



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Medicina**

**Escuela Profesional de Tecnología Médica**

**Permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la  
manipulación de Iodo 131. Servicio de medicina  
nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati  
Martins. Noviembre 2017**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Tecnología  
Médica en el área de Radiología

**AUTOR**

**Claudia Stephanie AVELLANEDA SALCEDO**

**ASESOR**

**Luis Frank BERNAL QUISPE**

**Enrique ESPINOZA ESLI**

Lima, Perú

2018

**PERMEABILIDAD DE LOS GUANTES DE USO  
FRECUENTE EN LA MANIPULACIÓN DE IODO 131.  
SERVICIO DE MEDICINA NUCLEAR DEL HOSPITAL  
NACIONAL EDGARDO REBAGLIATI MARTINS.  
NOVIEMBRE 2017.**

**AUTOR:**

Bachiller AVELLANEDA SALCEDO, CLAUDIA STEPHANIE

**ASESOR:**

Lic.

**Luis Frank, Bernal Quispe**

## **Dedicatoria**

A todas las personas que estuvieron presentes en cada una de las etapas del presente trabajo de investigación.

## **Agradecimiento**

A mi asesor, el Lic. Luis Bernal Quispe por brindarme su tiempo, conocimiento y consejos para encaminar el trabajo de investigación.

A mi coasesor, el Lic. Enrique Espinoza Esli por brindarme su apoyo y tiempo en la ejecución, así como a todas las personas que me orientaron en la finalización del presente trabajo de investigación.

# INDICE

<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ANTECEDENTES .....	3
1.2 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
1.3 OBJETIVOS .....	6
1.3.1 Objetivo general .....	6
1.3.2 Objetivos específicos.....	6
1.4 BASES TEÓRICAS .....	7
1.4.1 Base teórica .....	7
1.4.2 Definición de términos .....	37
1.4.3 Formulación de la hipótesis.....	38
<b>CAPÍTULO II: MÉTODOS .....</b>	<b>40</b>
2.1 DISEÑO METODOLÓGICO.....	41
2.1.1 Tipo de investigación .....	41
2.1.2 Diseño de la investigación.....	41
2.1.3 Población.....	41
2.1.4 Muestra y muestreo .....	41
2.1.4.1 Criterios de inclusión.....	41
2.1.4.2 Criterios de exclusión.....	42
2.1.5 Variables.....	42
2.1.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	42
2.1.7 Procedimientos y análisis de datos .....	42
2.1.8 Consideraciones éticas .....	69
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS.....</b>	<b>71</b>
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN .....</b>	<b>78</b>
4.1 LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	81

<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>83</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>99</b>
Instrumento	99
Operacionalización de variables	100
Matriz de consistencia	101
Tablas y gráficos complementarios del estudio	103
Figuras	107
Imágenes	108
Guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131 en el servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017	110
Protocolo de estudio	111
Hoja de recolección de datos	126

## Lista de tablas

Tablas N°		Pág.
1	Permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131, en el servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017.	72
2	Actividad del fondo del activímetro en la solución de Iodo 131, en los guantes.	73
3	Actividad del fondo del activímetro en las jeringas con solución de Iodo 131, en los guantes.	73
4	Actividad del fondo del activímetro en cada uno de los guantes.	74
5	Actividad en la prueba de frotis de la superficie interna de los guantes.	75

## **Lista de gráficos**

<b>Gráficos N°</b>		<b>Pág.</b>
1	Permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de lodo 131.	72
2	Rangos de permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de lodo 131.	105



## Resumen

**Objetivo:** Identificar la permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131, en el servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017.

**Metodología:** Observacional, descriptivo, prospectivo, transversal, de enfoque cuantitativo. El tamaño muestral estuvo conformada por 30 guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131 en el servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017. Para el análisis descriptivo se estimó el promedio y la desviación estándar.

**Resultados:** Los resultados de la investigación fueron hallados buscando simular una situación real, encontrándose que en el 100% de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131, utilizados, hubo permeabilidad. Por otro lado se halló que la actividad del fondo del activímetro en la solución de Iodo 131, en las jeringas con solución de Iodo 131, en los guantes y en cada uno de los guantes fue de 0  $\mu\text{Ci}$ .

Así mismo la actividad en la prueba de frotis de la superficie interna de los guantes fue de 0.26  $\mu\text{Ci}$  +/- 0.45, con una mínima de 0.01  $\mu\text{Ci}$  y un máximo de 2.4  $\mu\text{Ci}$ .

**Conclusión:** Existe permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131 del servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017, dado que en el 100% del total de los guantes se determinó que la actividad presentada en el frotis superó la actividad del fondo del activímetro, teniendo que la mayoría osciló entre 0.01 a 0.05  $\mu\text{Ci}$  (86.7%).

**Palabras clave:** Permeabilidad, guantes, Iodo 131, medicina nuclear.

## Abstract

**Objective:** To identify the permeability of the gloves frequently used in the handling of Iodine 131 in the nuclear medicine service of the National Hospital Edgardo Rebagliati Martins in the month of November 2017.

**Methodology:** Observational, descriptive, prospective, cross-sectional study with a quantitative approach. The sample size was made up of 30 gloves frequently used in the handling of Iodine 131 in the nuclear medicine service of the National Hospital Edgardo Rebagliati Martins in the month of November 2017. For the descriptive analysis the average and the standard deviation were estimated.

**Results:** The results of the investigation were found looking to simulate a real situation, finding that in 100% of the gloves of frequent use in the manipulation of Iodine 131, used, there was permeability. On the other hand, it was found that the activity of the bottom of the activimeter in the solution of Iodine 131, in the syringes with solution of Iodine 131, in the gloves and in each one of the gloves was 0  $\mu\text{Ci}$ .

Likewise, the activity in the smear test of the internal surface of the gloves was 0.26  $\mu\text{Ci}$  +/- 0.45, with a minimum of 0.01  $\mu\text{Ci}$  and a maximum of 2.4  $\mu\text{Ci}$ .

**Conclusion:** There is permeability of gloves commonly used in the handling of Iodine 131 of the nuclear medicine service of the Edgardo Rebagliati Martins National Hospital in November 2017, given that in 100% of the total of gloves it was determined that the activity presented in the smear it exceeded the activity of the bottom of the activimeter, with the majority oscillating between 0.01 to 0.05  $\mu\text{Ci}$  (86.7%).

**Key words:** Permeability, gloves, Iodo 131, nuclear medicine



**CAPITULO I**

**INTRODUCCIÓN**

## 1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ANTECEDENTES

En el ejercicio de la profesión el Tecnólogo Médico manipula fuentes radiactivas, enfrentando numerosas situaciones donde las manos pueden entrar en contacto con sustancias nocivas que constituyen riesgos para la salud si la piel es una posible vía de entrada (1).

Organismos como la comisión europea de salud han emitido comunicados acerca de la efectividad de guantes de uso médico, reconociendo que puede ocurrir permeación a través de la difusión, acción capilar o movimiento forzado a través del micro porosidad propia de la membrana de látex. La calidad de los guantes y su efectividad en el uso ha sido una preocupación permanente dado que la permeación a través de un guante, deja su material inalterado, por lo que dicho proceso no se aprecia visualmente (2).

En la actualidad el servicio de medicina nuclear se encuentra en continuo desarrollo y crecimiento que conlleva al aumento tanto de los estudios diagnósticos como terapéuticos y a su vez a la mayor utilización y manipulación de fuentes radiactivas por el Tecnólogo Médico (3-4), lo cual incrementa el riesgo potencial de accidentes en los que están involucrados las radiaciones ionizantes; dado que estos tienen lugar esencialmente durante la producción, transporte o utilización de esos materiales (5).

“La medicina de las radiaciones empezó a constituirse como especialidad autónoma a los pocos años del descubrimiento de los rayos X en 1985 y su desarrollo ulterior está jalonado de constantes progresos... Otro brote reciente del mismo tronco es la medicina nuclear que va constituyéndose en especialidad autónoma conforme aumentan las facilidades para usar radionúclidos”(3).

“Cada año se realizan en el mundo más de 3600 millones de pruebas diagnósticas radiológicas, 37 millones de pruebas de medicina nuclear y 7,5 millones de tratamientos con radioterapia” (4).

**Ridone S, et al** (2013) en Italia publican su estudio “Permeabilidad de los guantes utilizados en los departamentos de medicina nuclear a [99mTc] - pertecnetato y [18F] - fluorodesoxiglucosa: consideraciones para la protección radiológica”, en el cual concluyen que luego de evaluar la permeabilidad de cuatro tipos de guantes normalmente utilizados en medicina nuclear frente a [99mTc] -pertecnetato y [18F] - FDG, dos productos radiofarmacéuticos de diferentes propiedades químicas y aplicaciones, y considerando una contaminación con [99mTc] - pertecnetato y [18F] -FDG con los guantes de peor rendimiento (Tipo 3), la contribución con respecto a la dosis anual equivalente para las manos es insignificante, por lo que pueden suponer que todos los guantes utilizados en dicho departamento de medicina nuclear protegen adecuadamente a los operadores. Sin embargo, dado las propiedades químicas de las moléculas, los materiales de los guantes, el proceso de fabricación, la duración de la exposición y otros tipos de guantes que están disponibles comercialmente, se recomienda evaluar su permeabilidad y heterogeneidad en los lotes. Esta práctica proporcionará un enfoque más consciente en el manejo de radiofármacos, durante la preparación y la administración, para un servicio más cuidadoso en cuanto a la protección radiológica. Cabe resaltar que el estudio de investigación es inédito, es decir, no hay artículos publicados con anterioridad sobre la permeación de radiofármacos a través de guantes desechables utilizados en los departamentos de medicina nuclear (6).

**Díaz de Freijo LS**, (2011) en España, elaboró una tesis para optar el título de Doctor en Medicina: "Estudios de absorción en guantes de protección de uso sanitario", en el cual se estudió la permeabilidad de diferentes tipos de guantes, encontrándose que en los de Neopreno no se observa migración. En los de Látex la migración es muy pequeña. En el caso de los de Nitrilo y, sobre todo los de Vinilo, se observa ese fenómeno de una manera importante. Esto pone en evidencia la problemática que presentan estos dos últimos tipos de guantes, ya que permitirán con mayor facilidad el paso de fluidos a través de ellos (7).

Debido a ello, la autoridad reguladora competente en el país (IPEN) establece normas aplicables a las prácticas, instalaciones, fuentes de radiación ionizante, trabajadores expuestos, siguiendo las recomendaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA) y el Comité Internacional de Protección Radiológica (ICRP) sobre las normas de seguridad y protección radiológica que constituyen un requisito para la manipulación de fuentes de radiación por el Tecnólogo Médico (8-13).

Sin embargo en el país actualmente no existe normativa específica que delimite y/o especifique la permeabilidad de los guantes en el servicio de medicina nuclear cuando se manipulan sustancias radiactivas, motivo por el cual es importante identificar la permeabilidad que puedan presentar estos.

“Las personas naturales o jurídicas que utilicen materiales nucleares o elementos relacionados o que se puedan vincular con su utilización en el territorio nacional, adicionalmente, deberán satisfacer las disposiciones de protección física y de salvaguardias, de conformidad con los Tratados Internacionales sobre materiales nucleares suscritos y ratificados por el Perú” (11).

Por tal motivo nos formulamos la siguiente pregunta: ¿Existe permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131 en el servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017?

## 1.2 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN:

El uso de guantes en los servicios de medicina nuclear debe constituir una barrera eficaz ante la contaminación externa del Tecnólogo Médico, ya que la manipulación de material radioactivo debe estar restringida en un mínimo y dentro de las limitaciones recomendadas para este (4)(14). Debido a ello resulta importante identificar la permeabilidad de los guantes usados en dicho servicio, ya que será una medida indirecta de la posible contaminación radiactiva externa del Tecnólogo Médico; razón por la cual el presente trabajo de investigación aportará información para futuros estudios, sobre la permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131, que contribuirá a ampliar los conocimientos de la protección radiológica del Tecnólogo médico en dicho campo.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo general:

- Identificar la permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131, en el servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017.

### 1.3.2 Objetivos específicos:

- Calcular la actividad del fondo del activímetro en la solución de Iodo 131, en los guantes.



- Calcular la actividad del fondo del activímetro en las jeringas con solución de Iodo 131, en los guantes.
- Calcular la actividad del fondo del activímetro en cada uno de los guantes.
- Estimar la actividad en la prueba de frotis de la superficie interna de los guantes.

## 1.4 BASES TEÓRICAS:

### 1.4.1 Bases teóricas:

#### **PERMEABILIDAD DE LOS GUANTES**

La permeación o permeabilidad es el paso de la sustancia a través del material del guante protector a nivel molecular por acciones físico - químicas. Es importante señalar, que la permeación a través de un guante, deja su material inalterado, por lo que dicho proceso no se aprecia visualmente. Todos los materiales son permeados por los productos químicos más tarde o más temprano. Es cuestión de lo que se prolongue el contacto entre ambos. Dado que, la película de plástico o goma del guante no siempre es eficaz como barrera contra líquidos. A veces puede actuar como una esponja que se empapa del líquido y lo mantiene en contacto con la piel. Por ello se debe tener presente el tiempo de paso, es decir, el tiempo necesario para que el líquido peligroso se filtre hasta entrar en contacto con la piel. El tiempo de paso, que es una traducción del término normalmente empleado en inglés "Breakthrough Time" cuyas siglas son BTT, caracteriza la resistencia de un material frente a un determinado producto químico. Sin embargo se advierte que el BTT no es la duración real de la protección de un guante en el lugar de trabajo. (15) (16) (1) (17) (18).

Tiempo de paso medido	Índice de protección	Tiempo de paso	Índice de Protección
> 10 minutos	Clase 1	> 120 minutos	Clase 4
> 30 minutos	Clase 2	> 240 minutos	Clase 5
> 60 minutos	Clase 3	> 480 minutos	Clase 6

*Fuente: Ansell Healthcare Europe N.V.; 2011: 10 p.*

Organismos como la comisión europea de salud han emitido comunicados acerca de la efectividad de guantes de uso médico, reconociendo que puede ocurrir permeación a través de la difusión, acción capilar o movimiento forzado a través del micro porosidad propia de la membrana de látex (2).

La calidad de los guantes y su efectividad en el uso ha sido permanentemente una preocupación. En investigaciones donde se ha evaluado la permeabilidad de los guantes de exploración en la práctica odontológica, a través de las técnicas de relleno con agua y conductividad eléctrica, concluyeron que debido a las diferencias entre las distintas marcas, sería deseable que se realizaran nuevos estudios comparativos sobre las distintas marcas de guantes que van apareciendo en el mercado (2). Por otro lado estudios en los guantes de examen utilizados en las unidades de cuidados intensivos demuestran que el usuario no puede predecir la durabilidad de los guantes basándose en los datos técnicos proporcionados por el fabricante del guante (19).

### **Características de los guantes de protección:**

Un guante es un equipo de protección individual (EPI) que protege la mano o una parte de ella contra los riesgos, éste también puede cubrir parcialmente el antebrazo y el brazo. Debido a la variabilidad de tipos y niveles de riesgo se han establecido criterios normalizados de requisitos y ensayos que deben superarse para incluirlos en una u otra categoría y tipo de protección, esto tanto en España (Agencia Española de Normalización, con las Normas UNE), como internacional (Comité Europeo de Normalización, con las Normas EN y la Organización Internacional de Normalización con las Normas ISO), por lo tanto, dichas directivas y normas sientan las bases para el uso de guantes de protección. Entre ellas la norma UNE EN 420 (Guantes de protección. Requisitos generales y métodos de ensayo). Esta norma define los requisitos de ergonomía, construcción de los guantes, alta visibilidad, inocuidad, limpieza, confort y eficacia, marcado e información de la mayor parte de los guantes de protección. La norma UNE EN 420 nunca debe usarse sola sino siempre en combinación con alguna norma específica para certificar guantes de protección de acuerdo a su uso en determinadas actividades, tales como: UNE EN 421 o su equivalente internacional EN 421: 2010 (Guantes de protección contra radiaciones ionizantes y contaminación radiactiva) y UNE EN 374: 2004 (Guantes para protección contra productos químicos y microorganismos). (20) (7) (16) (6) (21) (22) (23) (24) (25)

En cuanto a los guantes de protección contra radiaciones ionizantes y contaminación radiactiva la protección contra radiación externa es proporcionada por el contenido del guante. El guante puede contener plomo u otros elementos metálicos pesados, en una o más de las capas para actuar como medio de atenuación. La distribución del elemento metálico puede ser uniforme o diseñada entre el fabricante y el usuario. Normalmente, el elemento metálico utilizado, es el plomo; el espesor equivalente de éste debe ser marcado sobre cada guante. Se indica como método de prueba de la evaluación de dicha protección: Determinación del espesor de plomo equivalente y uniformidad de repartición. (23)(24).

En el caso de protección contra contaminación radiactiva dependiendo de la naturaleza o estado físico de los contaminantes (polvo, gases, líquidos o mezclas), la protección necesaria, puede ser proporcionada por la impermeabilidad del guante. El guante debe además superar la prueba de penetración definida en EN 374, es decir que dicho guante no debe presentar fugas al someterse a un test de aire y agua, y debe testearse e inspeccionarse de conformidad con el Nivel de Calidad Aceptable (AQL) (23) (7) (18).

Nivel de Rendimiento	Nivel de Calidad Aceptable	Niveles de Inspección
Nivel 3	< 0.65	G1
Nivel 2	< 1.5	G1
Nivel 1	< 4.0	S4

*\*Esta información sobre datos químicos no refleja necesariamente la duración real. Fuente: Ansell Healthcare Europe N.V.; 2011: 9p.*

El valor AQL (Nivel de Calidad Aceptable) es un método estadístico de control de la calidad que, a partir de un número limitado de muestras, permite determinar la calidad del total de la producción con una fiabilidad inicialmente definida. Este control de calidad abarca todas las fases del proceso productivo, desde los primeros análisis de la materia prima utilizada hasta la revisión completa del producto listo para ser comercializado. En otras palabras, también podría definirse como el máximo porcentaje de error permitido. El valor numérico del AQL es menor cuando mayor es el nivel de calidad aceptado (26) (27) (15).

Las muestras se controlan según las normas y especificaciones determinadas por el tipo de producto y el resultado permite sacar deducciones sobre la calidad del lote total. Para guantes médicos la nueva norma europea DIN EN 455 parte 1<sup>o</sup> determina el "nivel de ensayo general I" como criterio de calidad y un AQL de 1,5. Esto es válido para el control de estanqueidad. Como procedimiento de ensayo se prescribe el ensayo de estanqueidad (test de agua). Otro ensayo utilizado también es el ensayo de aire (test de aire) (26) (27) (15).

La norma EN 374: 2004 define la protección contra sustancias químicas y microorganismos, en relación con dos propiedades mecánicas, tales como la penetración (avance de productos y/o microorganismos por la barrera del guante a nivel no molecular debido a acciones mecánicas a través de materiales porosos, costuras, perforaciones y otros desperfectos del material de un guante) y la permeación (proceso donde la sustancia atraviesa el material de un guante de protección por acciones físico-químicas a nivel molecular) (20) (7) (6) (15) (16) (22-25) (18) .

Los guantes de protección química han de ser fabricados a partir de materiales poliméricos "impermeables". Los materiales "impermeables" están elaborados a partir de polímeros, naturales o sintéticos, que por sus propiedades de ligereza, resistencia a agentes atmosféricos y químicos y facilidad de moldeo, permiten su utilización como materiales de protección química. No son transpirables al aire. Ejemplos de este tipo de materiales son: Látex, PVC, Nitrilo, Neopreno, Polietileno, Vitón, Butilo, PVA. Los materiales "impermeables", ofrecen una resistencia limitada a la permeación por productos químicos, por ello siempre se expresa el término entre comillas (7) (1).

Las dos características fundamentales de estos materiales son su estructura química y su modelo de distribuciones moleculares, que determinan algunas de sus propiedades, tales como las fuerzas de cohesión, la densidad de empaquetamiento y la movilidad molecular. De forma indirecta controlan tanto su morfología como su fenómenos de relajación, o lo que es lo mismo, el comportamiento completo del polímero. Lo que más distingue a los polímeros de otros materiales constituidos por moléculas de tamaño normal, son sus propiedades mecánicas, su resistencia a la penetración y la permeación. Esto es debido en gran parte a las fuertes atracciones entre las grandes cadenas poliméricas, lo que da lugar a una estructura fuerte y resistente (7). Por otro lado según la IAEA (International Atomic Energy Agency), un guante es un medio individual de protección personal para manipular fuentes abiertas (29).

### **Tipos de guantes de protección:**

De acuerdo con el Real Decreto 773/1997, los guantes de protección deberán estar certificados según lo establecido en el Real Decreto 1407/1992 y clasificados en función del riesgo frente al que protejan según las siguientes categorías (29-30):

- Categoría I: Son aquellos que protegen de riesgos leves o menores. Guantes de jardinería, guantes de protección térmica para temperaturas inferiores a 50°C y guantes de protección frente a soluciones diluidas de detergentes.
- Categoría II: Protegen de riesgos intermedios, muy habituales en industria. Guantes mecánicos, guantes térmicos hasta 100°C y guantes de protección frente a motosierras, frente al frío y de soldadores.
- Categoría III: Protegen de riesgos de lesiones irreversibles, con peligro mortal o que pueda causar lesiones muy graves. Guantes de protección química, guantes de protección térmica por encima de 100°C y de bomberos.

Las normas europeas (UNEs) indican que los guantes deben ir marcados con un pictograma con forma de escudo en cuyo interior se encuentra el símbolo correspondiente al tipo de riesgo frente al cual protege (29).

El símbolo de protección junto con la referencia a un número de norma implica una lista de niveles de prestación obtenidos en uno o varios ensayos de laboratorio, lo cual no refleja necesariamente las condiciones reales del puesto de trabajo. Se recomienda siempre las pruebas in situ, para confirmar la idoneidad del guante para la situación específica. Estos niveles, no obstante, nos sirven para comparar productos diseñados para ofrecer un mismo tipo de protección y tener idea del grado de resistencia o comportamiento del material frente a un tipo de agresión. El rango de los niveles de prestación va de 0 a 4, 5 o 6. El nivel 0 implica que el resultado está por debajo del valor mínimo establecido para el riesgo dado mientras que 4, 5 o 6 representa el mayor valor posible y por tanto el más efectivo. Una "X" representando el resultado de un ensayo implica que dicho guante no ha sido sometido al ensayo o que el método no es adecuado para el diseño o material del guante. Los números correspondientes a los niveles de prestación que acompañan al pictograma deben aparecer en el orden indicado en la norma específica aplicada (16) (1) (31).



TIPOS DE GUANTES DE PROTECCIÓN	
Contra riesgos mecánicos (golpes, cortes, pinchazos...) <b>UNE EN 388</b>	
Contra frío <b>UNE EN 511</b>	
Contra riesgos térmicos (calor/frío) <b>UNE EN 407</b>	
Para bomberos <b>UNE EN 659</b>	
Para soldadores <b>UNE EN 12477</b>	
Contra los productos químicos y los microorganismos <b>UNE EN 374</b>	
Contra radiaciones ionizantes y la contaminación radiactiva <b>UNE EN 421</b>	
Contra sierras de cadena <b>UNE EN 381</b>	
Cortes, pinchazos producidos por cuchillos de mano <b>UNE EN 1082</b>	
Riesgos eléctricos <b>EN 60903</b>	
Electricidad estática <b>EN 388</b>	
Guantes antivibratorios	<b>UNE EN ISO 10819</b>

*Fuente: Comunidad de Madrid. Consejería de presidencia Justicia y Portavocía del Gobierno. Servicio de Prevención. p.1*

## **MANIPULACION DEL IODO 131:**

La manipulación de un elemento radioactivo se entiende como la acción y efecto de manipular, es decir, operar con las manos o con un instrumento, etc. (32)

A continuación, se mencionarán las características, el uso y los pasos para la manipulación del Iodo 131:

### **Características del Iodo 131:**

El I-131 es un radioisótopo de Iodo inestable (33). Siendo este el radioisótopo de Iodo más comúnmente utilizado en la industria farmacéutica y la medicina (34).

Los isótopos radiactivos de Iodo se originan en la fisión y muchas otras reacciones nucleares (34). El I-131 es obtenido por dos métodos principalmente (35):

- La fisión del uranio-235, que ocurre durante la operación de los reactores nucleares o la detonación de una bomba nuclear. Cuando los átomos de uranio sufren fisión, alrededor del 1,5% - 2,0% de los productos de fisión se convierten en I-131. El uranio-235 irradiado se almacena primero durante 24 horas para permitir la desintegración de los productos de corta duración y ser tratado con hidróxido de sodio, dado que el rendimiento de la cadena de I-131 es considerablemente alto y los isótopos de radioyodo con una masa mayor que 131 son de vida corta, este radioisótopo se obtiene fácilmente en forma pura. Después es sometido a un proceso de filtración (donde el uranio y ciertos productos de fisión se eliminan); el filtrado se acidifica con ácido nítrico. Al calentarse, el yodo radiactivo se destila y se recoge en la trampa, mientras que el resto de la mezcla de reacción se trata adicionalmente para separar el molibdeno 99 y otros productos de fisión.

- La reacción  $(n, \gamma)$  sobre telurio-130. El I-131 es separado en la forma de Ioduro de sodio (INa) de los productos de fisión de uranio o de la irradiación neutrónica de telurio (36-37). En ciertas soluciones se necesita añadir un agente reductor específico para conservar el isótopo en forma de Ioduro; sin embargo, su uso puede interferir cuando se emplea Iodo 131 para etiquetar compuestos orgánicos (35).

El I - 131 se encuentra disponible como Ioduro de sodio en cápsulas de gelatina o como solución líquida de Ioduro de sodio para administración oral (34) (36) (38-39). Ya que éste tiene una absorción rápida y completa en el intestino superior, la vía de administración intravenosa se utiliza solamente para personas que no pueden ingerir cualquiera de estas dos formas. Se debe tener en cuenta que las cápsulas son más seguras que los líquidos, la irritación de la mucosa oral no es tan pronunciada, y hay menos radiactividad liberada en el aire (34). Tras su administración es eliminado por vía urinaria principalmente y el resto con las excretas, sudor, saliva, etc (40).

Las soluciones de Ioduro de sodio, contienen tiosulfato de sodio al 0,2% como agente estabilizante destinado a evitar la salida del Iodo libre al aire. La oxidación del aire es minimizada por la adición del sodio ascórbico o tiosulfato a la solución en un PH alcalino mantenido entre 7,5 y 9,0. El  $^{131}\text{I-NaI}$  (radiofármaco) es una solución líquida clara e incolora volviéndose isotónica con solución salina fisiológica. Si se utiliza la forma líquida, como se realiza en el servicio de medicina nuclear, la administración al paciente involucra cierto riesgo de contaminación especialmente al trabajar con el vial abierto. El radioiodo líquido implica además un riesgo de irradiación para el personal que manipula la dosis, si no se respetan las medidas de radioprotección adecuadas (36) (41).

El I- 131 posee un período de semidesintegración de 8,08 días (42), esto quiere decir que al cabo de 8 días la cantidad de radiación emitida se habrá reducido a la mitad, con 8 días más esta será la cuarta parte, etc (40). Se concentra predominantemente en el tejido tiroideo (42), es absorbido fácilmente en las células foliculares de la glándula tiroidea a través del simportador de Sodio/Iodo (33-34). Cuando los átomos de Iodo 131 se acumulan en la tiroidea, terminan por someterse a un proceso de decaimiento radioactivo (33). Decae por emisión  $\gamma$  (gamma) de alta energía (364 keV) y emisión de partículas  $\beta$  (beta). La emisión  $\beta$  tiene una energía promedio de 192 keV, la partícula  $\beta$  deposita la mayor parte de su energía hasta un rango de 2,2 mm (distancia promedio igual a 0,5 mm) de su sitio de origen (36). Aproximadamente el 90% de Iodo 131 decae en xenón-131 (33).

El fotón gamma es usado para obtener imágenes, pero también es el responsable de que se necesiten medidas de radioprotección para el personal y público en general (42) (9) (36).

### **Usos del Iodo 131**

#### *Iodo 131 en áreas no médicas:*

Los radioisótopos no sólo se aplican en medicina sino también en otras áreas, es así que se utiliza el Iodo 131 para determinar el perfilaje de pozos petroleros, recuperación secundaria de petróleo, interconexión de fuentes acuíferas, aforo de ríos, estudios de fugas en embalses, cálculos del tiempo de residencia en lagunas de oxidación, etc. (43).

### *Iodo 131 en áreas médicas: Medicina nuclear*

Es indicado principalmente para estudios de diagnóstico por imágenes por captación tiroidea de la glándula tiroidea, evaluación de la función tiroidea, hipertiroidismo, en el cálculo de la actividad a administrar para terapia con Iodo radiactivo, localización de tumores tiroideos metastásicos funcionantes, carcinoma de tiroidea, entre otros (42). En el tratamiento del cáncer el I-131 destruye las células malignas y el tejido tiroideo residual a través de la emisión  $\beta$ , basados en su poder de ionización, ya que los emisores  $\beta$  pueden causar un tremendo daño biológico siempre que la protección de la piel sea sorteada (9) (36) (42).

### **Pasos para la manipulación del Iodo 131:**

El Iodo 131 presenta una emisión altamente penetrante, alta tasa de dosis y frecuentemente se presenta en compuestos volátiles. Para evitar la contaminación radiactiva la cual se produce únicamente al entrar en contacto directo (manipulación del paciente, muestras biológicas, material de curas, excretas, etc.) con la sustancia radiactiva es necesario tomar las siguientes precauciones y tras su uso se debe de verificar la ausencia de contaminación radiactiva (38):

- Vestir indumentaria de protección como guardapolvo de laboratorio, anteojos de seguridad (u otro sistema) y guantes de látex (se ha observado que los guantes descartables de polietileno no son efectivos en evitar la contaminación radiactiva externa de manos cuando se trabaja con soluciones de Iodo 131).
- Los guantes de látex deben ser gestionados como residuos radiactivos después de cada práctica.
- Todos los procedimientos (preparación de soluciones, calibración de las mismas) que involucren la utilización de soluciones de Iodo radiactivo deben ser realizados bajo campana.

- Reducir los tiempos de manejo de las soluciones. Utilizar pinzas para el manipuleo de soluciones con altas actividades de radioiodo.
- Abrir bajo campana el frasco conteniendo la dosis terapéutica antes de administrar al paciente.
- No pipetear directamente con la boca ninguna solución, aún las no radiactivas, durante el fraccionamiento de las soluciones.
- Monitorear las manos y la ropa de laboratorio después de cada práctica.
- Almacenar el stock de soluciones de Iodo 131 y los residuos contaminados bajo campana o en un área ventilada.
- Monitorear los niveles de contaminación superficial después de cada práctica mediante el uso de un contador Geiger o un detector de NaI.
- En casos de contaminación de la piel, lavar con agua tibia y jabón. No lesionar la piel.

Para protegerse de la exposición externa y conseguir que la dosis recibida sea la menor posible, existen tres reglas fundamentales (38):

- Distancia entre la fuente de radiación y la persona: hay que mantenerse lo más alejado posible de la fuente de radiación, ya que la dosis recibida disminuye con la inversa del cuadrado de la distancia a la fuente.

- El tiempo de exposición: cuanto menor sea el tiempo que una persona está expuesta a la radiación, lógicamente menor será la cantidad de radiación recibida. De esta regla se desprende que las operaciones a realizar en las que se está expuesto a radiaciones deben de hacerse con la mayor rapidez posible y esto sólo se consigue con un buen entrenamiento.
- El blindaje: en ocasiones no son suficientes las dos reglas anteriores y en ese caso hay que acudir a los blindajes, es decir, interponer entre la fuente de radiación y la persona un material que disminuya la intensidad del haz de radiación a valores apropiados.

En el caso del I-131, la utilización de delantales plomados no es práctico, dado que el espesor necesario de plomo es muy elevado para conseguir un nivel de protección adecuado, por dicho motivo hay que procurar mantenerse a la distancia más alejada posible, reducir el tiempo de exposición y hacer uso de mamparas plomadas móviles (38).

Ante cualquier duda sobre una posible contaminación, hay que ponerse en contacto con el servicio de protección radiológica (SPR), para su verificación y si resulta necesario proceder a la descontaminación. Los productos procedentes del paciente o materiales que hayan estado en contacto directo con el mismo, deben de someterse a un control de contaminación, de acuerdo con el protocolo para este tipo de residuos (38).

### **ACTIVIDADES DE VERIFICACION DE LA RADIOACTIVIDAD**

En las actividades diarias de la medicina nuclear se utilizan fuentes radiactivas abiertas, las cuales contienen a los denominados isótopos radiactivos, radioisótopos, radionúclidos, etc., es decir, isótopos que son capaces de emitir espontáneamente radiación, con el fin de la investigación biomédica, así como el diagnóstico y terapia de diferentes patologías (44) (45).

En las instalaciones radiactivas se pueden presentar los siguientes tipos de accidentes radiológicos (8) (46-47) (7) (48-49):

**Irradiación externa:**

Se denomina irradiación a la transferencia de energía de un material radiactivo a otro material, sin que sea necesario un contacto físico entre ambos. Se dice que hay riesgo de irradiación externa cuando, por la naturaleza de la radiación y el tipo de práctica, la persona sólo está expuesta mientras la fuente de radiación está activa y no puede existir contacto directo con un material radiactivo. La irradiación externa se detiene cuando la fuente de radiación está blindada o la persona sale del campo de irradiación.

**Contaminación radiactiva:**

Cuando puede haber contacto con la sustancia radiactiva y ésta puede penetrar en el organismo por cualquier vía (respiratoria, dérmica, digestiva o parenteral) se habla de riesgo por contaminación radiactiva.

El riesgo resultante de la contaminación sólo puede determinarse en función de los criterios de los expertos y de las mediciones realizadas por personal capacitado. La contaminación radiactiva puede ser:

*Contaminación radiactiva interna:*

La contaminación radiactiva interna se produce cuando una sustancia radiactiva penetra en el organismo a través de diferentes vías: inhalatoria, digestiva, heridas o piel intacta.



### *Contaminación radiactiva externa:*

La contaminación radiactiva externa se puede producir cuando el material radiactivo presente en el aire (polvo, líquidos, aerosoles) se deposita sobre la superficie exterior del cuerpo (piel, anexos, mucosas) o en un área (superficial, ambiental) desde la cual lo irradia.

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

Para el presente estudio se están considerando dos tipos de pruebas para detectar la contaminación radiactiva, los cuáles se detallarán a continuación:

#### **Prueba de frotis**

Es un tipo de muestreo utilizado desde los años noventa y actualmente forma parte de los procesos normalizados del OIEA en las actividades de verificación de instalaciones nucleares con la finalidad de detectar indicios de radiactividad y conocer su composición elemental principal utilizando espectrometría gamma y espectrometría de rayos X, que permite detectar los tipos de elementos y de radioisótopos presentes (50). Es también usado en programas de vigilancia radiológica para propósitos de detección de contaminación en el lugar de trabajo del Tecnólogo Médico (ANEXO N°6) (ANEXO N°7). La vigilancia radiológica operativa debe realizar el monitoreo rutinario de la radiación externa y contaminación del área de trabajo, de acuerdo con un programa establecido registrando los resultados (51-52).

El monitoreo debe considerar aquellas áreas y tareas donde es necesario determinar los niveles de radiación, así como la contaminación superficial de personas, objetos y superficies. La prueba de frotis es parte del servicio de Pruebas de Hermeticidad de Fuentes Radiactivas realizado por el IPEN. Comprende la toma de muestra (frotis), su registro, acondicionamiento, análisis radiométrico y entrega de un Informe de Ensayo por cada equipo que contenga una fuente radiactiva (51-52). Éste servicio consiste en evaluar la hermeticidad de las fuentes radiactivas selladas contenidas en equipos nucleares a través del análisis radiométrico de muestras de frotices, esto permite verificar la presencia de radiactividad, determinar los niveles de acuerdo al tipo de emisión del radionúclido presente en el exterior de un equipo portador de una fuente de radiaciones ionizantes con la finalidad de evitar la contaminación de personas, zonas u objetos, así como la incorporación de material radiactivo. El personal técnico que realice o supervise las pruebas de hermeticidad debe disponer de una formación adecuada en materia de protección radiológica. Así, por ejemplo, la toma de muestras debe ser realizada por personal técnico que conozca el procedimiento establecido para llevar a cabo las pruebas de hermeticidad, el tipo, la actividad y la toxicidad de la fuente radiactivo encapsulado sobre la que se va a efectuar la prueba. Asimismo, este personal debe estar capacitado para reconocer y minimizar una posible contaminación potencial, así como los riesgos radiológicos inherentes al proceso, tanto en lo que concierne a la propia fuente o al equipo o dispositivo en el que está alojada, como en lo que respecta al proceso de muestreo. En general, para evitar contaminaciones personales accidentales debe manejarse la fuente como si esta estuviera realmente contaminada, utilizando a tal fin elementos de protección personal, tales como batas, guantes de goma, y herramientas que permitan una manipulación a distancia, evitando de este modo, siempre que sea posible, el contacto directo con la fuente (52- 56).

Para eliminar riesgos radiológicos indebidos debe aplicarse el criterio ALARA, de forma que el riesgo de contaminación o irradiación para el personal que realiza la prueba se mantenga tan bajo como sea razonablemente posible (52- 56).

La prueba de frotis se puede realizar por vía húmeda, en cuyo caso se utiliza un líquido para humedecer el material absorbente, o por vía seca. Es fundamental seleccionar un disolvente adecuado para humedecer el material absorbente. El disolvente debe elegirse de tal manera que sus propiedades físico-químicas no ataquen a la propia fuente o a la superficie equivalente a muestrear, pero que, a la vez, sean adecuadas para recoger el material radiactivo con la mayor eficiencia posible. La prueba de frotis consiste en tomar una muestra (denominada frotis) frotando cuidadosamente la superficie de la fuente, o algunas partes integrantes de la misma, con un material absorbente, y en determinar posteriormente la actividad del material radiactivo presente en la muestra (54).

*\*Toma de muestra (54):* Esta fase es especialmente relevante en el método de ensayo por frotis, ya que determina la fiabilidad del resultado obtenido. El frotis se debe realizar en todas las superficies accesibles de la fuente encapsulada, utilizando un algodón o un papel de filtro absorbente, y teniendo cuidado para no dañar el encapsulamiento.

Los materiales absorbentes más comunes son el papel de filtro y el algodón. Los disolventes más utilizados para humedecer el material absorbente son el alcohol, el agua destilada y el tricloroetileno. El alcohol tiene la ventaja de eliminarse más rápidamente por evaporación, lo cual facilita el secado de la muestra, que generalmente es necesario para obtener un resultado preciso durante el posterior proceso de medición.

La presión a ejercer sobre la superficie de la fuente está limitada por la propia resistencia del material de encapsulamiento. Debe evitarse cualquier tipo de deterioro de la fuente y, en consecuencia, debe tenerse especial cuidado con las fuentes radiactivas que tienen un espesor de encapsulamiento muy delgado.

Para evitar que se produzcan procesos de autoabsorción, que puedan falsear la medida de la muestra, es fundamental que la selección del espesor y del tipo de material absorbente a utilizar sea adecuada. Esto es especialmente importante para las fuentes emisoras de radiación alfa o beta.

Así, por ejemplo, en caso de utilizar papel de filtro para realizar un frotis sobre fuentes emisoras alfa o beta, este debe mantenerse extendido, de forma que la contaminación quede depositada en una de sus caras y no se produzca absorción de radiación en arrugas o zonas de pliegue. Otra posibilidad para evitar los procesos de autoabsorción es utilizar un material absorbente que tenga un espesor muy delgado. Cuando sea posible, el frotis debe realizarse sobre los puntos de unión o soldaduras del encapsulamiento y, en general, sobre aquellas zonas más susceptibles de estar contaminadas.

Una vez realizado el frotis, este debe introducirse en una bolsa o en un recipiente de plástico limpio, que debe cerrarse y etiquetarse adecuadamente. Las muestras deben estar claramente identificadas, por lo que es especialmente importante que los elementos que se utilicen para conservar y transportar las muestras (bolsas, recipientes, placas petri, etc.) estén marcados o etiquetados de tal manera que sea posible identificar y conocer el origen exacto de cada muestra. Para ello suele ser conveniente anotar los siguientes datos (54):

- Identificación de la fuente (número de serie, referencia y actividad).
- Fecha de toma de muestra.

- Nombre de la persona que tomó el frotis.
- Indicación sobre si el frotis se ha realizado sobre la propia fuente o sobre una superficie equivalente (superficie próxima a una fuente encapsulada, y con mayor probabilidad de estar contaminada, sobre la cual se efectúa un frotis para verificar la hermeticidad de la cápsula cuando la accesibilidad sea limitada).

Para evitar una posible contaminación o irradiación, y de acuerdo con el principio ALARA, se recomienda que el marcaje o etiquetado de estos elementos de transporte se realice con carácter previo a la toma de la muestra. Asimismo se recomienda disponer de un esquema en el que se aprecie con claridad la posición de la fuente y los puntos de muestreo utilizados (54).

*\*Medida de la muestra (54):*

Con anterioridad a la medición exhaustiva de la muestra y con el objetivo de detectar aquellas fuentes de las que se tenga certeza que han perdido su hermeticidad, se recomienda valorar la necesidad de realizar una medida previa in situ, en el propio punto de muestreo, utilizando a tal fin un monitor de radiación o contaminación. Posteriormente, y generalmente, en el laboratorio o centro de medida, se debe llevar a cabo la medida cuantitativa de las muestras.

Para llegar a una determinación cuantitativa de la actividad recogida en la muestra, que sea lo más precisa posible, se puede bien contrastar la medida de la muestra problema frente a la de una fuente patrón, del mismo radioisótopo, de actividad adecuada y medida en condiciones geométricas similares.

Si la muestra radiactiva emite radiación gamma, debe medirse este tipo de radiación, debido a su bajo poder de autoabsorción.

En el caso de fuentes de radiación alfa o beta, resulta imprescindible esperar al secado de la muestra antes de realizar la medida, ya que puede producirse una atenuación importante de la radiación por el líquido que impregna el material absorbente.

### **Cámaras de ionización (57 - 66):**

\*Activímetro

#### ***Principios de funcionamiento***

Un activímetro (también llamado Calibrador de Dosis) está constituido básicamente por un detector gaseoso, en esencia es una cámara de ionización de tipo pozo en cuyo interior se introduce una fuente radiactiva (radionúclido) para medir su actividad.

La Actividad del material radiactivo se mide en función de la corriente de ionización producida por las radiaciones emitidas por el radioisótopo que interactúa con el gas.

La cámara ésta sellada, el gas de llenado se encuentra a una presión superior a la atmosférica, normalmente entre 10 y 20 atmósferas, con el objeto de tener una buena eficiencia cuenta con dos electrodos cilíndricos coaxiales, aislados entre sí y conectados a una fuente de alta tensión y un aparato de medición de corriente que al establecer una diferencia de potencial, la corriente iónica o pares iónicos producidos por el paso de la radiación ionizante a través del gas-para una energía determinada y en primera aproximación-es proporcional a la actividad de la fuente radiactiva y mediante un proceso de calibración adecuado, puede conseguirse que la cámara indique directamente el valor de la actividad de la fuente radiactiva.

El comportamiento de éstos pares iónicos depende de la naturaleza y la presión del gas de llenado y del voltaje aplicado. De acuerdo con éste último, los iones producidos pueden chocar entre sí y recombinarse, o pueden alcanzar los electrodos respectivos: los e<sup>-</sup> se dirigen al ánodo y los iones positivos al cátodo. Cuando los pares iónicos son recogidos por los electrodos se origina una corriente en el aparato de medición. Esta corriente se convierte en señales digitales en el detector mediante un circuito electrónico asociado. Así, permiten la lectura de la actividad de la muestra directamente en  $\mu\text{Ci}$ ,  $\text{mCi}$  ó  $\text{MBq}$ .

El electrómetro asociado convierte la corriente de ionización en una señal de voltaje, la cual se amplifica, procesa y despliega, generalmente en una forma digital, y se expresa en unidades de actividad: becquerel (Bq) o curie (Ci). Esto es posible gracias a que la corriente de ionización es directamente proporcional a la actividad de un radionúclido en particular, si se tiene una geometría fija y una respuesta lineal de la fuente radiactiva. Sin embargo, la respuesta de una cámara de ionización a las radiaciones provenientes de radionúclidos diferentes, varía de acuerdo con el tipo, la energía y la abundancia de ellas, siendo la tasa de la emisión de la energía fotónica la consideración más importante. Esto quiere decir, que si se desea que las mediciones de las actividades de diferentes radionúclidos estén siempre en unidades de actividad, es necesario ajustar en forma apropiada la amplificación de la señal de voltaje para el tipo de radioisótopos que se mide, esto se logra colocando en el activímetro selectores de isótopos.

De todo lo dicho se desprende que al ser la corriente producida entre esos voltajes, función del número de pares iónicos formados, se obtendrá una intensidad de corriente distinta para radiaciones alfa, beta y gama ya que su ionización específica es distinta. Como el espesor de las paredes de la cámara debe ser relativamente grande para soportar la presión del gas de llenado, los activímetros se utilizan preferentemente para la medida de nucleidos que emitan radiación gamma.

La respuesta de un activímetro para una actividad determinada puede verse afectada por el volumen de la muestra, la posición de la fuente en el pozo y el material y tamaño del contenedor. Además, en algunas ocasiones se reviste la cámara del activímetro con blindaje de plomo adicional, para aumentar la radioprotección del operador, introduciendo un error en la medida de la actividad, ya que se aumenta la ionización dentro de la cámara por la retrodispersión de la radiación y la producción de Rayos X por el plomo.

Para asegurar un correcto funcionamiento, este instrumento de medida de radiación debe someterse a un cierto número de pruebas de control de calidad. Las pruebas que recomiendan la mayoría de las guías y protocolos son las siguientes: exactitud y precisión., linealidad, geometría y fondo.

### ***Tipos de Activímetros***

Los activímetros más difundidos poseen como detector una cámara de ionización (Deluxe Isotope II y PTW-Freiburg 3), cuyo diseño es tal que variaciones no muy grandes del volumen de la muestra a medir o de su posición no influyen notablemente en el resultado; no obstante, cada fabricante especifica al volumen y tipo de recipiente adecuados, incluyendo, además factores de corrección para otros volúmenes y envases, que se utilizan esencialmente en medicina nuclear.

El activímetro empleado como instrumento en el presente trabajo de investigación es el modelo ATOMLAB 200 DOSE CALIBRATOR. Los calibradores de dosis Atomlab se usan para medir la radioactividad de un radioisótopo conocido. Su aplicación principal es la medición de la dosis administrada a un paciente en imágenes nucleares.



El diseño comprende dos unidades: unidad detectora, que alberga el detector de la cámara (cámara de ionización presurizada tipo pozo, con diez atmósferas de gas lleno de argón y forro de plástico reemplazable incluido) y el electrómetro (mide la corriente en la cámara de ionización, que es proporcional a la actividad de una fuente dentro de la cámara) y la unidad de visualización que incorpora la electrónica, las teclas de control y las pantallas que realizan y muestran mediciones de actividad. Ambas unidades incluyen componentes electrónicos y software exclusivos que superan estrictos estándares de rendimiento normativo y proporcionan resultados rápidos y precisos.

La unidad de detección utiliza una cámara de ionización de tipo pozo capaz de medir (detección de radiación) una actividad tan baja como 0.01  $\mu\text{Ci}$  y tan alta como 9999 mCi de Tc 99m y un electrómetro para medir la corriente de iones. La polarización de la cámara se genera con un suministro electrónico de alta tensión, lo que elimina la necesidad de costosos cambios de batería. Además la cámara está rodeada por todos lados y en la parte inferior con un cable de 1/4 de pulgada para protegerlo de la fuente que está midiendo y proteger el calibrador de dosis de cualquier radiación ambiental. La cámara de pozo se seleccionó cuidadosamente para proporcionar una geometría de medición de casi "4 pi", lo que significa que el detector de radiación casi rodea al radionúclido. Esto permite que el Calibrador de dosis Atomlab mida la actividad de una muestra sin importar su volumen o forma, siempre que se ajuste al pozo de la cámara.

Este equipo y sus accesorios están garantizados por BIODEX MEDICAL SYSTEMS, INC., contra defectos en materiales y mano de obra. Los calibradores de dosis Atomlab 200 de Biodex Medical Systems son diseñados para realizar mediciones precisas de radioisótopos de forma simple y rápida. Debido a su electrónica y software únicos, el rendimiento que se obtiene al usar estas unidades supera los estándares más estrictos de rendimiento normativo.

Además de realizar mediciones estándar de radioisótopos, los usuarios de Atomlab 200 podrán realizar convenientes tareas de administración de laboratorio y mantenimiento de registros que incluyen gestión efectiva de inventario, calidad radiofarmacéutica, control en kits preparados y cálculos de dosis de alta precisión.

El Atomlab Dose Calibrator está diseñado para su uso en un ambiente tranquilo (no introduzca otras fuentes radiactivas de alta energía cerca de la ubicación del Atomlab 200). La superficie de trabajo donde el Atomlab 200 será colocado debe ser un mostrador o mesa que no tenga vibraciones, no se tambalee, y soporte fácilmente 300 lbs. No se debe localizar el calibrador de dosis en una mesa u otro mostrador que pueda mojarse o está sujeto a salpicaduras o pulverizaciones. El rango de temperatura del ambiente es de 0 a 40 ° C, y el relativo rango de humedad de 0 a 95%. En general, asegúrese de que su área de trabajo esté limpia, seca y libre de polvo.

Los componentes principales del calibrador de dosis Atomlab son:

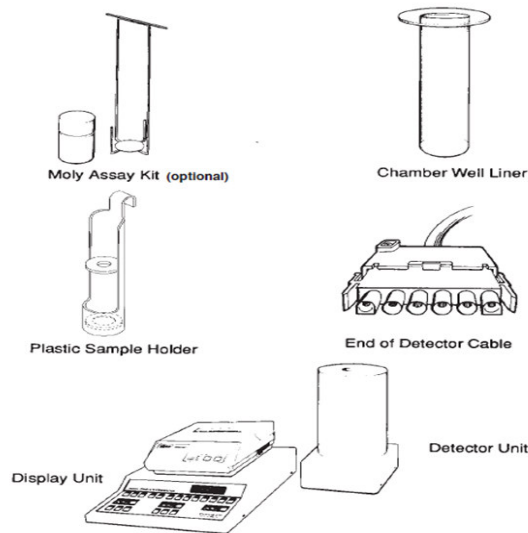


Figure P-1: The Atomlab Dose Calibrator Major Components.

*Fuente: BIODEx. Biodex Medical Systems, Inc; 2018: 7p.*

El Atomlab ya ha sido configurado para su uso. Se debe recordar que para hacer mediciones de radioisótopos se tendrá que colocar el pozo de la cámara (de plástico transparente) y dentro de éste, el portamuestra lo más bajo posible. Se debe asegurar que no haya obstrucciones en la parte superior de la Unidad Detectora. Tales obstáculos pueden dificultar la inserción y extracción del portamuestras.

El Atomlab 200 selecciona automáticamente el período promedio adecuado o la constante de tiempo para la correcta visualización de las fuentes de baja actividad. Cuando baja primero la fuente en el pozo, el valor de la actividad rápidamente salta al valor final. Durante unos segundos, el valor puede fluctuar, pero luego el valor se establece en una pequeña variación en el dígito correcto. El Calibrador de dosis de Atomlab promediará los datos de actividad mientras la fuente se encuentra en el pozo de la cámara, lo que durante varios segundos dará como resultado una lectura estable ("Averaging Period"). Tan pronto como la fuente se retire del pozo de la cámara, la pantalla de actividad caerá al valor casi cero. El rango adecuado para mostrar los resultados de la actividad es seleccionado automáticamente por el Atomlab 200 (ya sea mCi o  $\mu$ Ci si ha seleccionado Ci, o GBq o MBq si ha seleccionado Bq). Las unidades adecuadas para la radiactividad pueden ser Curie tradicional (Ci) o la unidad internacional Becquerel (Bq), cualquiera que sea el que se requiera en su instalación.

El Atomlab Dose Calibrator tiene la capacidad de mostrarse en cualquiera de los sistemas por selección de usuario a través de la tecla CONFIGURACIÓN (SET UP). Cuando configure su calibrador de dosis para que muestre los valores de actividad en Ci (Curies), el sistema de unidades convencional, ya sea  $\mu$ Ci o mCi se indicará junto a la pantalla numérica. El prefijo micro o  $\mu$  ( $10^{-6}$ ), o mili o m ( $10^{-3}$ ) se selecciona automáticamente por el microprocesador del sistema. Por ejemplo, si el valor numérico que se muestra es 12.03 y se indica  $\mu$ Ci, la actividad será de  $12.03 \times 10^{-6}$  Ci o 0.00001203 Curies; si se muestra 63.9 y se indica mCi, la actividad es  $63.9 \times 10^{-3}$  Ci o 0.0639 Curies.

De la misma manera, cuando configura el calibrador de dosis en el sistema internacional de unidades, se indicará Becquerels, ya sea MBq o GBq, donde el prefijo M representa Mega (10<sup>6</sup>) y G representa Giga (10<sup>9</sup>). La selección se realiza sobre la base de proporcionar una resolución máxima para el número mostrado. Por lo tanto, todo lo que tiene que hacer es colocar la fuente en el pozo de la cámara y leer el valor de la actividad desde la pantalla de actividad. La selección de isótopos se puede hacer en cualquier momento antes o después de colocar la fuente en el pozo de la cámara. Tan pronto como presiona una tecla de selección de isótopos, el valor de actividad que se muestra se corrige de acuerdo con el valor de calibración correspondiente almacenado en la memoria.

Actualmente se cuenta en el mercado con activímetros que utilizan Tubos de Geiger Müller, algunos de ellos poseen dos detectores colocados uno a la derecha y otro a la izquierda del pozo contenedor y alejados del mismo, con lo que se reducen las variaciones debidas a la posición y volumen de las muestras, manteniendo la sensibilidad y aumentando la máxima actividad medible sin cometer error por coincidencias.

Otros modelos poseen solamente un detector colocado debajo del pozo. La eficiencia intrínseca para contaje gamma o X de un detector Geiger Müller es muy baja ya que la producción de un pulso proveniente de la radiación electromagnética requiere la formación de electrones secundarios a partir de su interacción con el material del tubo.

Como el número atómico de este material es bajo, solamente para radiaciones de baja energía (< 20 KeV) el coeficiente de absorción es alto y es despreciable para fotones de alta energía.

En la construcción de activímetros con Geiger-Müller se ha mejorado la eficiencia de detección de la radiación gamma utilizando materiales de alto número atómico para las paredes del tubo.

La eficiencia no depende solamente de la fracción de rayos gamma que son absorbidos, sino también de que los electrones secundarios alcancen o no su interior. Estos deberán producirse en una sección de la pared que esté a una distancia del interior del tubo menor que su alcance, y por lo tanto se ha tenido en cuenta el espesor de las paredes.

Existen modelos de activímetros especializados para la detección de emisores de partículas beta. En ellos, el elemento detector es un cristal de Ioduro de sodio optimizado para la medida de la radiación de frenado producida por las partículas. En este caso el detector funciona como un contador de impulsos y no como un medidor de corriente, con lo que los componentes electrónicos y de procesamiento de la señal son distintos, e incluyen frecuentemente una cierta capacidad de discriminación en energías.

### ***Fondo***

Es la medida (respuesta) que proporciona el activímetro en ausencia de fuente radiactiva y se debe a la radiación de fondo y al ruido electrónico del instrumento de medida. La existencia de un fondo de radiación en la zona donde esté situado el activímetro da lugar a una corriente de ionización que debe descontarse de la medida de cualquier fuente.

La medida del fondo radiactivo deberá realizarse a menudo, al menos una vez al día, aunque la frecuencia de esta comprobación dependerá de la variación temporal del fondo en la zona de la medida. Algunos activímetros disponen de la capacidad de realizar una medida larga de fondo que luego se sustrae automáticamente de cada medida posterior. Otros activímetros cuentan con un control de cero continuamente ajustable mediante el cual se puede hacer “desaparecer” esta respuesta de fondo. Si no se cuenta con este dispositivo, es necesario anotar esta respuesta de fondo y – si ella es significativa – restarla de las actividades que se midan subsecuentemente.

Hay que prestar atención al hecho de que cualquier cambio de blindaje del activímetro o en sus inmediaciones puede modificar el fondo y probablemente también la respuesta general del equipo, cuya calibración deberá hacerse de nuevo. Un aumento del blindaje producirá en principio una disminución del fondo de radiación externo al equipo, pero puede también dar lugar a un cambio en la respuesta de éste debido a la mayor contribución de fotones retrodispersados en el blindaje. La existencia de fuentes de radiación distintas de la que se está midiendo en las cercanías del activímetro debe también vigilarse cuidadosamente para evitar errores significativos en la medida. Otra causa posible de incremento significativo del fondo es la contaminación del portamuestras o del recubrimiento que protege el interior de la cámara, que se fabrica habitualmente con metacrilato. Si se observa un incremento de este tipo debe sacarse el forro removible del pozo (usualmente el fabricante lo incluye) del instrumento antes de repetir la prueba. En el caso de no existir contaminación radiactiva, se deberá revisar si existe alguna fuente de radiación en las proximidades.

En el caso del activímetro Atomlab 200 (instrumento empleado en el presente trabajo de investigación) posee un ajuste de fondo (BACKGROUND ADJUSTMENT) dado que este calibrador de dosis nos muestra la actividad de cuatro dígitos en la pantalla LED superior derecha que posee, esta indica siempre la actividad en el pozo de la cámara del detector, sin importar qué teclas se presionen. La lectura de la actividad cuando enciende por primera vez el Atomlab 200 puede tener algún valor, incluso negativo, ya que aún no ha corregido la radiación de fondo en el área de trabajo. Se recomienda para la obtención de resultados más precisos y confiables dejar encendido el Calibrador de dosis en todo momento, o asegurarse de encenderlo al menos una hora antes de su uso.

Un calibrador de dosis normalmente requiere un ajuste de fondo antes, parte de las pruebas diarias, de que las mediciones de actividad se realicen para garantizar que no haya errores en el valor mostrado.

Sin nada en el Detector, pero con el Chamber Well Liner (pozo de la cámara) y el Empty Sample Holder (portamuestras vacío) puestos, presione la tecla BKGND. El LED de la tecla se ENCENDERÁ mientras se realizan las mediciones de fondo. El LED se APAGARÁ automáticamente cuando se complete y el valor mostrado debería ser menor a 0.1  $\mu\text{Ci}$ . Después de usar la tecla BKGND, y después de que el calibrador de dosis se haya calentado, el nivel de actividad debería ser cercano a cero ( $< 0.1\mu\text{Ci}$ ). Si el Pozo del Detector está vacío, las unidades de visualización deben estar en el rango inferior, ya sea  $\mu\text{Ci}$  o MBq.

La tecla BKGND habilita la medición de radiación de fondo para almacenamiento y corrección automática por lo tanto el Atomlab Dose Calibrator almacena y resta automáticamente el valor de fondo antes de mostrar la lectura de actividad. El valor de la actividad permanecerá en la memoria hasta que se presione la tecla BKGND nuevamente o el sistema se apague.

#### 1.4.2 Definición de términos:

- Guantes: Medios individuales de protección para manipular fuentes radiactivas abiertas (21) (28).
- Frotis: Método para determinar la contaminación superficial, consistente en frotar con material absorbente (hisopo de toma de muestras) la superficie contaminada para tomar una muestra del material radiactivo removible, que se evaluará subsecuentemente (54) (50).
- Radioactividad o Radiactividad: Fenómeno de transformación nuclear en busca de estabilidad, donde un núcleo inestable se transforma espontáneamente en otro más estable mediante la desintegración espontánea del núcleo y la emisión partículas y radiación. Unidad Becquerel (Bq) (67-70).

- Actividad: Es la magnitud utilizada para representar la cantidad de radionucleido que contiene la sustancia radiactiva y representa el número de transformaciones nucleares espontáneas que se producen en un segundo. Se expresa en Bequerelio (Bq) o en Curios (Ci) ( $1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq}$ ). Un Bq es la actividad que corresponde a 1 desintegración / s (71) (41).

#### 1.4.3 Formulación de la hipótesis:

Existe permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo  $^{131}\text{I}$  en el servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017, dado que en más del 50% del total de los guantes se determinó que la actividad presentada en el frotis de la superficie interna de los guantes superó la actividad del fondo del activímetro.





## **CAPÍTULO II**

### **MÉTODOS**

## 2.1 DISEÑO METODOLÓGICO

### 2.1.1 Tipo de investigación:

La investigación es de tipo:

- De enfoque cuantitativo
- Descriptivo

### 2.1.2 Diseño de la investigación:

El diseño del estudio fue observacional, prospectivo y transversal.

### 2.1.3 Población:

Todos los guantes de uso frecuente en el servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017.

### 2.1.4 Muestra y muestreo:

Para el estudio se empleó una muestra de 30 guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131 en el servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017, los cuales fueron expuestos a condiciones que simulaban un procedimiento rutinario en el servicio de medicina nuclear.

El muestreo utilizado en el presente trabajo de investigación fue de tipo no probabilístico por saturación de muestra.

#### 2.1.4.1 Criterios de inclusión:

- Guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131 en el servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017.

#### 2.1.4.2 Criterios de exclusión:

- Guantes en mal estado o que se encuentren rotos.

#### 2.1.5 Variables:

Permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131.

#### 2.1.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

La técnica fue observación directa y el instrumento para obtener los datos será el activímetro.

#### 2.1.7 Procedimientos y análisis de datos:

##### **Metodología procedimental:**

Se aplicó la prueba de frotis a todos los guantes que cumplieron con los criterios de selección propuestos de acuerdo al siguiente protocolo:

Se aplicará la prueba de frotis a todos los guantes que cumplan con los criterios de selección propuestos de acuerdo al siguiente protocolo:

##### **1. El día anterior a la toma de muestra: Preparación de la muestra**

- Se le realizó una apertura a cada uno de los frascos para toma de muestras que abarcó hasta la circunferencia de la zona inferior de los frascos. Esto con el propósito de tener facilidad en el acceso a la superficie interna del guante al realizar el frotis. Cabe resaltar que los frascos fueron estériles y todo el tiempo de duración de esta modificación hasta el día de la toma de muestra se mantuvo la tapa cerrada es decir no se manipuló o tocó la zona que se utilizó para la toma de muestra.

Figura N° 1: Frasco estéril



Nota: El tiempo de duración desde la modificación hasta el día de la toma de muestra se mantuvo la tapa cerrada; es decir, no se manipuló la zona de muestreo.

Figura N°2: Frasco para toma de muestra (demostrativo)



Zona superior

Zona inferior.

- Se rotularon los frascos para toma de muestra y la fecha a realizarse la toma de muestra (para su correcta identificación y posterior descarte como desecho radiactivo) de manera ascendente con números arábigos.

Figura N°3: Frasco rotulado



- Se rotularon los tubos de ensayo “BD vacutainer” y sus respectivas tapas enumerándolos de manera ascendente con números arábigos.
- Se cortó el mango de madera de un hisopo de toma de muestra hasta que éste se adaptara al largo de los tubos de ensayo “BD vacutainer”, esta medida fue tomada como medida patrón para cortar los mangos de madera de los Hisopos de toma de muestra a usarse en el frotis; cabe resaltar que los Hisopos que se usaron fueron esterilizados individualmente asegurando así la integridad e uniformidad en cada uno de los frotis , dado que la modificación hecha en la longitud del mango no tocó o manipuló la zona que realizó el frotis.

Figura N° 4: Hisopos de madera estériles



Figura N°5: Corte de hisopos



Nota: los hisopos fueron esterilizados individualmente asegurando así la integridad y uniformidad en cada frotis, dado que la modificación hecha en la longitud del mango no toca o manipula la zona que realizará el frotis.

## 2. Día de la toma de muestra: inicio del procedimiento

- Se etiquetó una caja desechable con la fecha y el radioisótopo que estuvo presente en los desechos radiactivos (bolsas de polietileno tubular, que se usaron como forro removible del portador de fuentes radiactivas del activímetro, los guantes muestreados y los frascos para toma de muestra y los tubos de ensayo “BD vacutainer”, los cuales contenían en su interior los hisopos de toma de muestra con el frotis realizado) para su correcta identificación y descarte.

- Se colocó la caja fuera y a distancia de la zona de muestreo, dentro del segundo castillo plomado.

Figura N° 6: Desechos radiactivos



Nota: durante el procedimiento la caja fue colocada fuera y a una distancia de la zona de muestreo, dentro del segundo castillo plomado.

- El día de la toma de muestra se usó la cámara (cuarto) caliente, que es un espacio aislado dentro del servicio de medicina nuclear donde se almacenaron y manipularon los radiofármacos y los residuos radiactivos que estos productos generaron dado que el blindaje estructural del departamento de medicina nuclear protegió las zonas donde se encontraban instrumentos sensibles (para mantener la radiación de fondo a nivel bajo en la sala del contador, de la gammacámara, etc.).
- Se despejó el área dentro del primer castillo plomado dónde se realizó la toma de muestra, dado que todos los procedimientos (preparación de soluciones, calibración de las mismas) que involucraron la utilización de soluciones de yodo radiactivo fueron realizados bajo campana (el castillo contó con filtros de carbono activado).



Figura N°7: Primer castillo plomado despejado



Figura N° 8: Segundo castillo plomado y caja para desechos



Nota: durante el procedimiento la caja fue colocada fuera y a una distancia de la zona de muestreo, dentro del segundo castillo plomado.

- Se colocó la indumentaria de protección personal: Uniforme, cubre calzado, guantes y gorro desechable y mascarilla N°95 (protección de las vías respiratorias) de acuerdo recomendaciones de Organismos internacionales (IAEA) y nacionales como IPEN (Informe científico tecnológico 2005). Por otro lado se protegió de la exposición externa al conseguir que la dosis recibida sea la menor posible, cumpliendo así el Principio de ALARA, con el uso de instrumentos que permitan la mayor distancia al manipular la fuente y las muestras (pinza de mango largo), el menor tiempo posible al manipularlas y el blindaje proporcionado por el castillo de plomo.

Figura N°9: Pinza de mango largo



Nota: se manipuló las fuentes con pinzas de mango largo con la finalidad de tener mayor distancia.

#### 2.1 Se colocó papel absorbente:

- En la superficie interior del castillo plomado en donde se recolectó la muestra, para evitar generar contaminación radiactiva externa en el interior del castillo y luego desecharlo fácilmente.
- En la mesa de trabajo (zona libre y acondicionada donde se colocaron accesorios no radiactivos que se usaron en la toma de muestra).

Figura N°10: Mesa de Trabajo

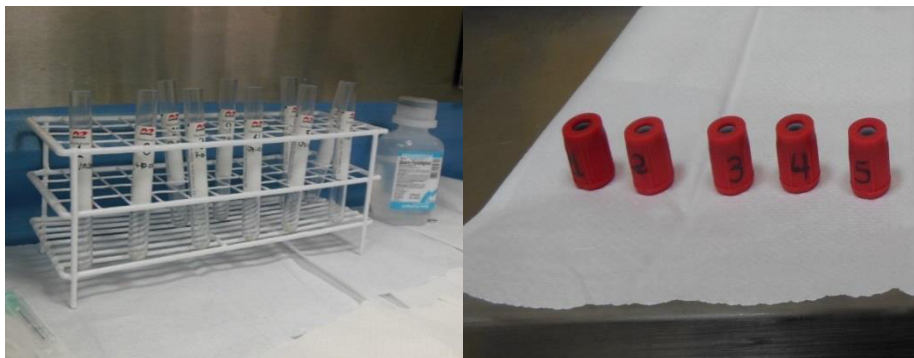


2.2 Las muestras fueron recolectaron en grupos de 5, por lo que se colocó en la gradilla y en orden ascendente los tubos de ensayo “BD vacutainer” N°1 - 5, sin la tapa de estos (fueron colocados en orden ascendente y con la numeración visible en la mesa de trabajo), que se ubica en el interior del castillo plomado.

Figura N°11: Toma de muestras



Figura N°12: “BD vacutainer”



- 2.3 Se midió la cantidad y actividad del Iodo 131, en forma de Ioduro de sodio, que se empleó en cada una de las muestras de modo que fue la mínima posible de acuerdo al principio de ALARA y al siguiente procedimiento, el cual fue análogo a la prueba de precisión y la exactitud, prueba de respuesta de fondo, verificación de reproducibilidad, que se realizan como parte del control de calidad de un activímetro, y a la prueba diaria de corrección del fondo (Background Correction) propia del calibrador de dosis Atomlab 200.
- 2.4 Se seleccionó las condiciones de operación apropiadas en el activímetro para el radionúclido concerniente (presionar la tecla correspondiente al I 131).
- 2.5 Se midió (presionar la tecla BKGND) la actividad del fondo del activímetro.

Figura N°13: Medición de la actividad del fondo del activímetro.



- 2.6 Se dejó que transcurra el tiempo suficiente para la estabilización de la lectura (30 segundos).
- 2.7 Se anotó esta medida como la actividad del fondo en la hoja de recolección de datos en el cuadro correspondiente a la solución de Iodo 131.
- 2.8 Se diluyó el vial de Iodo 131 con 3 cc (3ml) de suero fisiológico. Se colocó éste en el protector plomado.

Figura N°14: Proceso de dilución del vial de Iodo 131



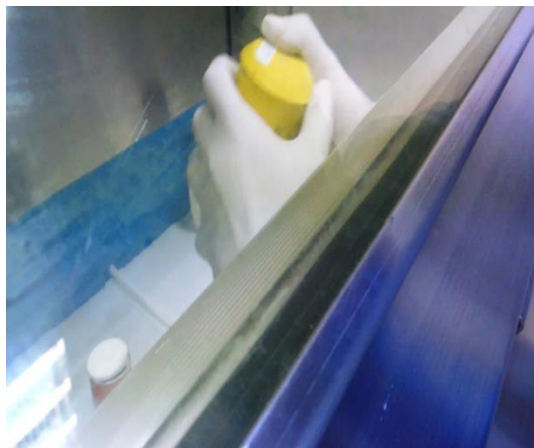
Nota: Es necesario la colocación vial en el protector plomado.

Figura N°15: Proceso de dilución del Iodo con suero fisiológico



2.9 Se agitó 5 veces para homogenizar la solución.

Figura N°16: Agitación de la solución



2.10 Se extrajo y se colocó un par de guantes nuevos de la caja de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131.

2.11 Se colocó una bolsa de polietileno tubular en el portador de muestras del activímetro e introducir el vial de Iodo 131.

Figura N°17: Portador de muestras del activímetro



- 2.12 Se dejó que transcurra el tiempo suficiente para la estabilización de la lectura (30 segundos).
- 2.13 Se anotó esta medida en la hoja de recolección de datos en el cuadro correspondiente a la actividad de la solución de Iodo 131.
- 2.14 Se anotó en la hoja de recolección de datos esta misma medida como la actividad neta de la solución de Iodo 131 dado que la tecla BKGND habilitó la medición de radiación de fondo almacenando y restando automáticamente el valor de fondo antes de mostrar la lectura de actividad. El valor de la actividad permanecerá en la memoria hasta que se presione la tecla BKGND nuevamente o el sistema se apague. Por lo tanto, el valor de la actividad de la solución de Iodo 131 y las muestras (guantes) fueron también el valor de la actividad neta de la solución de Iodo 131 y las muestras.
- 2.15 Se extrajo el contenido del vial con tres jeringas de tuberculina de 1cc (1 ml).

2.16 Se colocó la jeringa de tuberculina N° 1, 2 y 3 en el protector de jeringas adecuado para Iodo 131, para posteriormente almacenarlo en el interior del castillo plomado.

Figura N°18: Protector plomado (imagen demostrativa).



2.17 Se controló una posible situación de contaminación radiactiva externa desechando los guantes usados y la bolsa de polietileno tubular como desecho radiactivo.

2.18 Posteriormente se extrajo y se colocó un par de guantes nuevos de la caja de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131.



Figura N°19: Uso de guantes



2.19 Se midió la actividad de la jeringa N°1 según los siguientes pasos:

- Se colocó una bolsa de polietileno tubular a manera de forro del portador de muestras del activímetro, para eliminar la posibilidad de contaminación radiactiva externa, ya que dicho forro fue desechado y cambiado al término de la medida en el activímetro (ANEXO N° 1).
- Se seleccionaron las condiciones de operación apropiadas en el activímetro para el radionúclido concerniente (se presionó la tecla correspondiente al I 131).
- Se midió (se presionó la tecla BKGND) la actividad del fondo del activímetro.
- Se dejó que transcurra el tiempo suficiente para la estabilización de la lectura (30 segundos).
- Se anotó la actividad del fondo del activímetro en la hoja de recolección de datos correspondiente a la jeringa N° 1.

- Se insertó dentro de la bolsa de polietileno tubular la jeringa de tuberculina N° 1 para medir su actividad.
- Se anotó la actividad de la jeringa de tuberculina N° 1 en la hoja de recolección de datos. Además se anotó la hora en la que se realiza dicha medida.
- Se anotó en la hoja de recolección de datos de la jeringa N° 1 la medida de la actividad como la actividad neta de la jeringa N° 1, dado que al presionar la tecla BKGND el activímetro Atomlab 200 midió y almacenó la radiación de fondo restándola automáticamente de las lecturas de actividades posteriores a esta. Por lo tanto, el valor de la actividad de la jeringa N° 1 fue también el valor de la actividad neta de la jeringa N° 1. Se anotó en la hoja de recolección de datos de la jeringa N° 1 la hora en la que se realizó dicha medida.
- Se dividió la actividad neta de la jeringa N° 1 entre 10 dado que esta fue la actividad que se depositó en cada uno de los guantes, el cual corresponde a 0,1 cc de la solución de Ioduro de sodio y suero fisiológico.
- Se retiró del portador de fuentes radiactivas, la jeringa con la pinza de mango largo y se colocó en el protector de jeringas adecuado para Iodo 131 y luego se almacenó en el interior del primer castillo plomado.
- Se desechó la bolsa de polietileno tubular como desecho radiactivo y se colocó una nueva en el portador de fuentes radiactivas, con el fin de evitar alguna posible contaminación radiactiva externa en el activímetro.
- Se controló una posible situación de contaminación radiactiva externa en las muestras (guantes) desechando los guantes usados como desecho radiactivo.

- Se extrajo y se colocó un par de guantes nuevos de la caja de los guantes de uso frecuente en la manipulación de iodo 131.

2.20 Se colocó la superficie externa del guante por la apertura superior del frasco sujetándola con una banda elástica (látex, mismo material del guante), tal que la superficie externa se debió encontrar, hacia el exterior y la superficie interna hacia el interior del frasco de toma de muestra. Cabe resaltar que cuando un guante se colocó debidamente en la mano éste se estiró ligeramente, por lo que, la toma de muestra simuló una situación real. En esta situación, se observó la nula presencia de formación de pliegues dado que el frotis se realizó en una superficie sin arrugas o zonas de pliegue para evitar que se produjesen procesos de autoabsorción (absorción de radiación en la zona de las arrugas o pliegues (fenómeno especialmente importante para las fuentes emisoras de radiación alfa o beta y dado que se midió la emisión gamma presente en el Iodo 131 en forma de Ioduro de sodio se evitó que se produzca dicho fenómeno) que falsearan la medida de la muestra. De ésta manera se logró también homogenizar la toma de muestra para todos los guantes a usarse (30), y se delimitó la zona de muestreo, controlándose la forma y el área de contacto dónde se realizó el frotis.

Figura N°20: Frasco de toma de muestra donde se colocó la superficie externa del guante (demostrativo)



- 2.21 El tiempo para realizar dicho proceso fue de 2 minutos por frasco de toma de muestra. Se anotó este tiempo para cada uno de los frascos en la hoja de recolección de datos.
- 2.22 Se colocó los frascos para toma de muestra N°1 - 5 (las muestras fueron tomadas en grupos de 5) separándolos de tal forma que permitió realizar con facilidad el frotis. Se ordenó en orden ascendente de manera que mantuvo la numeración visible. Cabe resaltar que el tiempo que permaneció cada muestra de esta forma fue de 8 minutos hasta el depósito del Iodo 131.

Figura N° 21: Colocación del guante en cada frasco



Nota: el tiempo para realizar dicho proceso fue de 2 minutos por frasco. Se anotó este tiempo para cada uno de los frascos en la hoja de recolección de datos.

- 2.23 Se anotó la hora del depósito del Iodo 131 en el cuadro N° 1 de la jeringa N° 1 correspondiente al frasco de toma de muestra N° 1. Luego se suministró cuidadosamente 0,1 cc de la jeringa N° 1 en el centro del área de la circunferencia correspondiente a la superficie externa del guante, tratando de no rozar o perforar con la aguja, dicha superficie.

Figura N°22: Colocación 0.1 cc de Iodo 131 en el centro del guante.



2.24 Se dejó un intervalo de 2 minutos para el depósito de la sustancia radiactiva entre muestra y muestra hasta que se terminó con los frascos para toma de muestra N° 1 – 5. Se anotó la hora en la que se realizó el depósito por cada muestra en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 1.

2.25 Se controló con el uso de un reloj digital el tiempo de contacto del Iodo 131 en cada una de las muestras fuera un tiempo de 10 minutos (tiempo de uso de guantes en la manipulación de Iodo 131 en el Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins y tiempo para un índice de protección mínimo de un guante ante la permeabilidad de una sustancia química determinada).

Figura N°23: Control del tiempo de contacto de Iodo 131



2.26 Se controló una posible situación de contaminación radiactiva externa desechando los guantes usados como desecho radiactivo.

2.27 Se extrajo y colocó un par de guantes nuevos de la caja de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131.

2.28 Al cumplirse los 10 minutos de la primera muestra se realizó el frotis: Se ingresó el hisopo de toma de muestras por el agujero realizado en la superficie inferior del frasco sosteniéndolo firmemente por las paredes laterales de este, accediendo de esta manera a la superficie interna del guante. La prueba de frotis fue investigado de forma dependiente, dado que la presión que se ejerció y el tiempo de duración de cada frotis fue equivalente aproximadamente en cada una de las muestras (guantes). Se realizaron movimientos en Zig Zag en sentido unidireccional, sin recorrer dos veces la misma zona, por el área de la superficie interna correspondiente al área visible de la superficie externa del guante donde se depositó el Iodo 131.

Figura N°24: Prueba de frotis.



2.29 Se introdujo el hisopo al tubo de ensayo “BD vacutainer” N° 1 sin sacarlo de la posición asignada en la gradilla y se cerró con su respectiva tapa.

Figura N°25: Se colocó el hisopo dentro del tubo de ensayo “BD vacutainer”.



2.30 Se midió la actividad del Fondo (se presionó la tecla BKGND) del activímetro.

2.31 Se dejó que transcurra el tiempo suficiente para la estabilización de la lectura (30 segundos).

2.32 Se anotó la actividad del fondo del activímetro en el cuadro N° 2 correspondiente a la muestra N° 1.

2.33 Con el uso de la pinza de mango largo se colocó el tubo de ensayo “BD vacutainer” N° 1 dentro de la bolsa de polietileno del portador de fuentes radiactivas del activímetro.



Figura N°25: Uso de la pinza de mango largo.



Nota: Se colocó el tubo de ensayo “BD Vacutainer” dentro de la bolsa de polietileno

2.34 Se dejó que transcurra el tiempo suficiente para la estabilización de la lectura (30 segundos).

- 2.35 Se anotó la actividad del frotis de la muestra N°1 en el cuadro N°2 de la jeringa N°1, como se había mencionado con anterioridad el activímetro Atomlab 200 al haber presionado la tecla BKGND almacena y resta automáticamente el valor del fondo a las medidas posteriores a esta, por lo que el valor mostrado de la actividad del frotis de la muestra (guante) N° 1 fue también el valor de su actividad neta.
- 2.36 Se retiró con las pinzas el tubo de ensayo “BD vacutainer” N° 1 y se colocó en el sitio correspondiente a este en la gradilla que se encontró en el interior del castillo plomado.
- 2.37 Se retiró el portador de fuentes radiactivas del activímetro, se eliminó la bolsa de polietileno tubular usada, como desecho radiactivo y se colocó una nueva.
- 2.38 Se controló una posible situación de contaminación radiactiva externa con el desecho y cambio de guantes antes de iniciar el frotis de la muestra N° 2.
- 2.39 Se extrajo y se colocó un par de guantes nuevos de la caja de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131.
- 2.40 Se duplicó los pasos 2.23 – 2.39 hasta que se terminó con el grupo de 5 muestras (frascos para toma de muestra N° 2 - 5).
- 2.41 Al terminar con el frotis de los frascos para toma de muestra N° 1 - 5 se descartó como desecho radiactivo junto con los tubos de ensayo “BD vacutainer” N° 1 - 5.

- 2.42 Se desechó el papel absorbente utilizado para los frascos para toma de muestra N° 1 - 5 y se colocó papel absorbente nuevo en el interior del primer castillo plomado.
- 2.43 Se duplicó los pasos 2.26 – 2.27.
- 2.44 Se colocó los frascos para toma de muestra N° 6 - 10 en el interior del primer castillo plomado siguiendo los pasos 2.20 – 2.22.
- 2.45 Se depositó el Iodo 131 en los frascos para muestra N° 6 - 10 de acuerdo a los pasos 2.23 – 2.24. Las horas del depósito fueron anotadas en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 1.
- 2.46 Se realizó el frotis a los frascos para toma de muestra N° 6 - 10 de acuerdo a los pasos 2.25 – 2.39 para cada una de las muestras.
- 2.47 Al terminar el frotis de los frascos para toma de muestra N° 6 - 10 se descartaron como desecho radiactivo junto con los tubos de ensayo “BD vacutainer” N° 6 - 10 y jeringa N° 1 de tuberculina.
- 2.48 Se desechó el papel absorbente utilizado para los frascos para toma de muestra N° 6 - 10 y se colocó papel absorbente nuevo en el interior del primer castillo plomado.
- 2.49 Se duplicó los pasos 2.26 – 2.27.
- 2.50 Se midió la actividad de la jeringa de tuberculina N° 2 de acuerdo al procedimiento descrito en el paso 2.19, dicha jeringa fue destinada para los frascos para toma de muestra N° 11 – 20.

- 2.51 Se colocó los frascos para toma de muestra N° 11 – 15 en el interior del primer castillo plomado siguiendo los pasos 2.20 – 2.22. El registro de la hora de preparación de la muestra se realizó en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 2.
- 2.52 Se depositó el Iodo 131 en los frascos para toma de muestra N° 11 - 15 de acuerdo a los pasos 2.23 – 2.24. Las horas del depósito fueron anotadas en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 2.
- 2.53 Se realizó el frotis a los frascos para toma de muestra N° 11 - 15 de acuerdo a los pasos 2.25 - 2.39 para cada una de las muestras.
- 2.54 Al terminar con el frotis de los frascos para toma de muestra N° 11 - 15 se descartaron como desecho radiactivo junto con los tubos de ensayo “BD vacutainer” N° 11 - 15.
- 2.55 Se desechó el papel absorbente utilizado para los frascos para toma de muestra N° 11 - 15 y se colocó papel absorbente nuevo en el interior del primer castillo plomado.
- 2.56 Se duplicó los pasos 2.26 – 2.27.
- 2.57 Se colocó los frascos para toma de muestra N° 16 - 20 en el interior del primer castillo plomado siguiendo los pasos 2.20 – 2.22. El registro de la hora de preparación de la muestra se realizó en el cuadro N° 2 de la jeringa N°2.
- 2.58 Se depositó el Iodo 131 en los frascos para toma de muestra N° 16 - 20 de acuerdo a los pasos 2.23 - 2.24. Las horas del depósito fueron anotadas en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 2.

- 2.59 Se realizó el frotis a los frascos para toma de muestra N° 16 - 20 de acuerdo a los pasos 2.25 – 2.39 para cada una de las muestras.
- 2.60 Al terminar el frotis de los frascos para toma de muestra N° 16 - 20 se descartaron como desecho radiactivo junto con los tubos de ensayo “BD vacutainer” N° 16 - 20 y la jeringa N° 2 de tuberculina.
- 2.61 Se desechó el papel absorbente utilizado para los frascos para toma de muestra N° 16 - 20 y se colocó papel absorbente nuevo en el interior del primer castillo plomado.
- 2.62 Se duplicó los pasos 2.26 – 2.27.
- 2.63 Se midió la actividad de la jeringa de tuberculina N° 3 de acuerdo al procedimiento descrito en el paso 2.19, dicha jeringa fue destinada para los frascos para toma de muestra N° 21 - 30.
- 2.64 Se colocó los frascos para toma de muestra N° 21 – 25 en el interior del primer castillo plomado siguiendo los pasos 2.20 - 2.22. El registro de la hora de preparación de la muestra se realizó en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 3.
- 2.65 Se depositó el Iodo 131 en los frascos para toma de muestra N° 21 - 25 de acuerdo a los pasos 2.23 – 2.24. Las horas del depósito fueron anotadas en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 3.
- 2.66 Se realizó el frotis a los frascos para toma de muestra N° 21 - 25 de acuerdo a los pasos 2.25 – 2.39 para cada una de las muestras.

- 2.67 Al terminar con el frotis de los frascos para toma de muestra N° 21 - 25 se descartaron como desecho radiactivo junto con los tubos de ensayo “BD vacutainer” N° 21 – 25 y la jeringa N° 3 de tuberculina.
- 2.68 Se desechó el papel absorbente utilizado para los frascos para toma de muestra N° 21 - 25 y se colocó papel absorbente nuevo en el interior del primer castillo plomado.
- 2.69 Se duplicó los pasos 2.26 – 2.27.
- 2.70 Se colocó los frascos para toma de muestra N° 26 - 30 en el interior del primer castillo plomado siguiendo los pasos 2.20 – 2.20. El registro de la hora de preparación de la muestra se realizó en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 3.
- 2.71 Se depositó el Iodo 131 en los frascos para muestra N° 26 - 30 de acuerdo a los pasos 2.23 – 2.24. Las horas del depósito fueron anotadas en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 3.
- 2.72 Se realizó el frotis a los frascos para toma de muestra N° 26 - 30 de acuerdo a pasos 2.25 – 2.39 para cada una de las muestras.
- 2.73 Al terminar el frotis de los frascos para toma de muestra N° 26 - 30 se descartaron como desecho radiactivo junto con los tubos de ensayo “BD vacutainer” N° 26 - 30 y jeringa N° 3 de tuberculina.
- 2.74 Se desechó el papel absorbente utilizado para los frascos para toma de muestra N° 26 – 30 y descartar los guantes usados como desecho radiactivo.

### **Análisis estadístico de los datos**

Los datos obtenidos serán introducidos y procesados en una base de datos utilizando el programa Microsoft Excel 2013, empleando el complemento de análisis de datos para estadística descriptiva. Este conjunto engloba medidas de tendencia central, tales como el promedio, medidas de variabilidad como lo son la desviación estándar (S) y el error típico (e).

#### **2.1.8 Consideraciones éticas:**

Se considera los siguientes criterios para el desarrollo de esta investigación:

- Prevalece el criterio del respeto a la dignidad y la protección de los derechos y bienestar de los Tecnólogos Médicos del área de Radiología y del Investigador.
- Expresar claramente los riesgos y las garantías de seguridad antes y durante la realización del estudio.





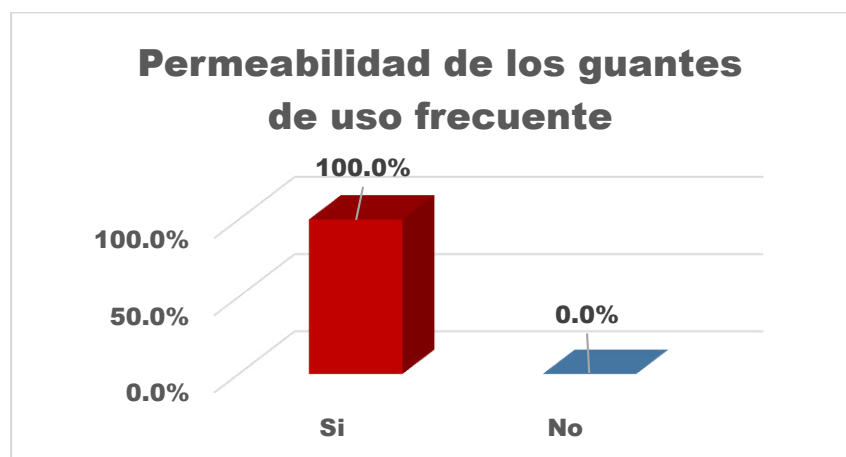
## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS**

**Tabla N° 1.** Permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131, en el servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017.

Permeabilidad de los guantes	n	%
Si	30	100.0%
No	0	0.0%
<b>TOTAL</b>	30	100.0%

**Gráfico N° 1:** Permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131.



En la tabla N° 1 y gráfico N° 1 se observa la permeabilidad de los guantes de uso frecuente utilizados en la manipulación del Iodo 131, de esto se evidencia que en el 100% de los guantes analizados hubo permeabilidad del reactivo utilizado.

**Tabla N° 2:** Actividad del fondo del activímetro en la solución de Iodo 131, en los guantes.

<b>Actividad del fondo (<math>\mu\text{Ci}</math>)</b>	
Dilución = 3 cc de Suero +Vial Iodo 131	0

La actividad del fondo del activímetro en solución de Iodo 131 fue de 0  $\mu\text{Ci}$ , comprobándose con este valor que no se produjo contaminación radiactiva externa en la dilución del vial de Iodo 131 con 3 cc de suero fisiológico.

**Tabla N° 3:** Actividad del fondo del activímetro en las jeringas con solución de Iodo 131, en los guantes.

<b>Número de Jeringa</b>	<b>Actividad del fondo (<math>\mu\text{Ci}</math>)</b>
Jeringa N° 1 (1 cc)	0
Jeringa N° 2 (1 cc)	0
Jeringa N° 3 (1 cc)	0

La actividad del fondo del activímetro en la jeringa N° 1 fue de 0  $\mu\text{Ci}$ , en la jeringa N° 2 fue de 0  $\mu\text{Ci}$  y en la jeringa N° 3 fue de 0  $\mu\text{Ci}$ , comprobándose con estos valores que no hubo contaminación de alguna fuente radioactiva en la preparación de cada una de las jeringas.

**Tabla N° 4:** Actividad del fondo del activímetro en cada uno de los guantes.

ACTIVIDAD DE LOS GUANTES		
Número de jeringa	Número de guante	Actividad del fondo del Activímetro ( $\mu\text{Ci}$ )
Jeringa N° 1	1	0
	2	0
	3	0
	4	0
	5	0
	6	0
	7	0
	8	0
	9	0
	10	0
Jeringa N° 2	11	0
	12	0
	13	0
	14	0
	15	0
	16	0
	17	0
	18	0
	19	0
	20	0
Jeringa N° 3	21	0
	22	0
	23	0
	24	0
	25	0
	26	0
	27	0
	28	0
	29	0
	30	0

La actividad del fondo del activímetro evaluado en los guantes del 1 al 10 fue de 0  $\mu\text{Ci}$  (jeringa N° 1), en los guantes del 11 al 20 fue de 0  $\mu\text{Ci}$  (jeringa N° 2) y en los guantes del 21 al 30 fue de 0  $\mu\text{Ci}$  (jeringa N° 3), observándose que la actividad de fondo fue la misma en la preparación de cada una de las muestras y que no hubo contaminación de alguna fuente radioactiva en alguna de ellas.

**Tabla 5:** Actividad en la prueba de frotis de la superficie interna de los guantes.

<b>Actividad en la prueba de frotis</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
	30	0.26	0.45	0.01	2.40

La actividad en la prueba de frotis de la superficie interna de los guantes es de 0.26  $\mu\text{Ci}$  +/- 0.45, con una mínima de 0.01  $\mu\text{Ci}$  y un máximo de 2.4  $\mu\text{Ci}$ .

## **CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL**

### **1) Formulación de hipótesis de investigación :**

Existe permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131 en el servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017, dado que en más del 50% del total de las muestras se determinó que la actividad presentada en el frotis de la superficie interna de los guantes superó la actividad del fondo del activímetro.

## **2) Formulación de la hipótesis nula :**

No existe permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131 en el servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017, dado que en menos del 50% del total de las muestras no se determinó que la actividad presentada en el frotis de la superficie interna de los guantes superó la actividad del fondo del activímetro.

## **3) Interpretación**

En los resultados se observa permeabilidad en un 100% de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, ya que en más del 50% de los guantes se observó permeabilidad.



## **CAPÍTULO IV**

### **DISCUSIÓN**



Las medidas de protección en el área de Medicina Nuclear, son una de las pautas que se deben tener en cuenta para un adecuado manejo de los radioisótopos que se usan frecuentemente para el diagnóstico y tratamiento de pacientes con diversas enfermedades. Es así que los guantes son el primer equipo de protección personal que aísla al operador o profesional de salud de la radiación ionizante y el contacto de sustancias radioactivas, lo cual resalta la importancia de la impermeabilidad de este equipo de protección.

En el estudio se analizó la permeabilidad de 30 guantes hechos de látex natural de examinación no estéril de la marca Pure Shield. Cabe resaltar, que la forma en que se realizó el frotis fue la misma para cada uno de los guantes(muestras); asimismo el tiempo usado entre la hora de preparación de las muestras y la hora del depósito (diferencia de tiempo de 8 minutos) así como la hora del depósito y la hora del frotis (diferencia de tiempo de 10 minutos) fueron las mismas, ya que según el estudio de **Ridone, et al** al medir la actividad del frotis en diferentes tiempos, podría variar la permeabilidad de los guantes.

La actividad del fondo del activímetro hallada en los tres momentos del estudio, tuvo un valor de cero  $\mu\text{Ci}$ , ya sea en la solución de Iodo 131, en la actividad de cada una de las jeringas y en cada una de los guantes. Esto nos confirma que no hubo contaminación con alguna sustancia radioactiva que pudo haber estado en el cuarto caliente o haber sido generada por el investigador durante la toma de muestra y comprueba que el procedimiento propuesto en el presente estudio es viable y replicable. Lo antes mencionado puede haber sido facilitado por el uso del activímetro modelo ATOMLAB 200 DOSE CALIBRATOR de Biodex Medical Systems, ya que es un equipo que asegura cálculos de dosis de alta precisión.

Para evaluar la permeabilidad se preparó una solución de 3 cc de suero fisiológico y de Iodo 131, obteniendo una actividad en la prueba de frotis de la superficie interna de los guantes que osciló entre 0.01 a 2.4  $\mu\text{Ci}$ , siendo el valor promedio de 0.26  $\mu\text{Ci}$ . Para efectos del estudio se consideró que hubo permeabilidad cuando el valor de la actividad de fondo fuera mayor a cero  $\mu\text{Ci}$ , teniéndose que el 100 % de los guantes usados para el estudio

fueron permeables a la solución diluida de I 131. Asimismo, se tuvo que la actividad fue de 0.01 a 0.05  $\mu\text{Ci}$  en un 86.7% de los guantes (26 guantes), de 0.05 a 1  $\mu\text{Ci}$  en el 10 % de los casos y mayor a 1  $\mu\text{Ci}$  en el 3.3% de los guantes. Estos resultados se contraponen a lo hallado por **Ridone S, et al**, quienes encontraron que después de 5 min la permeabilidad del guante de látex natural (Tipo 3) para [18F] - FDG es en promedio aproximadamente dos veces mayor que el Tipo 2 (55% de Cloruro de polivinilo y 42% de diisonilftalato) y Tipo 4 (46% de Cloruro de polivinilo y otros materiales plásticos) y aproximadamente seis veces que el Tipo 1 (46% de Cloruro de polivinilo y otros materiales plásticos); sin embargo, para [99mTc] -pertecnetato el Tipo 1 presentó un mal desempeño, ya que su permeabilidad en promedio fue 4 veces más que el Tipo 3 y unas 170 veces mayor que el Tipo 2, mientras que el Tipo 4 no muestra ninguna permeabilidad relevante después de este tiempo de muestreo. Por otro lado en el estudio de **Díaz de Freijo LS** encontró que los guantes de nitrilo y vinilo fueron los guantes que permitieron el paso del reactivo con mayor facilidad, más no los guantes de neopreno ni los guantes de látex donde la permeabilidad fue nula y pequeña, respectivamente.

En el presente estudio se observó que la actividad en la prueba de frotis de los guantes y la actividad neta del mismo tuvieron diferencias en los guantes (muestras) de las 3 jeringas trabajadas, evidenciándose permeabilidad en todos los guantes empleados. Esto puede deberse a que, a pesar que el valor del Nivel de Calidad Aceptable (AQL) sea adecuado (1,5), la efectividad de los guantes se puede ver limitada por las micro perforaciones causadas por defectos de fabricación, la fatiga del material, así como de la permeación a través de la difusión, acción capilar o movimiento forzado a través de la micro porosidad propia de la membrana de látex. (2) Asimismo, los resultados obtenidos confirman lo dicho en la Normativa prEN ISO 374:2016, la cual refiere que la película de plástico o goma de los guantes no siempre es eficaz, pudiéndose dar el caso de que los guantes de protección química puedan actuar como una esponja, absorbiendo los líquidos y entrando éstos en contacto con la piel. (72)

#### 4.1 LIMITACIONES DEL ESTUDIO:

- Poca disponibilidad del Ioduro de sodio por escasez de la producción de Iodo 131 en el periodo de la toma de muestra.
- Limitaciones en el uso del cuarto caliente, dado que la toma de muestra de la presente investigación mantenía las condiciones que simulaban un procedimiento rutinario la disponibilidad del tiempo de uso de ésta, no era completa.
- Limitaciones para el acceso a documentos legales (ficha técnica de los guantes, certificado de calibración vigente y mantenimiento del activimetro, etc.) requerida para la presente investigación, dado que son documentos en poder de otra jurisdicción.



## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 CONCLUSIONES:

Existe permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131 del servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017, dado que en el 100% del total de los guantes se determinó que la actividad presentada en el frotis superó la actividad del fondo del activímetro, teniendo que la mayoría osciló entre 0.01 a 0.05  $\mu\text{Ci}$  (86.7%).

La actividad del fondo del activímetro fue 0  $\mu\text{Ci}$  en la solución de Iodo 131, en los guantes; así mismo la actividad del fondo del activímetro fue 0  $\mu\text{Ci}$  en las jeringas con solución de Iodo 131, en los guantes y en cada uno de los guantes. Por otro lado la actividad en la prueba de frotis de la superficie interna de los guantes fue de 0.26  $\mu\text{Ci}$ , teniendo que para las muestras de la jeringa N°1 fue 0.51  $\mu\text{Ci}$ , de la jeringa N°2 fue 0.058  $\mu\text{Ci}$  y de la jeringa N°3 fue de 0.21  $\mu\text{Ci}$ .

## 5.2 RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar:

- Estudios donde se investigue la permeabilidad de los diferentes materiales con los que se elaboran los guantes (neopreno, vinilo, nitrilo, etc.) y compararlas según el radioisótopo que se quiera emplear.
- Investigaciones posteriores que evalúen la contaminación radiactiva externa, contaminación radiactiva interna y dosis recibida por el Tecnólogo médico debido a la permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131, así como otros radioisótopos utilizados en el servicio de medicina nuclear.

- El pedido de la ficha técnica de los guantes con la entrega de cada lote al servicio de medicina nuclear.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



1. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) [Internet]. [Madrid (ES)]: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; [citado 25 Ene 2016]. NTP 748: Guantes de protección contra productos químicos [Acceso 25 de enero 2016]; 1-7. Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp\\_748.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp_748.pdf)
2. González G, Peraza I, Vicuña V, Mejías G .Comparación de guantes de látex de uso clínico de diferentes marcas comerciales mediante microscopía electrónica de barrido. Avances en Biomedicina [Internet]. 2015 Jul 27[Acceso el 30 de enero del 2016];4(2):56-65.Disponible en: <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/biomedicina/article/view/6726/6572>
3. Organización Mundial de la Salud. Uso de radiaciones ionizantes y de isótopos radioactivos en medicina. Informe de un Comité Mixto de Expertos OIEA / OMS. Serie de Informes Técnicos: 492. Ginebra (CH): OMS; 1972.
4. Organización Mundial de la Salud (OMS) [Internet]. Ginebra (CH): OMS; c2016. Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección; 2016 Abr [citado 30 Ene 2015]; [alrededor de 4 pantallas]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs371/es/>.
5. IAEA: International Atomic Energy Agency [Internet]. Vienna (AT): International Atomic Energy Agency; c1998–2016. Guía para el tratamiento de personas accidentalmente sobreexpuestas a las radiaciones ionizantes: Contaminación externa; [citado 30 Ene 2016]; 1-45. Disponible en: [http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/31/010/31010442.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/010/31010442.pdf)

6. Ridone S, Matheoud R, Valzano S, Di Martino R, Vigna L, Brambilla M. Permeability of gloves used in nuclear medicine departments to [99mTc]-pertechnetate and [18F]-fluorodeoxyglucose: Radiation protection considerations. *Physica Medica: European Journal of Medical Physics* [Internet]. 2013 Febr 15. [citado 13 Febr 2016]; 29(5): 545-548. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2013.01.005>
7. Díaz S. Estudios de absorción en guantes de protección de uso sanitario. [Tesis doctoral]. Lugo - España: Universidad de Santiago de Compostela. Departamento de Física Aplicada; 2011.
8. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Protección Radiológica en Medicina. Buenos Aires (AR): Sociedad Argentina de Radioprotección; 2011.
9. ALASBIMN [Internet]. [Montevideo (UY)]: Asociación Latinoamericana de Sociedades de Biología y Medicina Nuclear; c2009. AVANCES EN RADIOFARMACIA; 2009 Nov [Acceso el 10 de Febr del 2016]; 1-123 Disponible en: <http://www.alasbimn.net/comites/rf/material/radiofarmacia.pdf>
10. Instituto Peruano de Energía Nuclear. Misión y Visión [Internet]. Lima (PE): Instituto Peruano de Energía Nuclear. [Acceso el 12 de Febr del 2016]. Disponible en: <http://www.ipen.gob.pe/index.php/ipen/mision-y-vision>
11. Ley de Regulación del Uso de Fuentes de Radiación Ionizante. Publicado en el diario oficial El Peruano, Ley N° 28028, (19 de julio de 2008).
12. Aprueban Estructura Orgánica y el Reglamento de Organización y funciones del Instituto Peruano de Energía Nuclear. (2005, 17 de diciembre). Diario oficial *El Peruano*, Decreto Supremo N°062-2005-EM.
13. International Atomic Energy Agency. Colección de normas de seguridad del OIEA: Protección radiológica ocupacional [Internet]. Vienna (AT): International Atomic Energy Agency; 2004. [Acceso el 13 de Febr del 2016]. Disponible en: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1081s\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1081s_web.pdf)

14. ALASBIMN [Internet]. [Montevideo (UY)]: Asociación Latinoamericana de Sociedades de Biología y Medicina Nuclear; c2009. AVANCES EN RADIOFARMACIA; 2009 Nov [Acceso el 14 de Febr del 2016]; 1-123 Disponible en: <http://www.alasbimn.net/comites/rf/material/radiofarmacia.pdf>
15. Menéndez F. Higiene industrial: Manual para la formación del especialista [Internet]. 9na ed. Valladolid (ES): Lex Nova, S.A.; 2009 Mar. Tema 4: Equipos de protección individual (EPI) frente a los riesgos de origen químico; [14 de Febr del 2016]; [173-175 pág]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=LNrQRHR0P2MC&pg=PA175&lpg=PA175&dq=nivel+de+calidad+aceptable+guantes&source=bl&ots=SamRur5u\\_2&sig=QCexVGQJYjsJMYg\\_Z-8AvBIzCFo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi6-5jZloLYAhURkeAKHTq1BLwQ6AEIbTAN#v=onepage&q=nivel%20de%20calidad%20aceptable%20guantes&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=LNrQRHR0P2MC&pg=PA175&lpg=PA175&dq=nivel+de+calidad+aceptable+guantes&source=bl&ots=SamRur5u_2&sig=QCexVGQJYjsJMYg_Z-8AvBIzCFo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi6-5jZloLYAhURkeAKHTq1BLwQ6AEIbTAN#v=onepage&q=nivel%20de%20calidad%20aceptable%20guantes&f=false)
16. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) [Internet]. Madrid (ES): INSHT; [citado 15 Febr 2016]. GUANTES Y ROPA DE PROTECCIÓN; 2012 Abr 18 [citado 15 Febr 2016]; [91p.]. Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Instituto/Noticias/Noticias\\_INSHT/2012/ficheros/5GuantesRopaProteccion.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Instituto/Noticias/Noticias_INSHT/2012/ficheros/5GuantesRopaProteccion.pdf)
17. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) Guantes de protección química. Madrid-España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 2014. [Acceso el 2016 Febr 17]. Disponible en: <http://www.insht.es/EPI/Contenidos/Promocionales/Ropa%20y%20guantes%20de%20proteccion/Promocional%20a%20Contenido/Fichas%20seleccion%20y%20uso%20de%20equipos%20nivel%202/ficheros/Guantesquimica.pdf>
18. Prevention World [Internet]. Albacete (ES): Prevention World; c2000 – 2016. Guía revisada de normativas para guantes; 2011 Jun 01 [citado 17 Febr 2016]; 1-20. Disponible en: <https://prevention-world.com/actualidad/noticias/ansell-publica-guia-revisada-normativas-guantes/>.

19. Olaf N, Goerd M, Mannerow A, Pohrt U, Heidecke C, Kramer A, et al. The durability of examination gloves used on intensive care units. *BMC Infectious Diseases* [Revista en Internet]. 2013 May 20 [Acceso el 18 de febrero 2016]; 13(226): 2-7. Disponible en: <https://bmcinfectdis.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2334-13-226>
20. Cique A. Cómo se utiliza correctamente el uniforme de protección en los equipos de protección NBQ. *Zona TES. Revista de formación para Técnicos en Emergencias Sanitarias* [Revista en Internet]. 2014 [Acceso el 20 de Mar 2016]; 3(1): 27-35. Disponible en: <http://www.zonates.com/es/revista-zona-tes/menu-revista/numeros-antteriores/vol-3--num-1--enero-marzo-2014/articulos/como-se-utiliza-correctamente-el-uniforme-de-proteccion-en-los-equipos-de-proteccion-nbq.aspx>
21. IAEA: Radiation Protection of Patients (RPOP) [Internet]. Vienna (AT): International Atomic Energy Agency; c2013. Equipamiento de Protección Radiológica; [citado 25 Mar 2016]; [alrededor de 28 pantallas]. Disponible en: <https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/Documents/TrainingPETCT/Lectures-es/PETCT-L06-es-web.ppt>
22. CAEB: Confederación de Asociaciones Empresariales de las Baleares [Internet]. [Palma de Mallorca (ES)]: Confederación de Asociaciones Empresariales de Baleares; 2008. Preguntas frecuentes; [Acceso el 04 Abr 2016]; [alrededor de 7 pantallas]. Disponible en : <http://epis.caeb.es/faq.php#ir9>
23. CAEB: Confederación de Asociaciones Empresariales de las Baleares [Internet]. [Palma de Mallorca (ES)]: Confederación de Asociaciones Empresariales de Baleares; 2008. Guantes de protección contra las radiaciones ionizantes y la contaminación radiactiva; [Acceso el 07 Abr 2016]; 1-2. Disponible en: [http://epis.caeb.es/PDF/pdf\\_epi.php?Cod\\_epi=106](http://epis.caeb.es/PDF/pdf_epi.php?Cod_epi=106)
24. Instituto de Seguridad Minera-ISEM. Exigencia europea en fabricación de guantes de protección. *Seguridad Minera* [Internet]. 2013 [Acceso el 08 Abr 2016]:10-15. Disponible en: [https://es.scribd.com/document/157373146/Seguridad-Minera-Edicion-105#fullscreen&from\\_embed](https://es.scribd.com/document/157373146/Seguridad-Minera-Edicion-105#fullscreen&from_embed)

25. AENOR [Internet]. [Madrid (ES)]: Asociación Española de Normalización; c2016. Guantes de protección contra radiaciones ionizantes y contaminación radiactiva; 2015 Dic 12 [Acceso el 08 Abr 2016]. Disponible en: <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0046484#.WZzQcT7yiUm>
26. Semperit Technische Produkte Ges.m.b.H. & Co KG. [Internet]. Barcelona (ES): Sempermed, Modecenterstrasse; [citado 09 Abr 2016]. AQL - Una garantía de calidad: El valor AQL (Nivel de Calidad Aceptable) es uno de los criterios de calidad más importantes en la producción de guantes. Pero ¿qué significa exactamente? ; Ago 2004 [citado 02 Abr 2016]. [4p.] .Disponible en: [https://www.calidad.com.mx/documentos/Sp\\_Nr.2\\_01.pdf](https://www.calidad.com.mx/documentos/Sp_Nr.2_01.pdf)
27. CV Protection [Internet]. Bizkaia: CV Protection; [citado 02 Jun 2016]. ¿Qué es el AQL?; 6 May 2014 [citado 02 May 2016]; [alrededor de 4 pantallas]. Disponible en: <http://cvprotection.es/que-es-el-aql/>
28. IAEA: Radiation Protection of Patients (RPOP) [Internet]. Vienna (AT): International Atomic Energy Agency; c2013. Exposición Ocupacional Protección del Trabajador; [citado 2016 May 28]; [alrededor de 130 pantallas]. Disponible en: <https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/Documents/TrainingNuclearMedicine/Lectures-es/RPNM-Parte05-trabajador-es-web.ppt>
29. Comunidad de Madrid [Internet]. Recomendaciones para la utilización de Guantes de Protección Individual. Madrid-España: Comunidad de Madrid. [Acceso el 02 May del 2016]. Disponible en: <http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3DGUANTES+DE+PROTECCION+INDIVIDUAL.pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1352865181246&ssbinary=true>

30. Confederación Empresarial del Norte de Madrid. Boletín de Prevención de riesgos laborales: ¿Qué guante de protección necesito? Madrid (ES): Confederación Empresarial del Norte de Madrid. [Acceso el 03 de mayo del 2016]. Disponible en: [http://cenormadrid.org/prl/pdf/BOLETIN\\_4-2012.pdf](http://cenormadrid.org/prl/pdf/BOLETIN_4-2012.pdf)
31. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) [Internet]. Guantes de protección: requisitos generales. Madrid [Es]: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. [Acceso el 04 de mayo del 2016]. Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp\\_747.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp_747.pdf)
32. Pérez J, Merino M. Definición de manipulación. 2014 [Acceso el 08 de mayo del 2016]. Disponible en: <https://definicion.de/manipulacion/>
33. Khan Academy. The radioactivity of iodine-131. 2016. [Acceso el 08 de mayo del 2016]. Disponible en: <https://es.khanacademy.org/test-prep/mcat/physical-sciences-practice/physical-sciences-practice-tut/e/the-radioactivity-of-iodine-131>
34. News Medical: Life Sciences [Internet]. What is Radioiodine? AZoNetwork; 2000-2016. [actualizado 2015 Nov 2; citado 2016 May 8]; [10 párrafos]. Disponible en: <https://www.news-medical.net/health/What-is-Radioiodine.aspx>
35. News Medical: Life Sciences [Internet]. [Lugar desconocido]: AZoNetwork; c2000-2016. Radioiodine Production; [actualizado 2015 Dic 9; citado 2016 May 9]; [12 párrafos]. Disponible en: <https://www.news-medical.net/health/Radioiodine-Production.aspx>
36. IAEA: International Atomic Energy Agency [Internet]. Protocolo de radioprotección destinado al personal de internación al cuidado de pacientes en tratamiento con <sup>131</sup>I. Vienna (AT): International Atomic Energy Agency; c1998–2016. [citado 2016 May 10]; [44 p.]. Disponible en: [http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/44/098/44098465.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/44/098/44098465.pdf)

37. IAEA: International Atomic Energy Agency. Radioisotope handling facilities and automation of radioisotope production Vienna (AT): International Atomic Energy Agency; c1998–2016.; 2004 Dec [citado 2016 May 10]; [73 p.]. Disponible en: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te\\_1430\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1430_web.pdf)
38. Di Trano J, Rojo A, Kunst J, Saule F, Ponce L, Fruttero N. Revisión de la protección radiológica en medicina nuclear y análisis de nuevas técnicas médicas. Buenos Aires (AR): International Atomic Energy Agency (AT); [2001?]. 49 p. ARN PI-7/02: ACDOS-5-P-3 – Informe Final – Parte I.
39. Díaz C, De Haro FJ. Técnicas de exploración en medicina nuclear. Barcelona (ES): Elsevier España; Masson; c2004. Unidad 3, Bases químicas de la Medicina Nuclear: Radionúclidos y radiofármacos; p. 49-50.
40. Gutiérrez L, Pérez G, Félix J. Hemodiálisis en paciente en tratamiento con Iodo 131. Revista de la Sociedad Española de Enfermería Nefrológica [Internet]. 2008 oct. /dic [citado 2016 Jun 18]; 11(4): 324-327. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1139-13752008000400009](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-13752008000400009)
41. Arcocha M, Plancha M, Ramírez A. Aspectos generales de radiofarmacia. En: Sopena R, Llamas J.M, Caballero E, editores. Manual de Medicina Nuclear para Residentes. Madrid(ES): SIMED SOFTWARE, S.L.; c2009. p. 35-36
42. IPEN: Instituto Peruano de Energía Nuclear. IODURO DE SODIO I-131: Iodo131 o Iodotope. Solución Oral Lima (PE): Instituto Peruano de Energía Nuclear. [citado 2016 Jun 19]. Disponible en: <http://www.ipen.gob.pe/images/pdf/I-131.pdf>
43. IPEN: Instituto Peruano de Energía Nuclear [Internet]. Lima (PE): Instituto Peruano de Energía Nuclear; [citado 2016 Jun 20]. Presentación; [citado 2016 Jun 20]; [7 párrafos]. Disponible en: <http://www.ipen.gob.pe/index.php/productos/presentacion>
44. IAEA: Radiation Protection of Patients (RPOP) [Internet]. Vienna (AT): International Atomic Energy Agency; c2013. Nuclear Medicine; [citado 2016 Jun 25]; [2 párrafos]. Disponible en: [https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/HealthProfessionals/3\\_NuclearMedicine/index.htm](https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/HealthProfessionals/3_NuclearMedicine/index.htm)

45. Díaz C, De Haro FJ. Técnicas de exploración en medicina nuclear. Barcelona (ES): Elsevier España; Masson; c2004. Unidad 1, Visión de conjunto del diagnóstico médico por la imagen; p. 13-14.
46. Universidad Complutense de Madrid [Internet]. Madrid (ES): Universidad Complutense de Madrid; [citado 2016 Jun 26]. Procedimientos de Protección Radiológica para la manipulación de fuentes no encapsuladas utilizadas en la Instalación Radiactiva Central (IRC) de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid(UCM); [citado 2016 Jun 26 ]; [65 p.]. Disponible en: <http://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2013-02-15-0-PROCEDIMIENTO%20DE%20PROTECCION%20RADIOLOGICA%20PARA%20LA%20MANIPULACION%20.....pdf>
47. Universitat de Valencia [Internet]. Valencia (ES): Universitat de Valencia; c2016. Manual de Protección Radiológica; [revisado 2011 Octubre; citado 2016 Jun 27]; [86 p.]. Disponible en: [http://www.uv.es/preven/proteccio\\_radiologica/Documentacio/Manual\\_Proteccion\\_Radiologica\\_v1\\_3.pdf](http://www.uv.es/preven/proteccio_radiologica/Documentacio/Manual_Proteccion_Radiologica_v1_3.pdf)
48. IAEA: International Atomic Energy Agency [Internet]. Vienna (AT): International Atomic Energy Agency; c1998–2016. Guía para el tratamiento de personas accidentalmente sobreexpuestas a las radiaciones ionizantes: Contaminación interna; [citado 2016 Jun 28]; [45 p.]. Disponible en: [http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/31/010/31010441.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/010/31010441.pdf)
49. IAEA: International Atomic Energy Agency [Internet]. Viena (AT): International Atomic Energy Agency; c1998–2016. Manual para Primeros Actuantes ante Emergencias Radiológicas; 2007 Ago [citado 2016 Jul 04]; [104 p.]. Disponible en: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/EPR\\_Frist%20Responder\\_S\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/EPR_Frist%20Responder_S_web.pdf)



50. SALVAGUARDIAS DEL OIEA: para evitar la proliferación de las armas nucleares [Internet]. Vienna (AT): Examen de frotis: recogida y análisis de muestras ambientales. Vol. 57-2, Jun 2016[citado 2016 Jul 05]. Disponible en : [https://www.iaea.org/sites/default/files/bull572\\_june2016\\_es.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/bull572_june2016_es.pdf)
51. Resolución de Presidencia. Publicado en el diario oficial El Peruano, Resolución de Presidencia n.º 048-12-IPEN/PRES, (23 de febrero de 2012).
52. IPEN: Instituto Peruano de Energía Nuclear [Internet]. Lima (PE): Instituto Peruano de Energía Nuclear; [citado 2016 Jul 08]. Solicitud de servicio de Pruebas de Hermeticidad de Fuentes Radiactivas; [citado 2016 Jul 08]; [2 p.]. Disponible en: <http://www.ipen.gob.pe/images/pdf/SS-PROA-01.pdf>
53. IPEN: Instituto Peruano de Energía Nuclear [Internet]. Lima (PE): Instituto Peruano de Energía Nuclear; [citado 2016 Jul 10]. Pruebas de hermeticidad; [citado 2016 Jul 10]; [8 párrafos]. Disponible en: <http://www.ipen.gob.pe/index.php/servicios/proteccion-radiologica/pruebas-de-hermeticidad>
54. CSN: Consejo de Seguridad Nuclear [Internet]. [Madrid (ES)]: Consejo De Seguridad Nuclear; c2016. GS 05-03 Revisión 1: Control de la hermeticidad de fuentes radiactivas encapsuladas; 2013 Febr 27 [citado 2016 Jul 11]; [42 p.]. Disponible en: <http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/GSG-05.03%20R1%20Control%20de%20la%20hermeticidad%20de%20fuentes%20radiactivas%20encapsuladas.pdf>
55. Instituto Peruano de Energía Nuclear .Informe Científico Tecnológico 2005. Lima (PE). IPEN; 2006 Jul. ISSN 1684-1662.
56. SERFA: Sociedad Española de Radiofarmacia [Internet]. Madrid (ES): Sociedad Española de Radiofarmacia; LA RADIOFARMACIA EN ESPAÑA (2007); [citado 2016 Jul 13]; [256 p.]. Disponible en: <http://www.radiofarmacia.org/wp-content/uploads/2009/07/Libro-blanco-de-Radiofarmacia.pdf>

57. Cárdenas A. Estudio de los parámetros de calibración de activímetros en medicina nuclear [Tesis para optar el Título Profesional de Licenciado en Física]. [Lima (PE)]: Universidad Nacional Mayor De San Marcos; 2006. 111 p.
58. IAEA: International Atomic Energy Agency [Internet]. Vienna (AT): International Atomic Energy Agency; c1998–2016. Curso de Post-Grado en Protección Radiológica y Seguridad Nuclear; 1998 [citado 2016 Jul 14]; [1131 p.]. Disponible en:  
[http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/31/051/31051294.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/051/31051294.pdf)
59. Montoza M, Delgado A, Ramírez A, y col. Control de calidad de activímetros. Revista Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular [Internet]. 2004 Nov [citado 2016 Jul 15]; 23(6):434-43. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-revista-esp%C3%B1ola-medicina-nuclear-e-imagen-molecular-125-articulo-control-calidad-activimetros-13067833>
60. IAEA: Human Health Campus [Internet]. [Vienna (AT)]: International Atomic Energy Agency; c2010-2016. Detectores en Medicina Nuclear; 2010 Mar [citado 2016 Jul 15]; [alrededor de 35 pantallas]. Disponible en: [https://humanhealth.iaea.org/HHW/NuclearMedicine/QualityPractice/IAEATrainingCourses/RegionalTrainingCourseinQualityControl\\_in\\_NM/Fundamentals\\_of\\_gas-filled\\_detectors.pdf](https://humanhealth.iaea.org/HHW/NuclearMedicine/QualityPractice/IAEATrainingCourses/RegionalTrainingCourseinQualityControl_in_NM/Fundamentals_of_gas-filled_detectors.pdf)
61. IAEA: International Atomic Energy Agency [Internet]. Vienna (AT): International Atomic Energy Agency; c1998–2016. Control de calidad de los instrumentos de medicina nuclear; 1991 [citado 2016 Jul 16]; [271 p.]. Disponible en: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te\\_602s\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_602s_web.pdf)
62. Montoza M, Delgado A, Ramírez A, Salgado C, Muros MA, Ortega S, et al. Control de calidad de activímetros. Revista Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular [Internet]. 2004 Nov [citado 2016 Jul 16]; 23(6): 434-43. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-revista-esp%C3%B1ola-medicina-nuclear-e-imagen-molecular-125-articulo-control-calidad-activimetros-13067833>

63. IAEA: International Atomic Energy Agency [Internet]. Viena (AT): International Atomic Energy Agency; c1998–2015. COLECCIÓN DE NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA: Protección radiológica relacionada con la exposición médica a la radiación ionizante; 2010 [citado 2016 Jul 17]; [107 p.]. Disponible en: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1117s\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1117s_web.pdf)
64. ALASBIMN [Internet]. [Montevideo (UY)]: Asociación Latinoamericana de Sociedades de Biología y Medicina Nuclear; c2009. Control de calidad de los sistemas de detección usados en Medicina Nuclear; 2008 [citado 2016 Jul 18]; [16 p.]. Disponible en: [http://alاسبimn.net/comites/tecnologos/material/Control\\_de\\_calidad.pdf](http://alاسبimn.net/comites/tecnologos/material/Control_de_calidad.pdf)
65. IAEA: International Atomic Energy Agency [Internet]. Vienna (AT): International Atomic Energy Agency; c1998–2016. IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD DEL EQUIPAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE MEDICINA NUCLEAR DE CHILE; 2014 Abr 13 [citado 2016 Jul 18]; [16 p.]. Disponible en: [http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/45/110/45110594.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/45/110/45110594.pdf)
66. BIODEX [Internet]. New York. [EE. UU]: Biodex Medical Systems. c2018. ATOMLAB 200 DOSE CALIBRATOR. OPERATION AND SERVICE MANUAL. [citado 2016 Jul 19]; [7 p.]. Disponible en: [http://www.biodex.com/sites/default/files/07240\\_atomlab\\_200.pdf](http://www.biodex.com/sites/default/files/07240_atomlab_200.pdf).
67. Félix J, Morata B, Dolores M. Bases físicas de la medicina nuclear. En: Sopena R, Llamas J.M, Caballero E, editores. Manual de Medicina Nuclear para Residentes. Madrid(ES): SIMED SOFTWARE, S.L.; c2009. p. 3.
68. Muñoz A. Marie Skłodowska-Curie y la radioactividad. Educación Química [Internet]. 2013 Abr 2 [citado 2016 Jul 20]; 24(2): 224-228. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-educacion-quimica-78-articulo-marie-skodowska-curie-radioactividad-S0187893X13724662?redirectNew=true>

69. Cavedon J. ¿Es realmente peligrosa la radiactividad? [Internet]. Madrid (ES): Ediciones Akal,S. A.; c2005. ¿Qué es la radiatividad?: ¿Cómo se mide?; [citado 2016 Jul 21]; p. 15-16. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=v-FIm1b3sEQC&printsec=frontcover&dq=radiactividad&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwizgtLMzaXWAhVD7iYKHUeRBqcQ6AEIJTAA#v=onepage&q=radiactividad&f=false>
70. Díaz C, De Haro FJ. Técnicas de exploración en medicina nuclear. Barcelona (ES): Elsevier España; Masson; c2004. Unidad 2, Bases Físicas de la Medicina Nuclear; p. 26.
71. Félix J, Morata B, Dolores M. Bases físicas de la medicina nuclear. En: Sopena R, Llamas J.M, Caballero E, editores. Manual de Medicina Nuclear para Residentes. Madrid(ES): SIMED SOFTWARE, S.L.; c2009. p. 6-7.
72. AENOR [Internet]. [Madrid (ES)]: Asociación Española de Normalización; c2016. Guantes de protección contra los productos químicos y los microorganismos peligrosos. (ISO 374-1:2016) (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en junio de 2017.); 2017 Jun 01 [Acceso el 24 Nov 2017]. Disponible en:  
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0058291#.WpIFk4POWUk>

# ANEXOS

## ANEXO N°1: INSTRUMENTO



## ANEXO N°2: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN	INDICADOR	VALOR FINAL	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
<p><b>Variable :</b> Permeabilidad de los guantes</p>	<p>Cualidad de permeable</p>	<p>Difusión del Iodo 131 a través de la membrana del guante.</p>	<p>- Actividad en la superficie interna de los guantes</p>	<p>- Cuantitativa de intervalo</p>	<p>- Medida del frotis de la superficie interna de los guantes durante el estudio.</p>	<p>- &gt; Fondo radiactivo (<math>\mu\text{Ci}</math>)</p>	<p>- Hoja de recolección de datos</p>

### ANEXO N° 3: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	TIPO DE ESTUDIO	POBLACIÓN
Permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de lodo 131.	¿Existe permeabilidad en los guantes de uso frecuente en la manipulación de lodo 131, en el servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017?	<p><b>Objetivos generales:</b> Identificar la permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de lodo 131.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Calcular la actividad del fondo del activímetro en la solución de lodo 131, en los guantes.</li> <li>- Calcular la actividad del fondo del activímetro en las jeringas con solución de lodo 131, en los guantes.</li> </ul>	Permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de lodo 131.	Observacional, descriptivo, prospectivo, transversal, de enfoque cuantitativo	Todos los guantes de uso frecuente en el servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017.

		<ul style="list-style-type: none"><li>- Calcular la actividad del fondo del activímetro en cada uno de los guantes.</li><li>- Estimar la actividad en la prueba de frotis de la superficie interna de los guantes.</li></ul>			
--	--	--	--	--	--



#### ANEXO N° 4: TABLAS Y GRÁFICOS COMPLEMENTARIOS DEL ESTUDIO

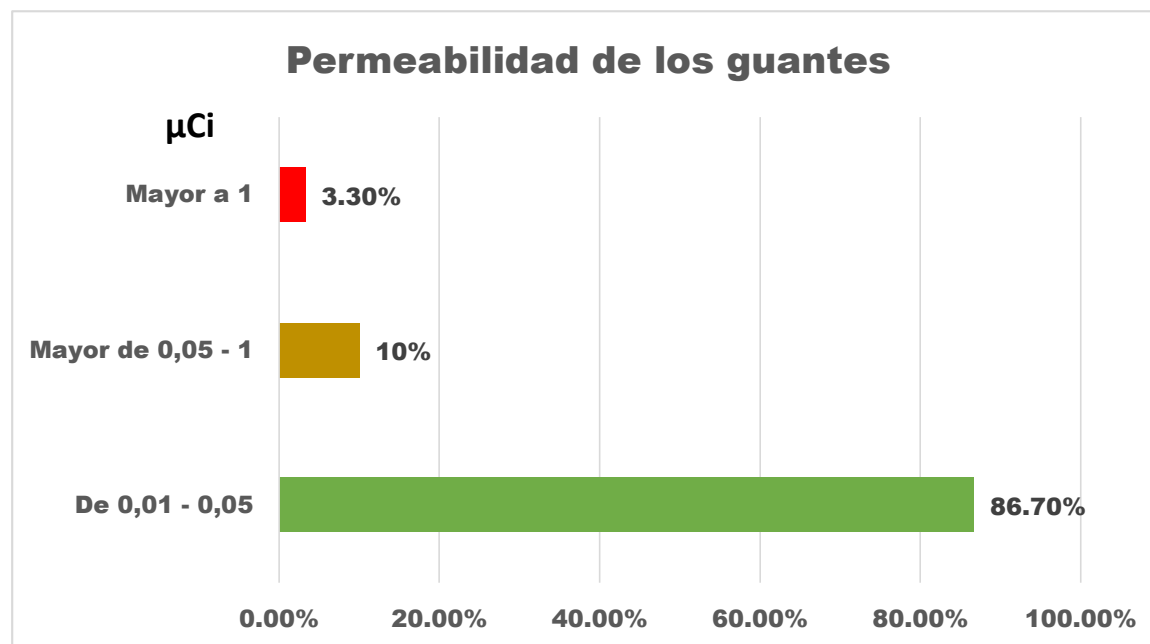
Anexo de tabla N° 1: Comparación de la actividad hallada en el frotis según número de jeringa del servicio de medicina nuclear

Jeringa N° 1		Jeringa N° 2		Jeringa N° 3	
Número de muestra	Actividad hallada en el frotis (μCi)	Número de muestra	Actividad hallada en el frotis (μCi)	Número de muestra	Actividad hallada en el frotis (μCi)
1	0.40	11	0.06	21	0.02
2	2.4	12	0.02	22	0.13
3	0.6	13	0.06	23	0.26
4	0.15	14	0.02	24	0.71
5	0.5	15	0.01	25	0.13
6	0.11	16	0.02	26	0.12
7	0.14	17	0.12	27	0.13
8	0.7	18	0.01	28	0.50
9	0.09	19	0.12	29	0.08
10	0.05	20	0.14	30	0.02

**Anexo de tabla N°2:** Rangos de permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131 del servicio de medicina nuclear.

<b>Rango de permeabilidad de los guantes ( <math>\mu\text{Ci}</math> )</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
De 0.01 - 0.05	26	86.7%
Mayor de 0.05 - 1	3	10.0%
Mayor a 1	1	3.3%
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100.0%</b>

**Grafico N°2:** Rangos de permeabilidad de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131.

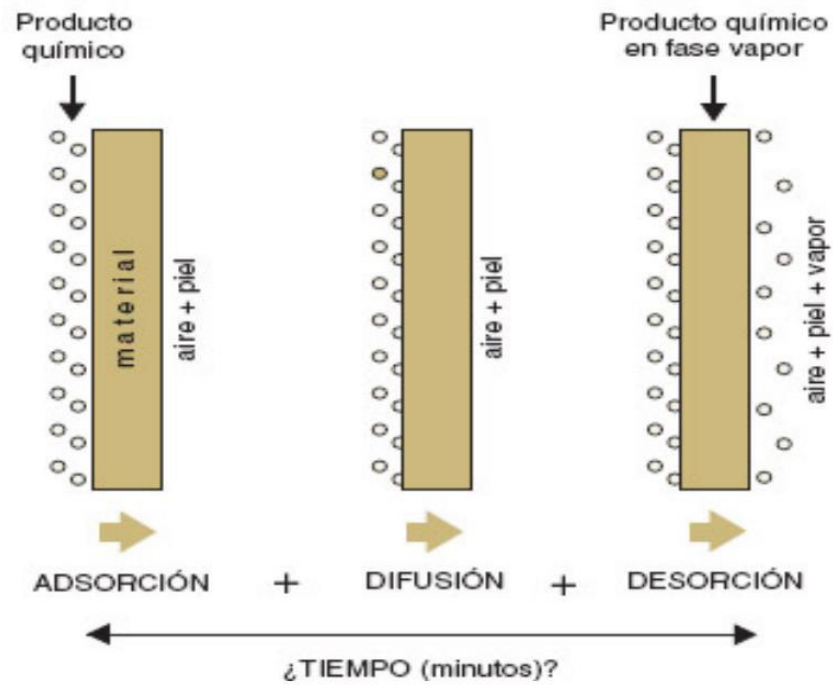


**Anexo de tabla N° 3:** Comparación del promedio de la actividad en la prueba de frotis según jeringas en los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131, en el servicio de medicina nuclear.

<b>Actividad en la prueba de frotis</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Jeringa N° 1</b>	10	0.514	0.05	2.40
<b>Jeringa N° 2</b>	10	0.058	0.01	0.14
<b>Jeringa N° 3</b>	10	0.21	0.02	0.71

## ANEXO N° 5: FIGURAS

Figura N° 1: Proceso de permeación de una sustancia química a través de la membrana de los guantes:



## ANEXO N° 6: IMÁGENES

Prueba de frotis en pruebas de hermeticidad de fuentes radiactivas selladas (IPEN).

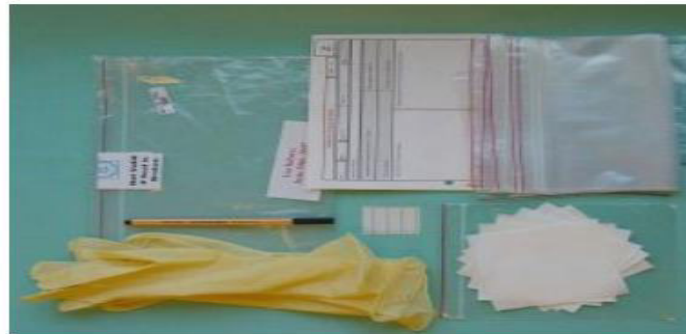


Prueba de hermeticidad de fuentes radiactivas selladas

Prueba de frotis en instalaciones nucleares (OIEA).



**Un grupo de inspectores toma una muestra de frotis en una instalación nuclear.**  
(Fotografía: Departamento de Salvaguardias del OIEA)



**Estuche de toma de muestras ambientales.**  
(Fotografía: Departamento de Salvaguardias del OIEA)

## ANEXO N° 7

Guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131 en el servicio de medicina nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins en el mes de noviembre del 2017.





## ANEXO N° 8

### PROTOCOLO DEL ESTUDIO:

#### 1. El día anterior a la toma de muestra: Preparación de la muestra

- Realizar una apertura a cada uno de los frascos para toma de muestras que abarque hasta la circunferencia de la zona inferior de los frascos. Mantener la tapa cerrada hasta el día de la toma de muestra.
- Rotular los frascos para toma de muestra y la fecha a realizarse la toma de muestra (para su correcta identificación y posterior descarte como desecho radiactivo) de manera ascendente con números arábigos.
- Rotular los tubos de ensayo “BD vacutainer” y sus respectivas tapas enumerándolos de manera ascendente con números arábigos.
- Cortar el mango de madera de un hisopo de toma de muestra hasta que éste se adaptara al largo de los tubos de ensayo “BD vacutainer”, esta medida fue tomada como medida patrón para cortar los mangos de madera de los Hisopos de toma de muestra a usarse en el frotis; cabe resaltar que los Hisopos que se usaron fueron esterilizados individualmente asegurando así la integridad e uniformidad en cada uno de los frotis , dado que la modificación hecha en la longitud del mango no tocó o manipuló la zona que realizó el frotis.

## **2. Día de la toma de muestra: inicio del procedimiento**

- Etiquetar una caja desechable con la fecha y el radioisótopo que estará presente en los desechos radiactivos para su correcta identificación y descarte.
- Colocar la caja fuera y a distancia de la zona de muestreo, dentro del segundo castillo plomado.
- Usar la cámara (cuarto) caliente el día de la toma de muestra.
- Despejar el área dentro del primer castillo plomado dónde se realizará la toma de muestra.
- Colocar la indumentaria de protección al personal: Uniforme, cubre calzado, guantes y gorro desechable y mascarilla N°95 (protección de las vías respiratorias) de acuerdo recomendaciones de Organismos internacionales (IAEA) y nacionales como IPEN (Informe científico tecnológico 2005). Usar pinza de mango largo, mantener el menor tiempo posible al manipular fuentes radiactivas y blindaje proporcionado por el castillo de plomo.

### 2.1 Colocar papel absorbente:

- En la superficie interior del castillo plomado.

- En la mesa de trabajo.
  
- 2.2 Las muestras se recolectarán en grupos de 5. Colocar en la gradilla y en orden ascendente los tubos de ensayo “BD vacutainer” N°1 - 5, sin la tapa de estos. Colocar éstos en orden ascendente y con la numeración visible.
  
- 2.3 Medir la cantidad y actividad del Iodo 131, en forma de Ioduro de sodio, que se empleará en cada una de las muestras de modo que sea la mínima posible de acuerdo al principio de ALARA y al siguiente procedimiento, el cual fue análogo a la prueba de precisión y la exactitud, prueba de respuesta de fondo, verificación de reproducibilidad, que se realizan como parte del control de calidad de un activímetro, y a la prueba diaria de corrección del fondo (Background Correction) propia del calibrador de dosis Atomlab 200.
  
- 2.4 Seleccionar las condiciones de operación apropiadas en el activímetro para el radionúclido concerniente (presionar la tecla correspondiente al I 131).
  
- 2.5 Medir (presionar la tecla BKGND) la actividad del fondo del activímetro.
  
- 2.6 Dejar que transcurra el tiempo suficiente para la estabilización de la lectura (30 segundos).

- 2.7 Anotar esta medida como la actividad del fondo en la hoja de recolección de datos en el cuadro correspondiente a la solución de Iodo 131.
- 2.8 Diluir el vial de Iodo 131 con 3 cc (3ml) de suero fisiológico. Colocar éste en el protector plomado.
- 2.9 Agitar 5 veces para homogenizar la solución.
- 2.10 Extraer y colocarse un par de guantes nuevos de la caja de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131.
- 2.11 Colocar una bolsa de polietileno tubular en el portador de muestras del activímetro e introducir el vial de Iodo 131.
- 2.12 Dejar que transcurra el tiempo suficiente para la estabilización de la lectura (30 segundos).
- 2.13 Anotar esta medida en la hoja de recolección de datos en el cuadro correspondiente a la actividad de la solución de Iodo 131.
- 2.14 Anotar en la hoja de recolección de datos esta misma medida como la actividad neta de la solución de Iodo 131 dado que la tecla BKGND habilita la medición de radiación de fondo almacenando y resta automáticamente el valor de fondo antes de mostrar la lectura de actividad. El valor de la actividad permanecerá en la memoria hasta que se presione la tecla BKGND nuevamente o el sistema se apague.

- 2.15 Extraer el contenido del vial con tres jeringas de tuberculina de 1 cc (1 ml).
- 2.16 Colocar la jeringa de tuberculina N° 1, 2 y 3 en el protector de jeringas adecuado para Iodo 131, para posteriormente almacenarlo en el interior del castillo plomado.
- 2.17 Controlar una posible situación de contaminación radiactiva externa desechando los guantes usados y la bolsa de polietileno tubular como desecho radiactivo.
- 2.18 Extraer y colocarse un par de guantes nuevos de la caja de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131.
- 2.19 Medir la actividad de la jeringa N°1 según los siguientes pasos:
- Colocar una bolsa de polietileno tubular a manera de forro del portador de muestras del activímetro, dicho forro será desechado y cambiado al término de la medida en el activímetro (ANEXO N° 1).
  - Seleccionar las condiciones de operación apropiadas en el activímetro para el radionúclido concerniente (presionar la tecla correspondiente al I 131).

- Medir (presionar la tecla BKGND) la actividad del fondo del activímetro.
- Dejar que transcurra el tiempo suficiente para la estabilización de la lectura (30 segundos).
- Anotar la actividad del fondo del activímetro en la hoja de recolección de datos correspondiente a la jeringa N° 1.
- Insertar dentro de la bolsa de polietileno tubular la jeringa de tuberculina N° 1 para medir su actividad.
- Anotar la actividad de la jeringa de tuberculina N° 1 en la hoja de recolección de datos. Además se anotó la hora en la que se realiza dicha medida.
- Anotar en la hoja de recolección de datos de la jeringa N° 1 la medida de la actividad como la actividad neta de la jeringa N° 1.
- Dividir la actividad neta de la jeringa N° 1 entre 10 dado que esta fue la actividad que se depositará en cada uno de los guantes, el cual corresponde a 0,1 cc de la solución de Ioduro de sodio y suero fisiológico.
- Retirar del portador de fuentes radiactivas, la jeringa con la pinza de mango largo y se colocó en el protector de jeringas adecuado para Iodo 131 y luego se almacenó en el interior del primer castillo plomado.

- Deshechar la bolsa de polietileno tubular como desecho radiactivo y colocar una nueva en el portador de fuentes radiactivas.
- Controlar una posible situación de contaminación radiactiva externa en las muestras (guantes) desechando los guantes usados como desecho radiactivo.
- Extraer y se colocarse un par de guantes nuevos de la caja de los guantes de uso frecuente en la manipulación de iodo 131.

2.20 Colocar la superficie externa del guante por la apertura superior del frasco sujetándola con una banda elástica (látex, mismo material del guante), tal que la superficie externa se debió encontrar, hacia el exterior y la superficie interna hacia el interior del frasco de toma de muestra. Observar la nula presencia de formación de pliegues dado que el frotis se realizó en una superficie sin arrugas o zonas de pliegue para evitar que se produjesen procesos de autoabsorción. De ésta manera se logró también homogenizar la toma de muestra para todos los guantes a usarse (30), se delimita la zona de muestreo, controlándose la forma y el área de contacto dónde se realizó el frotis.

2.21 El tiempo para realizar dicho proceso fue de 2 minutos por frasco de toma de muestra. Anotar este tiempo para cada uno de los frascos en la hoja de recolección de datos.

- 2.22 Colocar los frascos para toma de muestra N°1 - 5 (las muestras fueron tomadas en grupos de 5) separándolos de tal forma que permitió realizar con facilidad el frotis. Ordenar en orden ascendente de manera que mantenga la numeración visible. Cabe resaltar que el tiempo que permaneció cada muestra de esta forma fue de 8 minutos hasta el depósito del Iodo 131.
- 2.23 Anotar la hora del depósito del Iodo 131 en el cuadro N° 1 de la jeringa N° 1 correspondiente al frasco de toma de muestra N° 1. Suministrar cuidadosamente 0,1 cc de la jeringa N° 1 en el centro del área de la circunferencia correspondiente a la superficie externa del guante, tratando de no rozar o perforar con la aguja, dicha superficie.
- 2.24 Dejar un intervalo de 2 minutos para el depósito de la sustancia radiactiva entre muestra y muestra hasta que se terminó con los frascos para toma de muestra N° 1 – 5. Anotar la hora en la que se realizó el depósito por cada muestra en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 1.
- 2.25 Controlar con el uso de un reloj digital el tiempo de contacto del Iodo 131 en cada una de las muestras fuera un tiempo de 10 minutos.
- 2.26 Controlar una posible situación de contaminación radiactiva externa desechando los guantes usados como desecho radiactivo.
- 2.27 Extraer y colocarse un par de guantes nuevos de la caja de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131.



- 2.28 Al cumplir los 10 minutos de la primera muestra se realizó el frotis: Ingresar el hisopo de toma de muestras por el agujero realizado en la superficie inferior del frasco sosteniéndolo firmemente por las paredes laterales de este, accediendo de esta manera a la superficie interna del guante. La prueba de frotis fue investigado de forma dependiente, dado que la presión que se ejerció y el tiempo de duración de cada frotis fue equivalente aproximadamente en cada una de las muestras (guantes). Se realizaron movimientos en Zig Zag en sentido unidireccional, sin recorrer dos veces la misma zona, por el área de la superficie interna correspondiente al área visible de la superficie externa del guante donde se depositó el Iodo 131.
- 2.29 Introducir el hisopo al tubo de ensayo “BD vacutainer” N° 1 sin sacarlo de la posición asignada en la gradilla y se cerrarlo con su respectiva tapa.
- 2.30 Medir la actividad del fondo (presionar la tecla BKGND) del activímetro.
- 2.31 Dejar que transcurra el tiempo suficiente para la estabilización de la lectura (30 segundos).
- 2.32 Anotar la actividad del fondo del activímetro en el cuadro N° 2 correspondiente a la muestra N° 1.
- 2.33 Con el uso de la pinza de mango largo colocar el tubo de ensayo “BD vacutainer” N° 1 dentro de la bolsa de polietileno del portador de fuentes radiactivas del activímetro.

- 2.34 Dejar que transcurra el tiempo suficiente para la estabilización de la lectura (30 segundos).
- 2.35 Anotar la actividad del frotis de la muestra N°1 en el cuadro N°2 de la jeringa N°1,
- 2.36 Retirar con las pinzas el tubo de ensayo “BD vacutainer” N° 1 y colocar en el sitio correspondiente a este en la gradilla que se encuentra en el interior del castillo plomado.
- 2.37 Retirar el portador de fuentes radiactivas del activímetro, eliminar la bolsa de polietileno tubular usada, como desecho radiactivo y colocar una nueva.
- 2.38 Controlar una posible situación de contaminación radiactiva externa con el desecho y cambio de guantes antes de iniciar el frotis de la muestra N° 2.
- 2.39 Extraer y se colocar un par de guantes nuevos de la caja de los guantes de uso frecuente en la manipulación de Iodo 131.
- 2.40 Duplicar los pasos 2.23 – 2.39 hasta terminar con el grupo de 5 muestras (frascos para toma de muestra N° 2 - 5).
- 2.41 Al terminar con el frotis de los frascos para toma de muestra N° 1 - 5 se descartó como desecho radiactivo junto con los tubos de ensayo “BD vacutainer” N° 1 - 5.

- 2.42 Desechar el papel absorbente utilizado para los frascos para toma de muestra N° 1 - 5 y colocar papel absorbente nuevo en el interior del primer castillo plomado.
- 2.43 Duplicar los pasos 2.26 – 2.27.
- 2.44 Colocar los frascos para toma de muestra N° 6 - 10 en el interior del primer castillo plomado siguiendo los pasos 2.20 – 2.22.
- 2.45 Depositar el Iodo 131 en los frascos para muestra N° 6 - 10 de acuerdo a los pasos 2.23 – 2.24. Anotar las horas del depósito en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 1.
- 2.46 Realizar el frotis a los frascos para toma de muestra N° 6 - 10 de acuerdo a los pasos 2.25 – 2.39 para cada una de las muestras.
- 2.47 Al terminar el frotis de los frascos para toma de muestra N° 6 - 10 descartar como desecho radiactivo junto con los tubos de ensayo “BD vacutainer” N° 6 - 10 y jeringa N° 1 de tuberculina.
- 2.48 Desechar el papel absorbente utilizado para los frascos para toma de muestra N° 6 - 10 y colocar papel absorbente nuevo en el interior del primer castillo plomado.

- 2.49 Duplicar los pasos 2.26 – 2.27.
- 2.50 Medir la actividad de la jeringa de tuberculina N° 2 de acuerdo al procedimiento descrito en el paso 2.19, dicha jeringa fue destinada para los frascos para toma de muestra N° 11 – 20.
- 2.51 Colocar los frascos para toma de muestra N° 11 – 15 en el interior del primer castillo plomado siguiendo los pasos 2.20 – 2.22. Registrar la hora de preparación de la muestra en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 2.
- 2.52 Depositar el Iodo 131 en los frascos para toma de muestra N° 11 - 15 de acuerdo a los pasos 2.23 – 2.24. Las horas del depósito fueron anotadas en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 2.
- 2.53 Realizar el frotis a los frascos para toma de muestra N° 11 - 15 de acuerdo a los pasos 2.25 - 2.39 para cada una de las muestras.
- 2.54 Al terminar con el frotis de los frascos para toma de muestra N° 11 - 15 descartar éstos como desecho radiactivo junto con los tubos de ensayo “BD vacutainer” N° 11 - 15.
- 2.55 Desechar el papel absorbente utilizado para los frascos de toma de muestra N° 11 - 15 y se colocar papel absorbente nuevo en el interior del primer castillo plomado.

2.56 Duplicar los pasos 2.26 – 2.27.

2.57 Colocar los frascos para toma de muestra N° 16 - 20 en el interior del primer castillo plomado siguiendo los pasos 2.20 – 2.22. Registrar de la hora de preparación de la muestra en el cuadro N° 2 de la jeringa N°2.

2.58 Depositar el Iodo 131 en los frascos para toma de muestra N° 16 - 20 de acuerdo a los pasos 2.23 - 2.24. Anotar las horas del depósito en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 2.

2.59 Realizar el frotis a los frascos para toma de muestra N° 16 - 20 de acuerdo a los pasos 2.25 – 2.39 para cada una de las muestras.

2.60 Al terminar el frotis de los frascos para toma de muestra N° 16 - 20 descartar éstos como desecho radiactivo junto con los tubos de ensayo “BD vacutainer” N° 16 - 20 y la jeringa N° 2 de tuberculina.

2.61 Desechar el papel absorbente utilizado para los frascos para toma de muestra N° 16 - 20 y colocar papel absorbente nuevo en el interior del primer castillo plomado.

- 2.62 Duplicar los pasos 2.26 – 2.27.
- 2.63 Medir la actividad de la jeringa de tuberculina N° 3 de acuerdo al procedimiento descrito en el paso 2.19, dicha jeringa fue destinada para los frascos para toma de muestra N° 21 - 30.
- 2.64 Colocar los frascos para toma de muestra N° 21 – 25 en el interior del primer castillo plomado siguiendo los pasos 2.20 - 2.22. Registrar la hora de preparación de la muestra se realizó en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 3.
- 2.65 Depositar el Iodo 131 en los frascos para toma de muestra N° 21 - 25 de acuerdo a los pasos 2.23 – 2.24. Las horas del depósito fueron anotadas en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 3.
- 2.66 Realizar el frotis a los frascos para toma de muestra N° 21 - 25 de acuerdo a los pasos 2.25 – 2.39 para cada una de las muestras.
- 2.67 Al terminar con el frotis de los frascos para toma de muestra N° 21 - 25 descartar éstos como desecho radiactivo junto con los tubos de ensayo “BD vacutainer” N° 21 – 25 y la jeringa N° 3 de tuberculina.
- 2.68 Desechar el papel absorbente utilizado para los frascos para toma de muestra N° 21 - 25 y colocar papel absorbente nuevo en el interior del primer castillo plomado.

- 2.69 Duplicar los pasos 2.26 – 2.27.
- 2.70 Colocar los frascos para toma de muestra N° 26 - 30 en el interior del primer castillo plomado siguiendo los pasos 2.20 – 2.22. Registrar la hora de preparación de la muestra en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 3.
- 2.71 Depositar el Iodo 131 en los frascos para muestra N° 26 - 30 de acuerdo a los pasos 2.23 – 2.24. Anotar las horas del depósito fueron en el cuadro N° 2 de la jeringa N° 3.
- 2.72 Realizar el frotis a los frascos para toma de muestra N° 26 - 30 de acuerdo a pasos 2.25 – 2.39 para cada una de las muestras.
- 2.73 Al terminar el frotis de los frascos para toma de muestra N° 26 - 30 descartar éstos como desecho radiactivo junto con los tubos de ensayo “BD vacutainer” N° 26 - 30 y jeringa N° 3 de tuberculina.
- 2.74 Desechar el papel absorbente utilizado para los frascos para toma de muestra N° 26 – 30 y descartar los guantes usados como desecho radiactivo.

## ANEXO N° 9

### HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

SOLUCIÓN DE IODO 131	ACTIVIDAD ( $\mu\text{Ci}$ )	ACTIVIDAD DEL FONDO ( $\mu\text{Ci}$ )	ACTIVIDAD NETA ( $\mu\text{Ci}$ )

### DATOS RECOLECTADOS

SOLUCIÓN DE IODO 131	ACTIVIDAD ( $\mu\text{Ci}$ )	ACTIVIDAD DEL FONDO ( $\mu\text{Ci}$ )	ACTIVIDAD NETA ( $\mu\text{Ci}$ )
Dilución = 3 cc de Suero fisiológico + Vial Iodo 131	740	0	740



# JERINGA N° 1

Cuadro N° 1

JERINGA N° 1	HORA DE LA MEDIDA DE LA ACTIVIDAD (pm)	ACTIVIDAD ( $\mu\text{Ci}$ )	ACTIVIDAD DEL FONDO ( $\mu\text{Ci}$ )	ACTIVIDAD NETA ( $\mu\text{Ci}$ )
0.1 cc (depósito en cada muestra )				

# *JERINGA N° 1*

*DATOS RECOLECTADOS CUADRO N° 1:*

JERINGA N° 1	HORA DE LA MEDIDA DE LA ACTIVIDAD (pm)	ACTIVIDAD ( $\mu\text{Ci}$ )	ACTIVIDAD DEL FONDO ( $\mu\text{Ci}$ )	ACTIVIDAD NETA ( $\mu\text{Ci}$ )
1 cc	4:11	240	0	240
0.1 cc (depósito en cada muestra)				24

# JERINGA N° 1

Cuadro N° 2

ACTIVIDAD DE LAS MUESTRAS							
Número de muestra	Hora de preparación de muestra (pm)	Actividad del fondo del Activímetro ( $\mu\text{Ci}$ )	Actividad depositada ( $\mu\text{Ci}$ )	Hora del depósito del Iodo 131 (pm)	Hora del frotis (pm)	Actividad hallada en el frotis ( $\mu\text{Ci}$ )	Actividad neta en las muestras ( $\mu\text{Ci}$ )
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

# JERINGA N° 1

DATOS RECOLECTADOS CUADRO N° 2

ACTIVIDAD DE LAS MUESTRAS							
Número de muestra	Hora de preparación de muestra (pm)	Actividad del fondo del Activímetro ( $\mu\text{Ci}$ )	Actividad depositada ( $\mu\text{Ci}$ )	Hora del depósito del lodo 131 (pm)	Hora del frotis (pm)	Actividad hallada en el frotis ( $\mu\text{Ci}$ )	Actividad neta en las muestras ( $\mu\text{Ci}$ )
1	4:16	0	24	4:24	4:34	0.40	0.40
2	4:18	0	24	4:26	4:36	2.4	2.4
3	4:20	0	24	4:28	4:38	0.6	0.6
4	4:22	0	24	4:30	4:40	0.15	0.15
5	4:24	0	24	4:32	4:42	0.5	0.5
6	4:52	0	24	5:00	5:10	0.11	0.11
7	4:54	0	24	5:02	5:12	0.14	0.14
8	4:56	0	24	5:04	5:14	0.7	0.7
9	4:58	0	24	5:06	5:16	0.09	0.09
10	5:00	0	24	5:08	5:18	0.05	0.05

## JERINGA N° 2

Cuadro N°1

JERINGA N° 2	HORA DE LA MEDIDA DE LA ACTIVIDAD (pm)	ACTIVIDAD ( $\mu\text{Ci}$ )	ACTIVIDAD DEL FONDO ( $\mu\text{Ci}$ )	ACTIVIDAD NETA ( $\mu\text{Ci}$ )
0.1 cc (depósito en cada muestra )				

## *JERINGA N° 2*

*DATOS RECOLECTADOS CUADRO N°1*

JERINGA N° 2	HORA DE LA MEDIDA DE LA ACTIVIDAD (pm)	ACTIVIDAD ( $\mu\text{Ci}$ )	ACTIVIDAD DEL FONDO ( $\mu\text{Ci}$ )	ACTIVIDAD NETA ( $\mu\text{Ci}$ )
1 cc	5:23	240	0	240
0.1 cc (depósito en cada muestra )				24

## JERINGA N° 2

Cuadro N° 2

ACTIVIDAD DE LAS MUESTRAS							
Número de muestra	Hora de preparación de muestra (pm)	Actividad del fondo del Activímetro ( $\mu\text{Ci}$ )	Actividad depositada ( $\mu\text{Ci}$ )	Hora del depósito del lodo 131 (pm)	Hora del frotis (pm)	Actividad hallada en el frotis ( $\mu\text{Ci}$ )	Actividad neta en las muestras ( $\mu\text{Ci}$ )
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

## JERINGA N° 2

DATOS RECOLECTADOS CUADRO N°2

ACTIVIDAD DE LAS MUESTRAS							
Número de muestra	Hora de preparación de muestra (pm)	Actividad del fondo del Activímetro ( $\mu\text{Ci}$ )	Actividad depositada ( $\mu\text{Ci}$ )	Hora del depósito del yodo 131 (pm)	Hora del frotis (pm)	Actividad hallada en el frotis ( $\mu\text{Ci}$ )	Actividad neta en las muestras ( $\mu\text{Ci}$ )
11	5:28	0	24	5:36	5:46	0.06	0.06
12	5:30	0	24	5:38	5:48	0.02	0.02
13	5:32	0	24	5:40	5:50	0.06	0.06
14	5:34	0	24	5:42	5:52	0.02	0.02
15	5:36	0	24	5:44	5:54	0.01	0.01
16	6:04	0	24	6:12	6:22	0.02	0.02
17	6:06	0	24	6:14	6:24	0.12	0.12
18	6:08	0	24	6:16	6:26	0.01	0.01
19	6:10	0	24	6:18	6:28	0.12	0.12
20	6:12	0	24	6:20	6:30	0.14	0.14



# JERINGA N° 3

Cuadro N° 1

JERINGA N° 3	HORA DE LA MEDIDA DE LA ACTIVIDAD ( pm )	ACTIVIDAD ( $\mu$ Ci )	ACTIVIDAD DEL FONDO ( $\mu$ Ci )	ACTIVIDAD NETA ( $\mu$ Ci )
0.1 cc (depósito en cada muestra)				

## *JERINGA N° 3*

*DATOS RECOLECTADOS CUADRO N° 1*

JERINGA N° 3	HORA DE LA MEDIDA DE LA ACTIVIDAD ( Pm )	ACTIVIDAD ( $\mu\text{Ci}$ )	ACTIVIDAD DEL FONDO ( $\mu\text{Ci}$ )	ACTIVIDAD NETA ( $\mu\text{Ci}$ )
1 cc	6:35	260	0	260
0.1 cc (depósito en cada muestra )				26

# JERINGA N° 3

Cuadro N° 2

ACTIVIDAD DE LAS MUESTRAS							
Número de muestra	Hora de preparación de muestra (pm)	Actividad del fondo del Activímetro ( $\mu\text{Ci}$ )	Actividad depositada ( $\mu\text{Ci}$ )	Hora del depósito del Iodo 131 (pm)	Hora del frotis (pm)	Actividad hallada en el frotis ( $\mu\text{Ci}$ )	Actividad neta en las muestras ( $\mu\text{Ci}$ )
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

## *JERINGA N° 3*

*DATOS RECOLECTADOS CUADRO N° 2*

ACTIVIDAD DE LAS MUESTRAS							
Número de muestra	Hora de preparación de muestra ( pm )	Actividad del Fondo del Activímetro (μCi)	Actividad depositada (μCi)	Hora del depósito del yodo 131 (pm)	Hora del frotis (pm)	Actividad hallada en el frotis (μCi)	Actividad neta en las muestras (μCi)
21	6:40	0	26	6:48	6:58	0.02	0.02
22	6:42	0	26	6:50	7:00	0.13	0.13
23	6:44	0	26	6:52	7:02	0.26	0.26
24	6:46	0	26	6:54	7:04	0.71	0.71
25	6:48	0	26	6:56	7:06	0.13	0.13
26	7:16	0	26	7:24	7:34	0.12	0.12
27	7:18	0	26	7:26	7:36	0.13	0.13
28	7:20	0	26	7:28	7:38	0.50	0.50
29	7:22	0	26	7:30	7:40	0.08	0.08
30	7:24	0	26	7:32	7:42	0.02	0.02