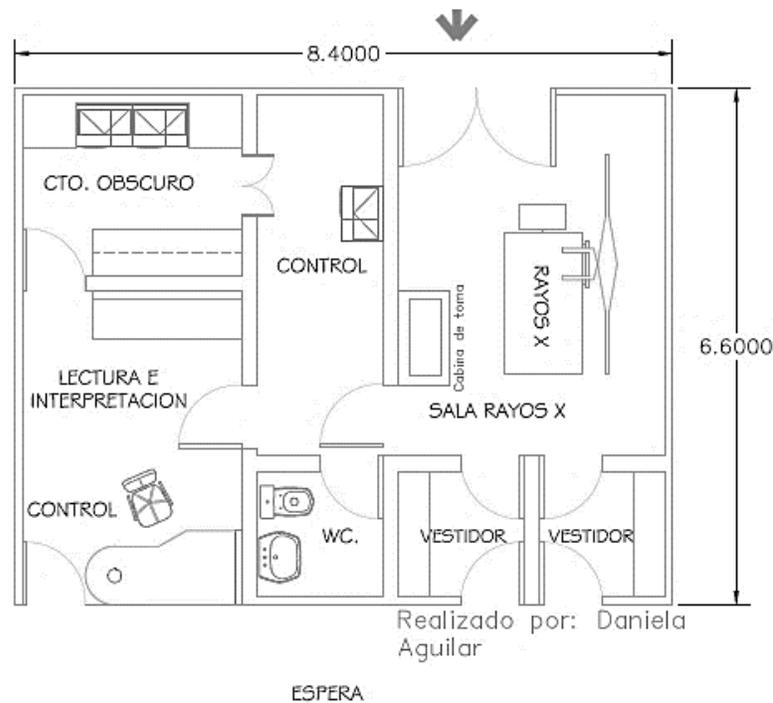
- Sala general de $6.60 \text{ m}^2 \times 8.40 \text{ m}^2$.

Detalle de las dimensiones:

- Paredes externa $6.60 \text{ m} \times 2 = 13.20 \text{ m}$
- Paredes externa $8.40 \text{ m} \times 2 = 16.80 \text{ m}$
- Pared interna vertical # 1 = 5.40 m
- Pared interna vertical # 2 = 5.40 m
- Pared interna vertical # 3 = 1.80 m
- Pared horizontal $0.80 \times 3 = 2.4 \text{ m}$

Total, metros de la sala: 45 metros (lineales) \times 2.50 metros de altura = **112.5 m²**

FIGURA 1.11 ÁREA DE RADIOLOGIA ESTIMADA PARA HOSPITAL DE HOSPITALIZACIÓN



Fuente: Autor

TABLA 1.11 CANTIDADES Y PRESUPUESTO OBRA BASICA CON BARITINA

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	P/UNITARIO	CANTIDAD	P TOTAL
OB.1	MALLA	M ²	1,324	112,5	148,95
OB.2	BARITINA	SACO	13,44	112,5	1512
OB.3	CEMENTO	SACO	8,5	56,25	478,125
OB.4	CLAVOS	GLOBAL	2,11	3	6,33
OB.5	ARENA	SACO	4,51	56,25	253,6875
	VIDRIO				
OB.6	PLOMADO	U	600	1	600
OB.7	BLOQUES	U	0.44	480	211,20
	CERÁMICA DE PISO 30X30 CM				
OB.8	ANTIDESLIZANTE	M ²	27.56	55.54	1527,9264
TOTAL					4.738,21

Fuente: Autor

Los valores presentados en la tabla 1.11 son reales brindados por una empresa peruana y ecuatoriana. Dado que no usan la baritina o sulfato de bario en el país (Ecuador) para blindaje radiológico, más que para construcción en general, se tuvo que solicitar la ayuda de datos de empresas extranjeras. En el país no se tiene registros alguno de uso de baritina para blindaje radiológico.

En nuestro país contamos con minas de baritina, pero no se lo da el uso de material de blindaje para radiación ionizante.

TABLA 1.12 PRESUPUESTO DE INSTALACIONES CUARTO CON BARITINA

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	P/UNITARIO	CANTIDAD	P TOTAL
I.1	LIMPIEZA	M	0,53	45	23,85
	INSTALACIONES				
I.2	ELECTRICAS	GLOBAL	250,46	8	2003,68
	DESALOJO DE				
I.3	MATERIAL	M ²	2,83	45	127,35
	INSTALACIONES				
I.4	HIDRASANITARIA	GLOBAL	527,36	1	527,36
TOTAL					2.682,2

Fuente: Autor**VALOR TOTAL ESTIMADO: 7.420,4**

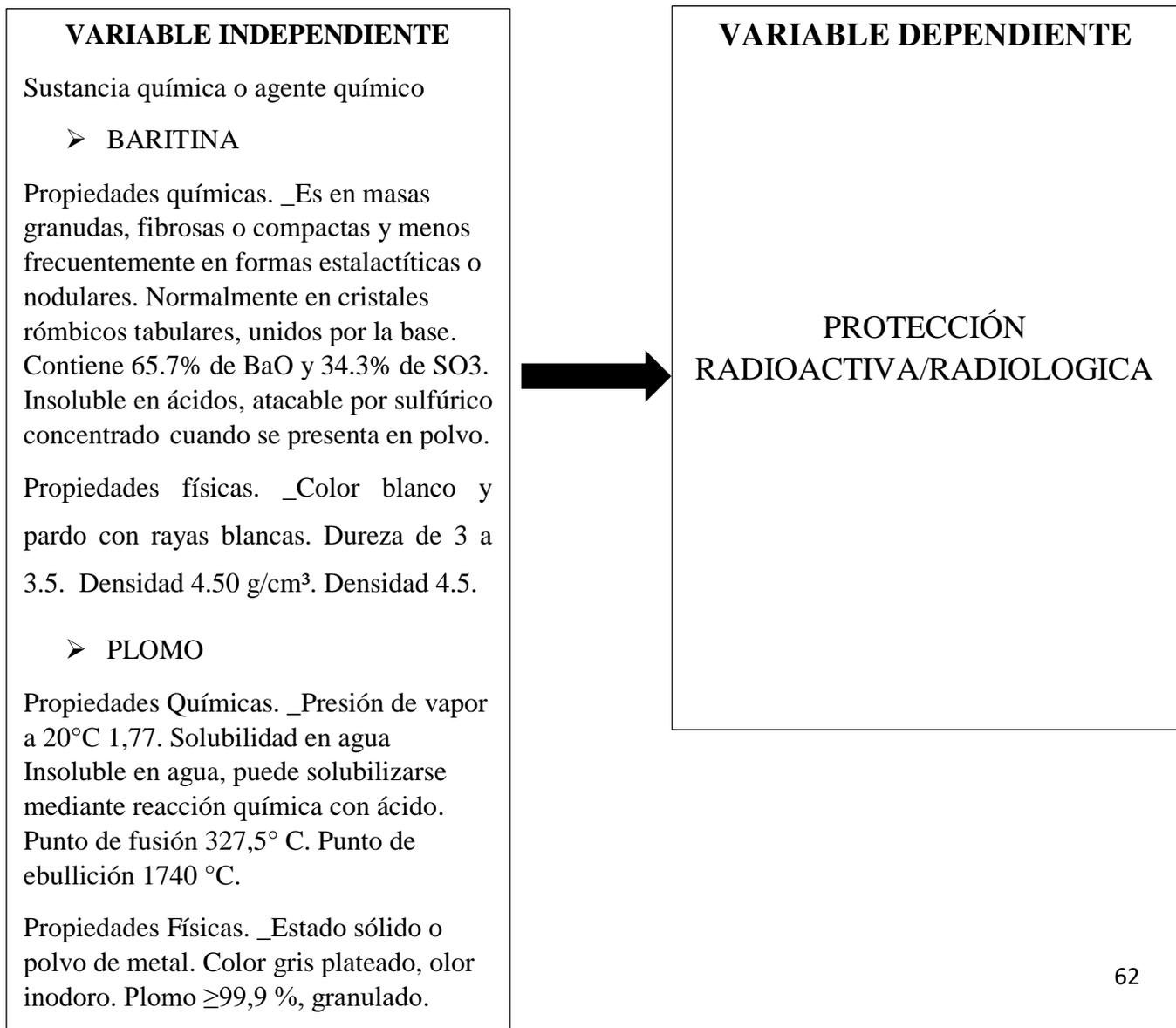
El cuadro 1.12 corresponde al cálculo de la construcción con baritina, de un área promedio (112.5 m²) de radiología de un hospital.

Este da un valor mucho más bajo que la construcción con blindaje de plomo.

1.2.3 HIPÓTESIS (PROPUESTA DEL PROBLEMA) DE SER FAVORABLES LOS RESULTADOS DEL USO DE BARITINA, ¿PODRÍAMOS ADOPTARLO A LOS CENTROS MÉDICOS DE NUESTRO PAÍS?

El sulfato de bario (formula) es un material alternativo de blindaje contra la radiación ionizante (rayos x) que no ocasiona daños a la salud.

1.2.4 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES (CAUSAS Y EFECTOS DEL PROBLEMA) (VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES).



2 CAPITULO II. METODO

2.1 TIPO DE ESTUDIO DESCRIPTIVO Y TRANSVERSAL.

Esta se la categoriza como descriptiva y transversal dado que describe como la baritina ofrece una protección radiológica mayor frente al plomo ante la emisión de radiación. O su vez, igual protección, pero tiene un costo significativamente bajo como para poder reemplazarlo a futuro en lugar del plomo.

Se lo realizara en el periodo de mediciones. (1 a 3 semanas de mediciones continuas).

2.2 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN (DE CAMPO INSITU)

Los datos son recogidos directamente en una clínica odontológica LUBA DENTO SMILE, consultorio clínico privado de traumatología al norte de quito (edificio metrópoli), y clínica de especialidades al norte de quito, en el cual se encuentra el objeto de estudio, por eso también se las conoce como investigación in situ. Todas las muestras son las áreas de radiología (rayos X).

2.3 METODO (Método inductivo – deductivo)

El estudio parte de lo particular y específico de la utilización de la baritina y el plomo para llegar a conclusiones generales acerca de la protección radiológica para centros médicos (cuartos de rayos X).

Se utilizó la metodología “DOSIMETRO PERSONAL DE CUERPO ENTERO, EN TODAS LAS SALAS DE RADIACIÓN CON BARITINA Y PLOMO”, Y MEDIDOR RADIATION ALERT INSPECTOR EXP+.

FIGURA 2.1 DOSIMETRO



FIGURA 2.2 RADIATION ALERT INSPECTOR EXP+



FIGURA 2.3 TARJETA DE LECTURA RADIOLOGICA DE DOSIMETRO DE CUERPO ENTERO



La dosimetría se utiliza para indicar los equivalentes de dosis que los trabajadores reciben de los campos de radiación externos a los que puedan estar expuestos. Los dosímetros se caracterizan por el tipo de dispositivo, por el tipo de radiación que miden y por la parte del cuerpo para la que se indicará la dosis absorbida. (En este caso se utilizó de cuerpo entero). Para este tipo de dosímetros personales, también se los llama radiómetros, el cual es de suma importancia la colocación y manutención cerrada (como indica figura 2.1). Su destino es evaluar la dosimetría individual del personal ocupacionalmente expuesto a las radiaciones ionizantes (RX en este caso) y trabaja por lo general en modo de integración.

El dosímetro se debe colocar en la posición que sea más representativa de la parte más expuesta de la superficie del tronco y, por lo tanto, en un punto clave donde se prevea la exposición máxima.

El dosímetro debe estar perfectamente cerrado y este debe ser portado sobre el pecho. (Falagan Rojo, 2005)

TABLA 2.1 LIMITE DE DOSIS EFECTIVA

APLICACIÓN	PROFESIONAL	PUBLICA
Dosis efectiva	20 mSv anuales de media en períodos definidos de 5 años ²	1 mSv en un año ³

Dosis anual equivalente en:

Cristalino del ojo	150 mSv	15 mSv
--------------------	---------	--------

Piel	500 mSv	50 mSv
Manos y pies	500 mSv	-

Fuente: Artículo #48 Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo.

Es necesario saber el daño que puede tener un paciente, así como el POE (Personal Ocupacionalmente Expuesto), por lo cual se expone los límites de dosis equivalente. Sabiendo los límites de dosis equivalentes con un estudio de dosimetría, se puede saber en base a los resultados, las medidas a proponer al personal vinculado a la radiología para que esté en condiciones óptimas de trabajo y no presente enfermedades por exposición.

2.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

(Lugar donde se realiza el estudio MUESTRA)

(ÁREA DONDE SE REALIZAN LAS RADIOGRAFIAS Y MEDICIONES)

La población en lugares a realizar comprobación de la investigación (cuartos de radiología) médicos.

La muestra corresponde a 3 lugares en el área de radiología, el cual incluye toma de rayos X, tomografías y periapicales.

Se realizó el estudio en los siguientes lugares:

- Muestra 1. Consultorio privado en centro médico metrópoli, en la ciudad de Quito, sector norte.
- Muestra 2. Centro de especialidades, en la ciudad de Quito, sector norte.
- Muestra 3. Centro odontológico privado, en la ciudad de Quito centro.

2.5 SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

(PASOS PARA MEDICIONES Y DESCRIPCIÓN DE MATERIALES).

Las radiaciones ionizantes son inodoras, invisibles, silenciosas e insípidas y no pueden tocarse, en resumen, no podemos detectarlas con nuestros sentidos o percibirla a simple vista.

Sin embargo, se pueden detectar y medir por distintos procedimientos.

El hecho de no poder detectarlas con nuestros sentidos podría llevar a pensar o percibir, equivocadamente, que no existen o que no pueden provocar ningún efecto biológico o daño grave a la salud de los pacientes o personal médico que se encuentra expuesto a la misma.

Sin embargo, sí es posible reconocer su existencia por los efectos que ocasionan, por su capacidad de ionizar la materia y de ser absorbidas por la misma.

Las magnitudes y sus correspondientes unidades más utilizadas para medir las radiaciones ionizantes y los compuestos radiactivos son:

TABLA 2.2 MAGNITUDES Y UNIDADES

<u>MAGNITUD</u>	<u>PROCESO FISICO</u> <u>MEDIDO</u>	<u>UNIDADES</u>
Actividad	Desintegración nuclear	Becquerel (Bq)
Dosis absorbida	Energía depositada	Gray (Gy)
Dosis Equivalente	Efecto biológico	Sievert (Sv)
Dosis efectiva	Riesgos	Sievert (Sv)

Fuente: Foro Nuclear. Foro de la Industria Nuclear Española

Es necesario saber las unidades y magnitudes de las mediciones para poder interpretar los resultados de la investigación. Por tal motivo se presenta las unidades de cada magnitud.

FIGURA 2.4 DETECCIÓN Y MEDIDA DE RADIACIÓN IONIZANTE



Fuente: Detección y medida de las radiaciones ionizante.

Las mediciones se los realizara con el instrumento DOSIMETRO, y medidor RADIATION ALERT INSPECTOR EXP+ el cual son equipos para medición de radiación ionizante.

Una vez seleccionados los centros médicos, en donde se realizarán las mediaciones, se procede de la siguiente manera:

- ✓ Inspección inicial de las instalaciones.
- ✓ Toma de medidas de las salas de toma de rayos X. (m²)
- ✓ Preparación de instrumento de medición.
- ✓ Dar aviso al personal que está presente de que se va a realizar las pruebas con el fin de alejamiento para evitar exposición.
- ✓ Toma de muestra de emisión de radiación con puertas cerradas.
- ✓ Toma de muestra de emisión de radiación con puertas abiertas.
- ✓ Toma de muestras de emisión de radiación dentro de cabinas.
- ✓ Lectura de resultados.

3CAPITULO III. RESULTADOS

3.1 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Resultados de mediciones de cuarto de RADIOLOGIA (Rayos X) de plomo y baritina.

La muestra 1 y 2 son las tomas en las salas de radiología correspondiente a PLOMO.

La muestra 3 corresponde a las tomas cuarto de RADIOLOGIA (Rayos x) con BARITINA.

El análisis se lo realizo para verificar la resistencia del blindaje, para la protección del personal ocupacionalmente expuesto y a su vez de pacientes expuestos.

3.1.1 ANALISIS DE RESULTADOS

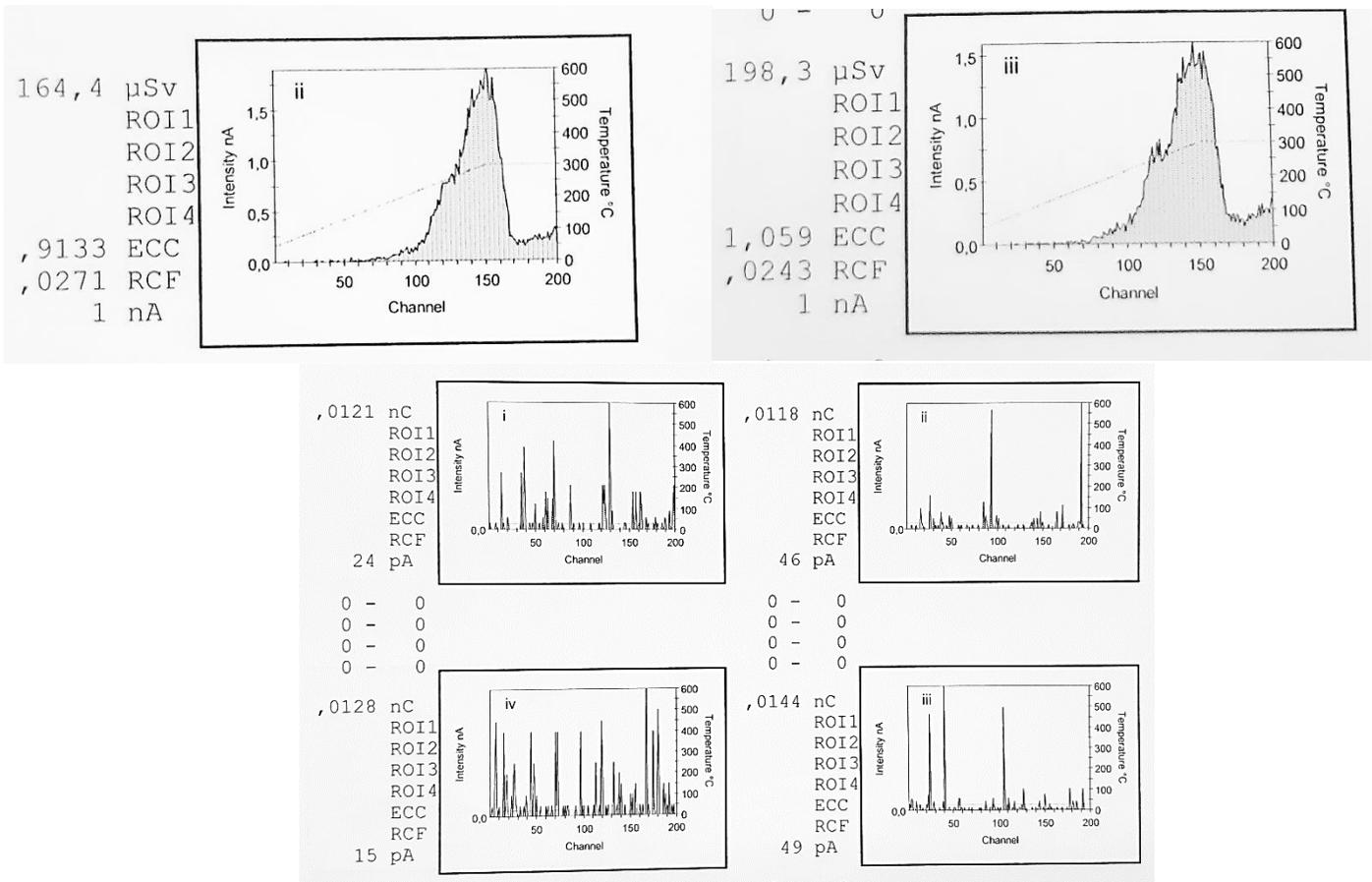
El análisis de los resultados de las mediciones en las zonas de radiología de las 3 muestras, fueron basados en “método de ensayo ICRU Report 47 (1992), CEI/ISO 1066 (1991) y ISO 12794 (1997), estas para analizar la DOSIS EQUIVALENTE y RESISTENCIA DEL BLINDAJE.

**TABLA 3.1 RESULTADOS DE DOSIS EQUIVALENTE PERSONAL Hp(10)⁴
DOSIMETRO DE CUERPO COMPLETO**

MATERIAL ANALISADO	DOSIS (mSv)	DOSIS (mrem)	DOSIS ANUAL ACUMULADA (mSv)	LIMITE DE DOSIS ANUAL ESTABLECIDA (mSv)
BARITINA	0,12	11,63	0,12	20
PLOMO	0,18	18,13	0,18	20

Fuente: Autor

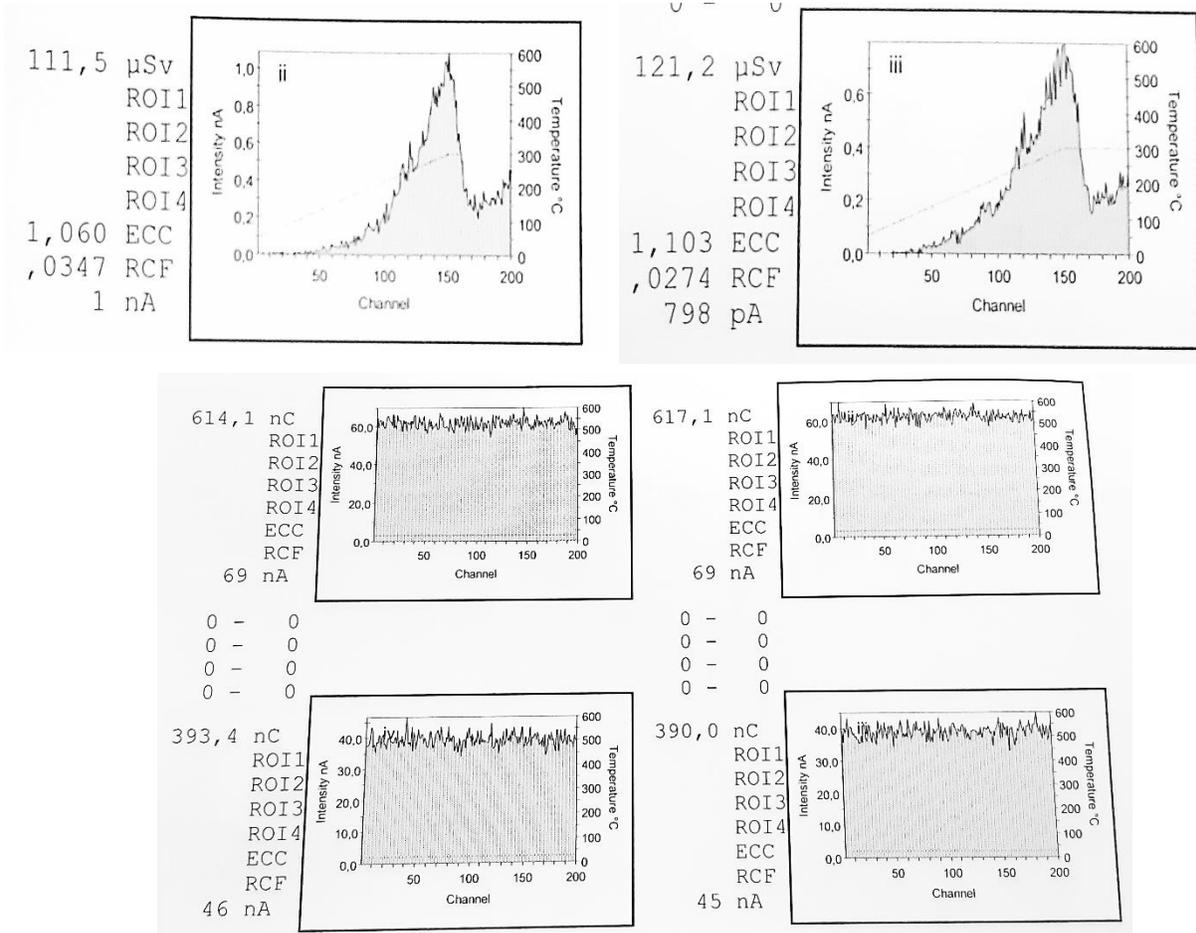
FIGURA 3.1 LECTURA DE PRUEBA CURVA DE BRILLO PLOMO.



4 Dosis Equivalente Personal Hp (10): Es la dosis equivalente en tejido blando, a una profundidad de 10 mm, bajo determinado punto del cuerpo.

Fuente: Laboratorio de Dosimetría Personal. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables.

FIGURA 3.2 LECTURA DE PRUEBA CURVA DE BRILLO BARITINA



Fuente: Laboratorio de Dosimetría Personal. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables.

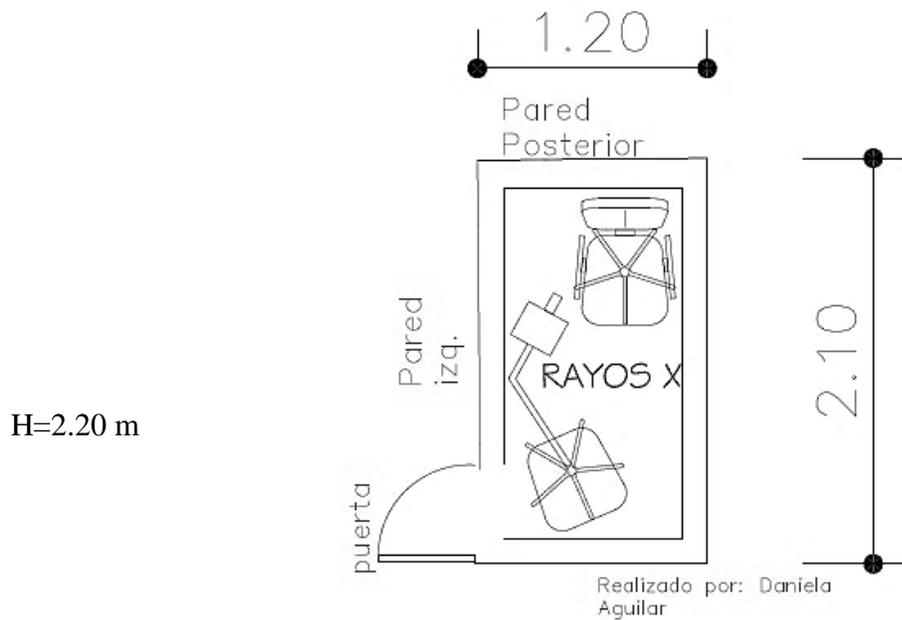
TABLA 3.2 MEDICIONES MEDIDOR GEYGER SALA DE RADIOLOGIA CON BARITINA (MUESTRA 3)

UBICACIÓN DE SALA RADIOLÓGICA	TIPO DE TOMA	VALOR DE MEDICIÓN (mr/hr)(uSv/hr)
Dentro de cabina con puerta abierta	Periapical	1. 0,211
		2. 0,301
		3. 0,377

			4.	0,427
			5.	0,375
Puerta cerrada. Pared exterior izquierda	Periapical		1.	0,013
			2.	0,011
			3.	0,010
			4.	0,016
			5.	0,014
Puerta cerrada parte exterior con vidrio plomado	Periapical		1.	0,020
			2.	0,018
			3.	0,035
			4.	0,032
			5.	0,044
Pared Posterior	Periapical		1.	0,137
			2.	0,099
			3.	0,062
			4.	0,101
			5.	0,141

Fuente: Autor

FIGURA 3.3 SALA DE RAYOS X DE BARITINA (MUESTRA 3)



Fuente: Autor

Las mediciones que se realizaron en el centro odontológico, que es construido con baritina, a pesar de ser más pequeño, se modificó para que el rayo emitido tenga la misma intensidad que en un centro odontológico de rayos X de cuerpo completo, dándonos así un resultado favorable en cuanto a dosis dispersa y dosis equivalente.

**TABLA 3.4 MEDICIONES MEDIDOR GEYGER SALA DE RADIOLOGIA CON
PLOMO (MUESTRA 1 Y 2)**

UBICACIÓN DE SALA DE RADIOLOGICA	TIPO DE TOMA	VALOR DE MEDICIÓN (mr/hr)(uSv/hr)
Sala de control área tomografía	Cuerpo entero	1. 0.012
		2. 0.013
		3. 0.014
		4. 0.017
		5. 0.015
Dentro de cabina (rayos X) puerta cerrada	Tórax	1. 0.014
		2. 0.018
		3. 0.016
		4. 0.016
		5. 0.015
Dentro de cabina (rayos X) puerta cerrada	Rodilla, cadera, columna lumbar.	1. 0.018
		2. 0.020
		3. 0.017
		4. 0.016
		5. 0.020
Dentro de cabina (rayos X) puerta cerrada	Mano, pie.	1. 0.08
		2. 0.014
		3. 0.012
		4. 0.018
		5. 0.010
Fuera de cabina (rayos X)	Cadera, columna lumbar lateral.	1. 0.704
		2. 0.755

3. 0.760

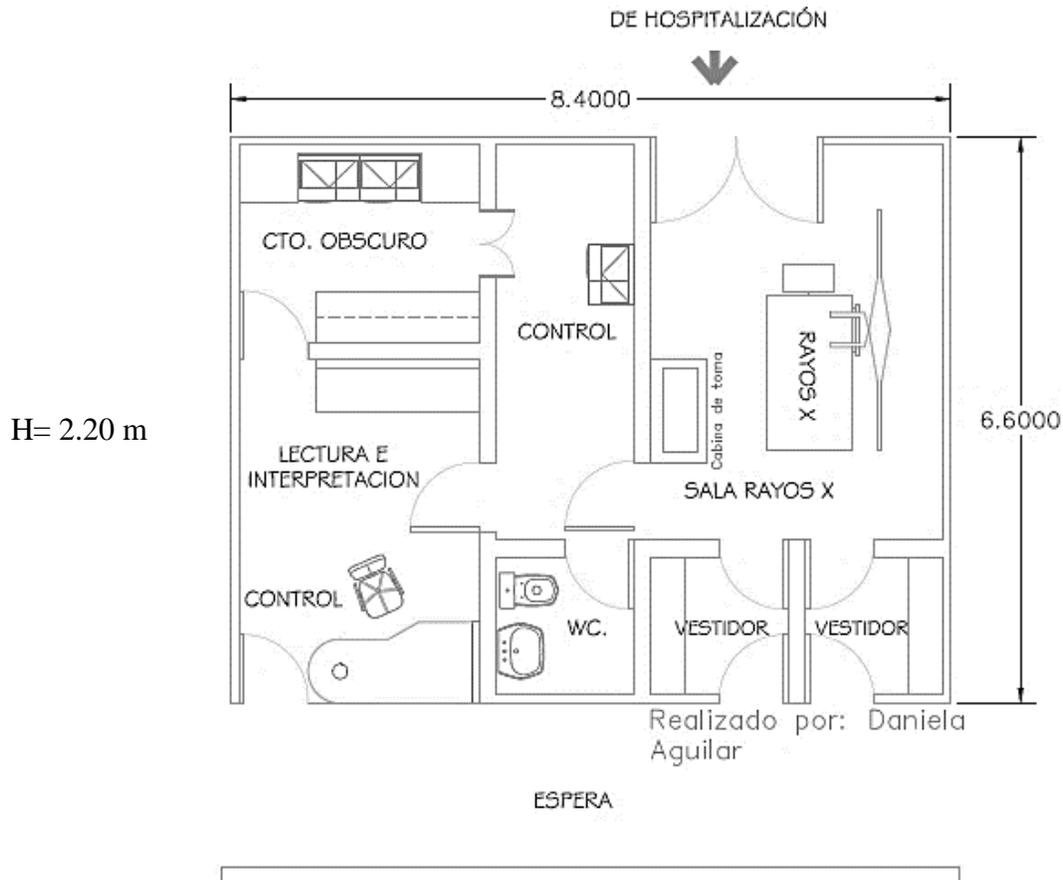
4. 0.802

5. 0.732

Fuente: Autor

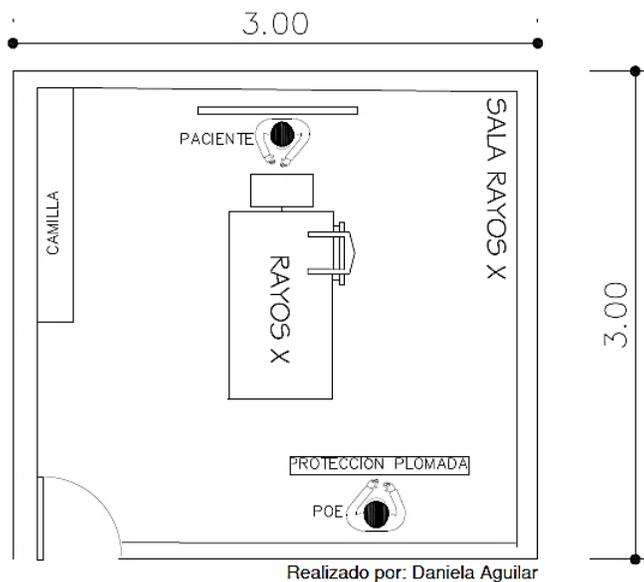
La tabla 3.2 y 3.4 corresponden a las mediciones realizadas con el medidor geiger (RADIATION ALERT INSPECTOR EXP+) en las salas de radiología con blindaje/protección de baritina y plomo. La 3.2 es de cuarto construido con baritina y el 3.4 con plomo, dándonos como resultado de actividad y dosis absorbida, mayor protección en el cuarto de plomo. Sin embargo, se comprueba con la investigación que la baritina, de igual manera que el plomo, nos da protección a radiación ionizante (rayos X).

FIGURA 3.4 SALA DE RAYOS X DE PLOMO (MUESTRA 2)



Fuente: Autor

FIGURA 3.5 SALA DE RAYOS X DE BARITINA (MUESTRA 1)



Fuente: Autor

Basados en los resultados de toda la investigación, obtuvimos, comprobado, de que la baritina, al igual que el plomo, es un material aislante, perfecto, para blindaje en cuartos de radiología de todo centro médico.

La baritina nos indica que es más protectora, en cuanto a la dosis que reciba el POE (Personal Ocupacionalmente Expuesto). Esto nos indica, que el POE, con la baritina, tiene menor probabilidad de presentar enfermedades por exposición, el cual son graves en su gran mayoría.

El POE tiene una exposición diaria de alrededor de 8 a 12 horas / día, el cual, si no se encuentran con una adecuada y optima protección, sufrirán lesiones parciales, totales o fatales como la muerte.

El cáncer por exposición a la radiación es la enfermedad catastrófica más probable en el POE, sin embargo, no solo esta puede presentarse.

En cuanto a valores o presupuesto, es notable la diferencia entre materiales de construcción de cuartos radiológicos con PLOMO Y BARITINA, dando la baritina una gran ventaja, con valores mucho más bajo que el plomo.

La dosis equivalente, que es la dosis que causa daños biológicos, de las mediciones realizadas en salas radiológicas con baritina son mucho más bajas que en salas radiológicas de plomo, el cual

nos indica que da mayor protección al POE. Esto es un resultado positivo para centros médicos a futuro.

3.2 APLICACIÓN PRACTICA

Dado el resultado positivo en cuanto a costos o presupuesto del material de baritina o sulfato de bario, y grado de protección en cuanto a dosis equivalente al POE, se confirma su efectividad para la protección del personal médico expuesto y para personal involucrado en radiología.

Es útil el uso de baritina para centros médicos de toda capacidad.

CAPITULO IV. DISCUSIÓN

4.1 CONCLUSIÓN

Con la investigación in situ realizada, se pudo comprobar la eficacia del uso de baritina en las áreas de radiología, tanto en protección al personal ocupacionalmente expuesto como en valores económicos.

Los resultados en cuanto a la dosis que recibe el personal ocupacionalmente expuesto en centros con radiología con baritina, tienen un alcance de DOSIS (mSv) de 0,12 y DOSIS (mrem) de 11,63. Mientras que con plomo es de DOSIS (mSv) 0,18 y DOSIS (mrem) 18,13. Esto nos indica que es, en base a la investigación realizada, una alternativa viable por en el lado económico y el que es de más interés, la protección al personal expuesto. El análisis de costos se lo realizo para un centro médico hospitalario (112 m² aprox.), y para el centro real en el cual se realizó las mediciones. La diferencia de precios es significativa por lo cual si es conveniente el uso del material baritina.

Sin duda es una alternativa positiva el uso de baritina en áreas de radiología para centros médicos. Recordando que el plomo en más de un uso, es causante de cáncer. Hasta el momento no se conoce enfermedades provocadas por la baritina.

En nuestro país (Zamora y Morona) contamos con minas del mineral baritina, el cual son de gran tamaño, sin embargo, no le damos el uso adecuado, dado que se puede proteger la salud de personal médico del área radiológica.

Muchos proyectos a nivel nacional, como hospitales y clínicas, son detenidos por falta de presupuesto. Con el uso de la baritina para las áreas de radiología, es posible reducir costos importantes y representativos en la construcción de los centros ya mencionados.

A futuro lo que se podría aplicar, ya que no existe registro alguno, equipos de protección personal para trabajos con radiación ionizante, como chalecos de cuerpo entero y cuello tiroideo, hechos con baritina. De igual manera, no existe registro de puertas y vidrios que no sean de plomo para rayos X, por lo que se podría realizar pruebas haciéndolos con baritina, ya que es un polvo fino.

4.2 RECOMENDACIONES

Por la comprobación del uso de la baritina, en cuanto a protección de dosis equivalente y costos en blindaje, se recomienda el uso del mismo en áreas radiológicas de centros médicos en general

El uso de la baritina podría ayudar significativamente para la apertura de centros de radiología el cual es necesario para evidenciar lesiones y enfermedades, en muchos casos no se pueden hacer por recursos económicos.

Ahora, que se ha comprobado que la baritina es un material optimo, eficiente, económico, costeable y seguro, para la protección y seguridad radiológica, se recomienda el uso del mismo en todo centro médico, sea pequeño o de gran tamaño, público o privado.

FOTOGRAFIAS

- **MUESTRA 1 CENTRO MEDICO PRIVADO. PLOMO**

Fotografía 1. protección plomada. Toma de rayos X.



Fotografía 2. Protección de POE



Fotografía 3. Aparato de rayos X



- **MUESTRA 2 CENTRO MEDICO DE ESPECIALIDADES. PLOMO**

Fotografía 4. Área completa de Rayos X



Fotografía 5. Cabina de toma de rayos X



Fotografía 6. Toma de Rayos X



Fotografía 7. Cabina de toma Rayos X



Fotografía 8. Toma de rayos X



Fotografía 9. Cuarto de Rayos X



MUESTRA 3. CENTRO ODONTOLOGICO PRIVADO. BARITINA

Fotografía 10. Puerta sala de rayos X Baritina



Fotografía 11. Aparato de toma rayos x



Fotografía 11. Pared izquierda



Fotografía 12. Ingreso a sala de rayos X



DOCUMENTOS VARIOS

FICHA TÉCNICA VIDRIO PLOMADO



Visite nuestra web: <http://www.glasscor.com>

XRAY-CID

Vidrio blindado anti-radiación para uso médico, tecnológico y en investigaciones



Beneficios principales

- Blindaje contra Rayos-X emitidos por equipos que operan entre 80 y 300kV.
- Alta concentración de bario y plomo, que ofrece un elevado nivel de protección con excelente visibilidad.
- Suministrado en placas pulidas cortadas en el tamaño definido por el cliente con dimensiones de hasta 2800 x 1400mm, lo que permite que los arquitectos proyecten ventanas con un campo de visión más amplio.
- También disponible en tamaños específicos en conformidad con lo definido por el cliente (con bordes lapidados y biselados para mayor seguridad).
- Grandes existencias con todos los tamaños y espesores para corte y envío, desde puntos de distribución en el mundo entero. distribuição ao redor do mundo.

Aplicaciones

- Janelas de monitoramento para salas de Raio-X, Angiografia e Tomografia Computadorizada.
- Telas para diagnóstico médico.
- Janelas de proteção para laboratórios.
- Telas de Raio-X para segurança em aeroportos.
- Lentes para óculos de segurança.



Características del Blindaje

Espesor		Equivalencia mínima de plomo (mm) para el voltaje de Rayos-X declarado							Masa de la Placa máx.	
mm	pulgadas	80kV	100kV	110kV	150kV	200kV	250kV	300kV	kg/m ²	lbs/ft ²
3.5-5.0	0.138-0.197	1.2	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	24.0	4.9
5.0-6.5	0.197-0.256	1.7	1.7	1.7	1.5	1.3	1.3	1.3	31.2	6.4
7.0-8.5	0.276-0.335	2.3	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.8	40.8	8.4
8.5-10.0	0.335-0.394	2.8	2.8	2.8	2.6	2.1	2.1	2.1	48	9.8
10.0-12.0	0.394-0.472	3.3	3.3	3.3	2.9	2.5	2.6	2.6	57.6	11.8
11.0-13.0	0.433-0.512	N/A	3.5	3.6	3.2	2.7	2.7	2.8	62.4	12.8
14.0-16.0	0.551-0.630	N/A	4.4	4.7	4.2	3.5	3.6	4.0	76.8	15.7
16.0-18.0	0.630-0.709	N/A	N/A	N/A	4.8	4.0	4.1	4.3	86.4	17.7
18.0-20.0	0.709-0.787	N/A	N/A	N/A	5.4	4.4	4.5	4.7	96.0	19.7

Informaciones suministradas por la Agencia de Protección a la Salud del Reino Unido: N/A = transmisión de Rayos-X por debajo del nivel de detección

Propiedades Físicas

Propiedades Ópticas

Índice de Refracción nd 1.76
 Transmisión % @ 550nm a través de 5mm de espesor ≥85.0

Propiedades Químicas

Plomo (Pb) 52%
 Bario (Ba) 17%

Propiedades Mecánicas

Densidad (g/cm³) 4.8
 Dureza Knoop (kg/mm²) 409
 Módulo de Young (GPa) 62.6
 Coeficiente de Poisson 0.26
 Coeficiente de Expansión Térmica (x10⁻⁷/°C) 78.8

FICHA TECNICA SULFATO DE BARIO



FICHA TÉCNICA GENERAL SULFATO DE BARIO

Código: CALMOSA-DCC-021
Actualizado: 03/05/2019
Revisión: 01
Versión: 3.0
PRODUCTO: PTBARSUL-45KG

DATOS GENERALES DEL PRODUCTO

- I. **Nombre del Producto:**
Sulfato de Bario
- II. **Nombre Comercial:**
BARITINA API 13A
- III. **Descripción General del producto:**
Material inerte, no tóxico con alto peso específico, encabeza a un grupo mineralógico conformado por la barita misma, celestita, anglesita y anhidrita.
- IV. **Materia Prima:**
Sulfato de Bario, Piedra Natural.
- V. **Presentación:**
Sacos de Polipropileno – 45 Kg
- VI. **Usos**
Industria petrolera
Industria del vidrio como fundente
Industria de caucho como material de relleno
Industria de la pintura como un pigmento con resistencia al ácido.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Formula Química	BaSO ₄
Apariencia	Polvo de color blanco, Sin olor
Densidad Real	4.2 gr/cc min.
Composición	>95% como Sulfato de Bario
Contenido de Humedad	Menos de 1 %
Cadmio (Cd)	< 1 mg/kg
Mercurio (Hg)	< 1 mg/kg

PARÁMETROS DE GRANULOMETRIA

# de Malla	Retenido
100	2.5% máx.
200	7.5% máx.

ALMACANAMIENTO, SEGURIDAD Y MANEJO

- VII. **ALMACENAMIENTO, SEGURIDAD Y MANEJO**
Almacenamiento
 - Protéjase el saco contra daños físicos.
 - Almacénese en lugar seco, alejado del agua y la humedad.**Seguridad y Manejo**
 - Para la manipulación del producto se requiere el uso de mascarilla con capacidad de filtrado para polvo, guantes de cuero, mandil PVC y gafas protectoras.
 - Evitar el contacto con los ojos, de ser así lavarse con abundante agua y jabón, si las dolencias persisten o ha sido ingerido consulte con un médico.
- VIII. **Clasificación de Toxicidad**
No es tóxico



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRACTIVA



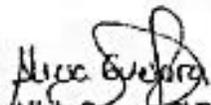
Resultados Análisis de Difracción de Rayos X

Solicitante : CALMOSACORP CIA. LTDA.
No. Referencia : ST - 7895
Fecha : 17 - 05 - 2019
Muestras recibidas : Una muestra sólida denominada:
Muestra 1 : Baritina: Sulfato de bario, polvo de color blanco (Código registrado según cliente)

La determinación de los compuestos con cristalización definida presentes en la muestra se realizó empleando el Difractómetro D8 ADVANCE y el programa Diffrac plus (EVA Y TOPAS) para cualificación y semi-cuantificación. A continuación se detallan los resultados obtenidos del análisis.

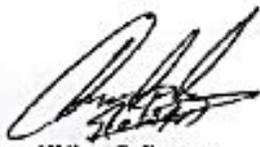
Mineral	Fórmula	Muestra 1 Contenido (%)
Baritina	BaSO ₄	97
Grupo Plagioclasas	(Na,Ca)Al(Si,Al)Si ₂ O ₈	3

NOTA: El límite de detección del equipo empleado es del 1% para compuestos con cristalización definida. La muestra presenta material amorfo no cuantificado por esta técnica de análisis.


Ing. Alicia Guevara Ph.D.
Jefa de Departamento



MSc. Evelyn Criollo
Jefa de Laboratorio


Ing. Kléber Collantes
Responsable

Bibliografía

- ARCOM, METALURGICO, I. D., & MINERIA, M. D. (Agosto de 2016). *Plan Nacional de Desarrollo del Sector Minero*. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu166602anx.pdf>
- Atómica, L. C. (08 de Agosto de 1979). *REGLAMENTO DE SEGURIDAD RADIOLOGICA Decreto Supremo 3640 Registro Oficial 891 de 08-ago.-1979*. Obtenido de <https://sut.trabajo.gob.ec/publico/Normativa%20Legal/Acuerdos%20Ministeriales/REGLAMENTO%20DE%20SEGURIDAD%20RADIOLOGICA.pdf>
- ATÓMICA, O. I. (1997). *NORMAS BÁSICAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN IONIZANTE Y PARA LA SEGURIDAD DE LAS FUENTES DE RADIACIÓN OIEA, VIENA, 1997*. Obtenido de https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_154389.pdf
- Campos, C. A., Freire, C. J., Rodríguez, J. E., Garrido, G. R., Casqueiro, N. L., & García, M. d. (s.f.). *MANUAL DE RECOMENDACIONES DE PROTECCIÓN FRENTE A RADIACIONES IONIZANTES*. Obtenido de <https://www.riojasalud.es/rrhh-files/rrhh/manual-de-recomendaciones-frente-a-radiaciones-ionizantes-3904.pdf>
- Echanique, I. R., & Edifarm. (2018). *DOSIMETRIA RADIOLOGICA*.
- Economía, S. d., & minero, D. g. (DICIEMBRE de 2018). *PERFIL DE MERCADO DE LA BARITA*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/419280/Perfil_Barita_2018__T_.pdf
- expuestos, L. d., & SERADPA. (7 de Diciembre de 2018). Obtenido de <http://seradpa.com/author/consultor/>
- Falagan Rojo, M. J. (2005). *Higiene Industrial Aplicada "Ampliada"*. Barcelona: Fundación Luis Fernández Velasco.
- Hernández, P. J. (1996-2004). *Ley de la Desintegración Radiactiva*.
- ICRP. (1977). Recomendaciones de la ICRP. Publicación 26 de la CIPR. Ann. ICRP 1 (3). *COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA*.
- INSHT, Benés, A. P., & Carrera, E. G. (2000). *NTP 614: Radiaciones ionizantes: normas de protección*. INSHT.
- Measurements, N. C. (s.f.). *NCRP 49: Structural Shielding Design and Evaluation for Medical Use of X-Rays and Gamma-Rays up to 10 MeV*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/005/ncrp.49.1976.pdf>
- NACIONALES, C. N., Radiación, J. d., & Vida, D. d. (2006). *RIESGOS PARA LA SALUD DE LA EXPOSICIÓN A BAJOS NIVELES DE RADIACIÓN IONIZANTE*. Washington, DC.

- Nuclear, C. D. (2012). <https://www.csn.es/proteccion-radiologica>. Obtenido de <https://www.csn.es/documents/10182/914805/Protecci%C3%B3n%20radiol%C3%B3gica>
- Nuclear, I. P. (02 de 08 de 2013). *Instituto Peruano de Energía Nuclear*. Obtenido de https://www.ipen.gob.pe/transparencia/regulacion/leyes_normatividad.htm
- Robert N. Cherry, J. (s.f.). *RADIACIONES IONIZANTES; ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO # 48*. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+48.+Radiaciones+ionizantes>
- Salud, O. M. (29 de 04 de 2016). *Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>
- seguridad, C. d. (1990). *n° 511 Aspedos técnicos de seguridad y protección radiológica de instalaciones médicas de rayos X para diagnóstico*. Obtenido de <http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/GSG-05.11%20Aspectos%20tecnicos%20de%20seguridad%20y%20proteccion%20radiologica%20de%20instalaciones%20medicas%20de%20rayos%20X%20para%20diagnostico%20OCR.pdf>
- SEPR, & APCNEAN. (2007). *COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA*. Obtenido de http://www.icrp.org/docs/P103_Spanish.pdf
- TRABAJO, I. N. (200). NTP 614: Radiaciones ionizantes: normas de protección.
- TRABAJO, I. N., & GADEA CARRERA, E. (2000). *INSHT*. Obtenido de https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_614.pdf
- TRANSMERCUIM, G. G. (Mayo 2014). <http://www.gtm.net/images/industrial/s/SULFATO%20DE%20BARIO%20.pdf>. Obtenido de <http://www.gtm.net/images/industrial/s/SULFATO%20DE%20BARIO%20.pdf>
- Unidos, A. d. (22 de Noviembre de 2017). *Términos y unidades de radiación*. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/terminos-y-unidades-de-la-radiacion>
- Whaites, E., & Hay, D. (Octubre de 2009). *American Dental Education association*. Obtenido de Implementación de E-Learning en un curso de ciencias radiológicas en educación dental: un estudio longitudinal a corto plazo: <http://www.jdentaled.org/content/73/10/1202.full>