



Universidad Nacional de Asunción  
Facultad de Ciencias Químicas

Resolución N° **1286/2021**  
**20 SEP 2021**

**“POR LA CUAL SE APRUEBA EL PROCEDIMIENTO DEL DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES, DEPENDIENTE DE LA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS DE LA UNA”**

**VISTO Y CONSIDERANDO:** El Memorandum DP N° 64/2021, de fecha 16 de agosto de 2021, con referencia de la Mesa de Entrada de la Facultad de Ciencias Químicas de la UNA número 6114, de fecha 17 de agosto de 2021, mediante el cual la Directora de Planificación, Econ. Paola González, eleva a consideración de la Señora Decana, la propuesta del Procedimiento del Departamento de Técnicas Nucleares, dependiente de la Dirección de Investigaciones, de la Institución, elaborado por el Farm. Rafael Gómez González, del mencionado Departamento, y revisado por la Directora de Investigaciones, Prof. Dra. Silvia Caballero de Colombo;

**POR TANTO:** En uso de las atribuciones que le confiere el Estatuto que rige a la Universidad Nacional de Asunción, en su Artículo 84°, inciso f:

**LA DECANA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**RESUELVE:**

**Art.1°.-** APROBAR el Procedimiento del Departamento de Técnicas Nucleares (*Calibración y determinación de resolución del detector de centelleo; Uso y limpieza de balanza Mettler AE 200; Monitoreo de radiación; Irradiación en la fuente isotópica de neutrones; y Utilización de la mufla heraeus instruments*), dependiente de la Dirección de Investigaciones, de la Facultad de Ciencias Químicas de la UNA, cuyo documento se anexa y forma parte de la presente resolución.


**Art. 2°.-** DAR cuenta de la presente Resolución al Consejo Directivo de la FCQ.

**Art. 3°.-** COMUNICAR a quienes corresponda y cumplida, archivar.

Lic. Abg. JUAN DIOSNEL CORVALÁN  
SECRETARIO

Prof. Lic. CYNTHIA SAUCEDO DE SCHUPMANN  
DECANA



	FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – UNA		Página 1 de 5
	DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES		Código: DI- DTN 01
	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL CALIBRACIÓN Y DETERMINACIÓN DE RESOLUCIÓN DEL DETECTOR DE CENTELLEO		
Fecha de vigencia:	Julio 2021	Fecha de revisión:	Julio 2023
Elaborado por: Farm Rafael Gómez González Laboratorio de Técnicas Nucleares	Revisado por: Prof. Dra. Silvia Caballero Dirección de Investigaciones	Autorizado por: Prof. Lic. Cynthia Saucedo de Schupmann Decana	

## 1. OBJETIVO

Establecer normas y procedimientos para la calibración y determinación de resolución del detector de centelleo.

## 2. ALCANCE

Este procedimiento será utilizado por el Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (TOE) y el Oficial de Protección Radiológica (OPR) del Laboratorio de Técnicas Nucleares.

## 3. DOCUMENTOS RELACIONADOS:

NA

## 4. DEFINICIONES/NORMATIVAS

- La responsabilidad del cumplimiento del procedimiento es del Oficial de Protección Radiológica (OPR) conjuntamente con el Encargado de Despacho del Laboratorio de Técnicas Nucleares.
- Todo el equipamiento se deberá encontrar en una sala refrigerada a 17 °C mediante el empleo de acondicionador de aire y donde se deberá encontrar un deshumidificador para disminuir la humedad en el medio ambiente.
- Un contador de centelleo o detector de centelleo utiliza el efecto conocido como centelleo que consiste en un destello de luz producido en un material transparente por el paso de una partícula. En general, un detector de centelleo está compuesto por:
- **DETECTOR DE CENTELLEO:** formado por una sustancia luminiscente y un dispositivo fotoeléctrico llamado tubo fotomultiplicador que convierte los destellos luminosos en impulsos eléctricos y mide la luz emitida por la sustancia luminiscente. Es capaz de funcionar como espectrómetro con las ventajas adicionales de un alto rendimiento de detección y un tiempo de resolución corto.
- **SUSTANCIA LUMINISCENTE:** La sustancia luminiscente consiste en un cristal transparente que fluoresce cuando interactúa con radiación ionizante.
- **FOTOMULTIPLICADOR:** Es un fotodetector sensible que convierte la luz en una señal eléctrica y electrónica para procesar esta señal. El principio básico de funcionamiento implica que la radiación reacciona con un centelleador, como consecuencia se libera un electrón que atraviesa el fotocátodo interactuando con una serie de electrodos (dínodos) produciendo el incremento de electrones, llegando en forma de cascada de electrones al ánodo el cual está unido a la parte electrónica del equipo. Estos contadores son adecuados para medir la energía de la radiación gamma (espectroscopia gamma), por lo tanto, pueden usarse para identificar isótopos emisores gamma.

### COMPONENTES DEL TUBO FOTOMULTIPLICADOR:

- **FOTOCÁTODO:** después de una delgada ventana de entrada se encuentra un fotocátodo, que está hecho de un material en el que los electrones de valencia están débilmente unidos y presenta una sección transversal alta para convertir fotones en electrones a través del efecto fotoeléctrico. Como resultado, la luz creada en el centelleador interactúa con el fotocátodo de un tubo fotomultiplicador liberando como máximo un fotoelectrón por fotón.
- **DINODOS:** constituyen los electrodos de un tubo fotomultiplicador. Cada dínodo está cargado positivamente unos 100 voltios más que su predecesor de tal forma que

Econ. Paola Gómez González  
Directora de Radiación  
FCQ - UNA

Rafael Gómez González  
Farmacéutico UNA  
Reg. Prof. Nº 3.376

Prof. Dra. Silvia Caballero  
Dirección de Investigaciones  
FCQ - UNA

	<b>FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – UNA</b>		Página 2 de 5
	<b>DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES</b>		Código: DI- DTN 01
	<b>PROCEDIMIENTO OPERACIONAL CALIBRACIÓN Y DETERMINACIÓN DE RESOLUCIÓN DEL DETECTOR DE CENTELLEO</b>		
Fecha de vigencia:	Julio 2021	Fecha de revisión:	Julio 2023
Elaborado por: Farm Rafael Gómez González Laboratorio de Técnicas Nucleares	Revisado por: Prof. Dra. Silvia Caballero Dirección de Investigaciones	Autorizado por: Prof. Lic. Cynthia Saucedo de Schupmann Decana	

cuando el fotocátodo del tubo recibe un fotón, consecuentemente emite un electrón que se dirige al primer dinodo, el cual recibe el impacto del electrón en su superficie emitiendo en un proceso secundario a su vez, más electrones que se dirigen al siguiente dinodo y así sucesivamente hasta llegar al ánodo receptor. De esta forma, son capaces de aumentar hasta un millón de veces la pequeña corriente emitida por el fotocátodo generando de  $10^5$  a  $10^7$  electrones por cada fotón incidente.

- **CALIBRACIÓN:** La calibración del detector de centelleo se realiza mediante la determinación precisa y expresada en número de energía (keV) de las posiciones de los fotopicos producidos por emisiones gamma conocidas (Cs-137 y Co-60).
- **RESOLUCIÓN:** Es la capacidad para distinguir dos medidas distintas que tienen un valor muy próximo (Por ejemplo, si un detector es capaz de distinguir dos fotones uno con energía de 100 keV y otro con 100,1 keV, tendrá mejor resolución que otro que no distinga fotones de 100 y 105 keV).

Se cuantifica determinando el ancho a mitad de altura de la función distribución de amplitudes de las señales para partículas ionizantes monoenergéticas y dividido por la energía del pico según la fórmula:

$$R = \text{FWHM} / E$$

R: Resolución

FWHM: Función distribución de amplitudes de las señales para partículas ionizantes monoenergéticas

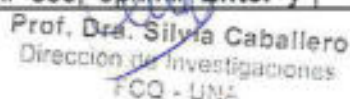
E: Energía

## 5. PROCEDIMIENTO

Nº	Procedimiento para la calibración del detector de centelleo	Responsables
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Para iniciar la calibración del detector de centelleo deberá:</li> <li>✓ Conectar el detector de centelleo al sistema eléctrico.</li> <li>✓ Verificar que la UPS se encuentre encendida.</li> <li>✓ Encender la computadora y se despliega el programa del detector de centelleo.</li> <li>✓ Oprimir en el teclado la letra <b>A</b> de <b>Acquire</b>, al oprimir ese teclado se desplegará otra pantalla donde entre otros aparece la palabra <b>Preset</b>, oprimir en el teclado la letra <b>P</b>, al oprimir esa letra aparece otra pantalla donde entre otras palabras aparece <b>Live</b>, oprimir en el teclado la letra <b>L</b>, al oprimir esta letra se despliega una pantalla donde dice <b>Preset Live Time</b>, escribir en el teclado el tiempo en segundos que se medirá (por ejemplo para un tiempo de 10 minutos escribir 600), seguido de <b>Enter</b> y dos veces <b>Esc</b>, hasta llegar a la pantalla encabezada por <b>Acquire</b>.</li> <li>✓ Oprimir en el teclado la letra <b>S</b> correspondiente a <b>Setup</b>, esto abrirá otra pantalla donde figura <b>HVPS</b>, oprimir en el teclado la letra <b>V</b>, lo cual conduce a otra pantalla donde entre otros figura la palabra <b>Level</b>, oprimir la letra <b>L</b> en el teclado, esto abre una pantalla donde permite escribir la tensión de trabajo (por ejemplo 915 V), luego de escribir eso, oprimir <b>Enter</b> y</li> </ul>	Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (TOE) y Oficial de Protección Radiológica (OPR)

  
Econ. Rafael Gómez González  
Directora de Planificación  
FCQ - UNA


  
Rafael Gómez González  
Farmacéutico UNA  
Reg. Prof. Nº 3.376

  
Prof. Dra. Silvia Caballero  
Dirección de Investigaciones  
FCQ - UNA

<b>FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – UNA</b>		Página 3 de 5	
<b>DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES</b>		Código: <b>DI- DTN 01</b>	
<b>PROCEDIMIENTO OPERACIONAL CALIBRACIÓN Y DETERMINACIÓN DE RESOLUCIÓN DEL DETECTOR DE CENTELLEO</b>			
Fecha de vigencia:	Julio 2021	Fecha de revisión:	Julio 2023
Elaborado por: Farm Rafael Gómez González Laboratorio de Técnicas Nucleares	Revisado por: Prof. Dra. Silvia Caballero Dirección de Investigaciones	Autorizado por: Prof. Lic. Cynthia Saucedo de Schupmann Decana	

	<p><b>Esc</b>, hasta llegar a la pantalla donde se encuentra la palabra <b>HVPS</b>, oprimir en el teclado la letra <b>V</b>, esto despliega una pantalla donde entre otros dice <b>On</b>, oprimir la letra <b>n</b> en el teclado, esto hace que el equipo esté listo para su funcionamiento. Oprimir <b>Esc</b> dos veces, hasta desplegar la pantalla de <b>Acquire</b>.</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Colocar sobre el detector las fuentes de <b>Cs-137</b> y <b>Co-60</b> (Cs-137 por debajo y sobre el detector y Co-60 por encima).</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Oprimir en el teclado <b>F1</b>, el equipo comenzará a medir.</li> <li>✓ Oprimir <b>F4</b> para que la lectura sea en el sistema Lineal.</li> <li>✓ Observar la formación de los espectros correspondientes al Cs-137 y Co-60.</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Con ayuda de las flechas de movimiento del teclado colocar el cursor sobre la punta del espectro del Cs-137, luego oprimir en el teclado la letra <b>C</b> correspondiente a <b>Calibrate</b>, esto abrirá una pantalla donde entre otros figura la palabra <b>Manual</b>, oprimir en el teclado la letra <b>M</b>, esto abrirá otra pantalla donde figura la palabra <b>Energía</b>, oprimir en el teclado la letra <b>E</b>, esto abre otra pantalla donde se escribe la energía correspondiente al Cs-137 que es 662 y <b>Enter</b>, ahora con ayuda de las flechas de movimiento colocar el cursor sobre el segundo de los picos del Co-60 y escribir la energía correspondiente a ese pico que es 1332, luego dos veces <b>Enter</b>, ahora colocar el cursor sobre el primer pico en el espectro de Co-60.</li> <li>✓ Si se realizó bien el calibrado la energía de ese pico debe dar 1173.</li> <li>✓ Oprimir dos veces <b>Esc</b> hasta la pantalla de <b>Acquire</b>, oprimir <b>A</b> y ahí se despliega una pantalla donde figura <b>Erase</b>, oprimir <b>E</b>, con esto se borra el espectro anterior, oprimir <b>Esc</b> para volver a <b>Acquire</b>, si se requiere utilizar el programa para un medir un nuevo espectro se coloca el material irradiado en el detector de centelleo y se oprime <b>F1</b> siguiendo el <b>POE DI-DTN 04</b>.</li> <li>✓ Por otro lado, si se desea apagar el equipo, oprimir la <b>E</b> de <b>Exit</b> que está en la pantalla de <b>Acquire</b>, donde aparece otra pantalla en la que figura <b>Y/N</b>, oprimir la letra <b>Y</b> y <b>Enter</b>, apagar la computadora.</li> <li>✓ Dejar conectado.</li> </ul>

  
Econ. Prof. Ana González Birgos  
Directora de Planificación  
FCQ - UNA

  
Rafael Gómez González  
Farmacéutico UNA  
Reg. Prof. N° 3.376

  
Prof. Dra. Silvia Caballero  
Dirección de Investigaciones  
FCQ - UNA

<b>FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – UNA</b>		Página 4 de 5	
<b>DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES</b>		Código: DI- DTN 01	
<b>PROCEDIMIENTO OPERACIONAL CALIBRACIÓN Y DETERMINACIÓN DE RESOLUCIÓN DEL DETECTOR DE CENTELLEO</b>			
Fecha de vigencia:	Julio 2021	Fecha de revisión:	Julio 2023
Elaborado por: Farm Rafael Gómez González Laboratorio de Técnicas Nucleares	Revisado por: Prof. Dra. Silvia Caballero Dirección de Investigaciones	Autorizado por: Prof. Lic. Cynthia Saucedo de Schupmann Decana	

N°	Procedimiento para determinar la resolución del detector de centelleo	Responsables
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Una vez realizada la calibración, oprimir dos veces <b>Esc</b> hasta la pantalla de <b>Acquire</b>, oprimir la letra <b>A</b>, se abre la pantalla donde figura <b>Erase</b>, oprimir la letra <b>E</b>, con lo que se borra los picos de las fuentes empleadas para la calibración.</li> <li>✓ Retirar las fuentes empleadas para la calibración.</li> <li>✓ Colocar sobre el detector la fuente de <b>Cs-137</b>.</li> <li>✓ Oprimir en el teclado <b>F1</b> y el equipo comenzará a medir.</li> <li>✓ Oprimir <b>F4</b> para que la lectura sea en el sistema Lineal.</li> <li>✓ Observar la formación del espectro correspondiente al <b>Cs-137</b>.</li> <li>✓ Una vez transcurrido el tiempo de medición colocar el cursor con ayuda de las teclas de movimiento, en la base del pico a la izquierda y marcar <b>Ctrl + L</b>, luego colocar el cursor con la ayuda de las teclas de movimiento, en la base del pico lado derecho y marcar <b>Ctrl + R</b>, oprimir la tecla <b>Esc</b>, ahora en el teclado marcar <b>C</b> de <b>Calibrate</b>, al oprimir esa tecla se abre una pantalla donde figura <b>Manual</b>, oprimir en el teclado la letra <b>M</b>, se abre otra pantalla donde figura <b>FWHM</b>, oprimir la letra <b>W</b> aparece otra pantalla donde se debe apretar <b>E</b> y <b>Enter</b>, eso nos abre una pantalla donde figura el valor de <b>Zero</b>, ese valor de <b>Zero</b> dividido la energía correspondiente a la fuente radiactiva utilizada (en este caso la energía del <b>Cs-137</b> que de acuerdo a la tabla de nucleidos es de 662) nos da el valor de la <b>Resolución</b> del detector de centelleo.</li> <li>✓ Oprimir <b>Esc</b> hasta que aparezca la pantalla de <b>Acquire</b>, en esa pantalla figura <b>Exit</b>, oprimir la <b>E</b>, se abre la pantalla donde figura <b>Y/N</b>, oprimir la <b>Y</b> y <b>Enter</b> para apagar el detector de centelleo</li> <li>✓ Retirar la fuente y apagar la computadora</li> </ul>	Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (TOE) y Oficial de Protección Radiológica (OPR)

  
Econ. Ana González Burgos  
Directora de Planificación  
FCQ-UNA

  
Rafael Gómez González  
Farmacéutico UNA  
Reg. Prof. N° 3.376

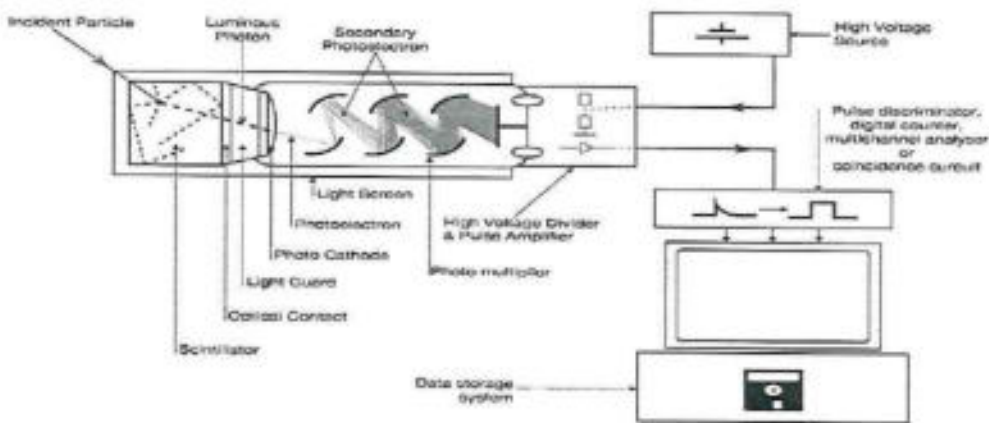
  
Prof. Dra. Silvia Caballero  
Dirección de Investigaciones  
FCQ-UNA

	<b>FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – UNA</b>		Página 5 de 5
	<b>DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES</b>		Código: <b>DI- DTN 01</b>
	<b>PROCEDIMIENTO OPERACIONAL          CALIBRACIÓN Y DETERMINACIÓN DE RESOLUCIÓN          DEL DETECTOR DE CENTELLEO</b>		
Fecha de vigencia:	Julio 2021	Fecha de revisión:	Julio 2023
Elaborado por: Farm Rafael Gómez González Laboratorio de Técnicas Nucleares	Revisado por: Prof. Dra. Silvia Caballero Dirección de Investigaciones	Autorizado por: Prof. Lic. Cynthia Saucedo de Schupmann Decana	

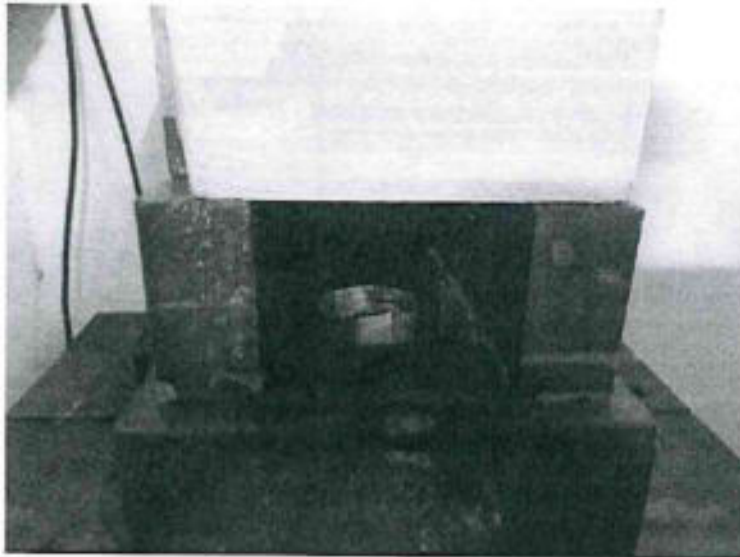
## 6. ANEXOS

### DETECTOR DE CENTELLEO:

4.



5.2



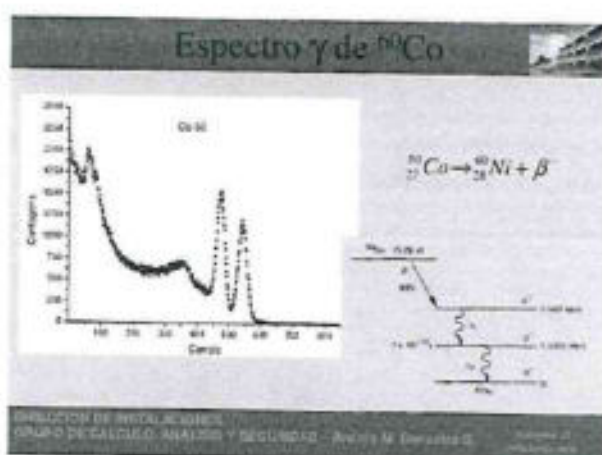
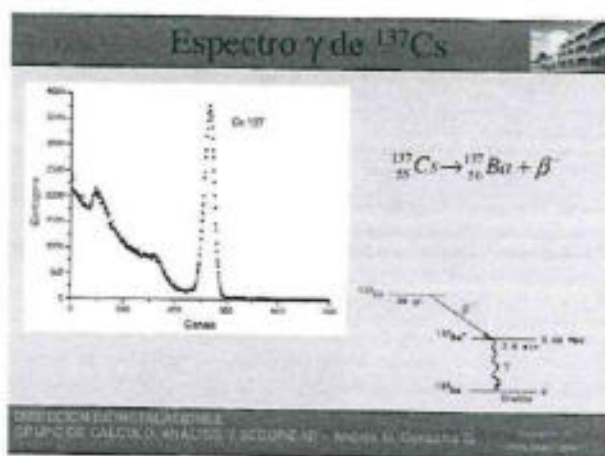
5.3

  
 Econ, Rosa González Burgos  
 Directora de Planificación  
 FCQ - UNA

  
 Rafael Gómez González  
 Farmacéutico UNA  
 Reg. Prof. N° 3.378

  
 Prof. Dra. Silvia Caballero  
 Dirección de Investigaciones  
 FCQ - UNA

<b>FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – UNA</b>		Página 6 de 5	
<b>DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES</b>		Código: <b>DI- DTN 01</b>	
<b>PROCEDIMIENTO OPERACIONAL CALIBRACIÓN Y DETERMINACIÓN DE RESOLUCIÓN DEL DETECTOR DE CENTELLEO</b>			
Fecha de vigencia:	Julio 2021	Fecha de revisión:	Julio 2023
Elaborado por: Farm Rafael Gómez González Laboratorio de Técnicas Nucleares	Revisado por: Prof. Dra. Silvia Caballero Dirección de Investigaciones	Autorizado por: Prof. Lic. Cynthia Saucedo de Schupmann Decana	




5.4



*[Signature]*  
Econ. Paola González Burgos  
Directora de Planificación  
FCQ - UNA

*[Signature]*  
Rafael Gómez González  
Farmacéutico UNA  
Reg. Prof. Nº 3.376

*[Signature]*  
Prof. Dra. Silvia Caballero  
Dirección de Investigaciones  
FCQ - UNA

	<b>FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – UNA</b>		Página 1 de 2
	<b>DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES</b>		<b>DI-DTN 02</b>
	<b>PROCEDIMIENTO OPERACIONAL USO Y LIMPIEZA BALANZA METTLER AE 200</b>		
Fecha de vigencia:	Julio 2021	Fecha de revisión:	Julio 2023
Elaborado por: Farm Rafael Gómez González Laboratorio de Técnicas Nucleares	Revisado por: Prof. Dra. Silvia Caballero Dirección de Investigaciones	Autorizado por: Prof. Lic. Cynthia Saucedo de Schupmann Decana	

## 1. OBJETIVO

Establecer el procedimiento para el uso y limpieza de balanza METTLER AE 200 del Laboratorio de Técnicas Nucleares

## 2. ALCANCE

Este procedimiento será utilizado por el Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (TOE), Oficial de Protección Radiológica (OPR) del Laboratorio de Técnicas Nucleares y otros operadores debidamente autorizados.

## 3. DOCUMENTOS RELACIONADOS:

Normativa NP-ISO/IEC 17025:2018

## 4. DEFINICIONES/NORMATIVAS

**Masa:** es la cantidad de materia de un cuerpo, es una propiedad intrínseca de los cuerpos que determina la medida de la masa inercial y de la masa gravitacional. La unidad utilizada para medir la masa en el Sistema Internacional de Unidades es el Kilogramo (Kg).

**Peso:** el peso es una magnitud vectorial que se define como la fuerza que ejerce la aceleración de la gravedad sobre una masa, ambas magnitudes son proporcionales entre sí, pero no iguales, vinculadas por el factor de aceleración de la gravedad. La unidad es el Newton (N).

## 5. PROCEDIMIENTO


N°	Procedimiento	Responsables
1	<p><b>Para el uso de la balanza se deberá:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conectar el equipo a la corriente eléctrica 30 min previo a su uso.</li> <li>✓ Verificar que la burbuja ubicada en la parte frontal derecha se encuentre centrada. En caso contrario ajustar girando las patas ubicadas en los extremos de la base del equipo.</li> <li>✓ Presionar el botón de encendido <b>MODE</b>. Esperar que se establezca el display y en la pantalla aparece 0,0000 g.</li> <li>✓ Abrir las puertas del costado o tapa de la balanza y colocar el recipiente adecuado para la pesada en el centro del plato.</li> <li>✓ Presionar el botón <b>MODE</b> y esperar hasta que aparezca 0,0000g en el display.</li> <li>✓ Colocar la sustancia a pesar en el recipiente y esperar hasta que desaparezca el punto que se encuentra a la izquierda del número.</li> <li>✓ Registrar el peso obtenido en la planilla de registro de uso de la balanza.</li> <li>✓ Retirar el recipiente que contiene la sustancia pesada.</li> <li>✓ Cerrar las puertas el costado o tapa de la balanza y presionar el botón "<b>MODE</b>" de manera a que aparezca 0,0000g en el display.</li> <li>✓ Apagar el equipo presionando de abajo hacia arriba debajo</li> </ul>	<p>Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (TOE) y Oficial de Protección Radiológica (OPR) y otros operadores debidamente autorizados</p>

  
 Econ. Rafael Gómez González Burgos  
 Director de Planificación  
 FCQ - UNA

  
 Rafael Gómez González  
 Farmacéutico UNA  
 Reg. Prof. N° 3.378

  
 Prof. Dra. Silvia Caballero  
 Dirección de Investigaciones  
 FCQ - UNA



	<b>FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – UNA</b>		Página 2 de 2
	<b>DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES</b>		<b>DI-DTN 02</b>
	<b>PROCEDIMIENTO OPERACIONAL USO Y LIMPIEZA BALANZA METTLER AE 200</b>		
Fecha de vigencia:	Julio 2021	Fecha de revisión:	Julio 2023
Elaborado por: Farm Rafael Gómez González Laboratorio de Técnicas Nucleares	Revisado por: Prof. Dra. Silvia Caballero Dirección de Investigaciones	Autorizado por: Prof. Lic. Cynthia Saucedo de Schupmann Decana	

de <b>MODE</b> y desconectar el equipo de la corriente eléctrica. <b>Limpieza de la balanza:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Con un cepillo de cerdas blandas retirar las partículas sólidas que pudiesen haber caído.</li> <li>✓ Si la sustancia a pesar se encuentra en estado líquido emplear un papel absorbente para retirarla.</li> </ul>	
---	--

## 6. ANEXOS

Balanza METTLER AE 200



  
 Eleanora González Burgos  
 Directora de Planificación  
 FCQ - UNA

  
 Rafael Gómez González  
 Farmacéutico UNA  
 Reg. Prof. N° 3.376

  
 Prof. Dra. Silvia Caballero  
 Dirección de Investigaciones  
 FCQ - UNA

	FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – UNA		Página 1 de 2
	DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES		DI-DTN 03
	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL MONITOREO DE RADIACIÓN		
Fecha de vigencia:	Julio 2021	Fecha de revisión:	Julio 2023
Elaborado por: Farm Rafael Gómez González Laboratorio de Técnicas Nucleares	Revisado por: Prof. Dra. Silvia Caballero Dirección de Investigaciones	Autorizado por: Prof. Lic. Cynthia Saucedo de Schupmann Decana	

## 1. OBJETIVO

- ✓ Diseñar un protocolo para medir la posible contaminación radiactiva que pueden incorporar los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) en el Departamento de Técnicas Nucleares.
- ✓ Proponer un esquema donde se muestre la distribución de áreas.
- ✓ Determinar los puntos donde se pueda dar una mayor concentración de radiactividad.

## 2. ALCANCE

Este procedimiento será utilizado por el Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (TOE) y el Oficial de Protección Radiológica (OPR) del Laboratorio de Técnicas Nucleares.

## 3. DOCUMENTOS RELACIONADOS:

- ✓ Internacional Atomic Energy Agency (2004). Practical Radiation Technical Manual. Vienna.
- ✓ Comisión Nacional de Energía Atómica – UNA (2000). Detección y Medida de la radiación. San Lorenzo, Paraguay.

## 4. DEFINICIONES/NORMATIVAS

**Radiación ionizante:** por su naturaleza no la podemos percibir por ninguno de nuestros sentidos, por eso es necesario el empleo de dispositivos adecuados denominados detectores de radiación. Estos dispositivos ponen en evidencia la presencia de un campo de radiaciones mediante la generación de algún tipo de señal. La detección de la radiación no se puede limitar a indicar solo su presencia, también es necesario medir la cantidad de radiación y su energía.

**Detector de Radiación:** se define como un dispositivo que convierte la energía de un campo de radiación que sobre él incide en una señal eléctrica, fotoquímica, etc., que resulte fácilmente procesable desde el punto de vista tecnológico manteniendo la información original.

**Monitoreo de Radiación:** consiste en realizar mediciones programadas en puntos específicos del lugar de trabajo. Los detectores con los que se realiza este trabajo se llaman Monitores de Radiación y estos se deben seleccionar teniendo en cuenta las condiciones específicas de la instalación.

**Responsable del Monitoreo:** El Oficial de Protección Radiológica es el responsable del Monitoreo del lugar de trabajo.

## 5. PROCEDIMIENTO

N°	Procedimiento para el monitoreo de radiación	Responsables
1	El monitoreo de radiación se realiza según mapa y planilla de sitios de monitoreo establecidos previamente y de forma simultánea con dos detectores: <b>Digilert</b> contador digital, medición de radiación en <b>cpm</b> (cuentas por minuto) y <b>RDXnuclear</b> , contador analógico, medición de radiación en <b>µSv/h</b> (micro sievert por hora). Ambos utilizan baterías alcalinas de 9 Voltios que deben ser verificadas periódicamente con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de los detectores.	Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (TOE) y Oficial de Protección

Econ. Paola González Díaz  
Directora de Planeación  
FCQ - UNA

Rafael Gómez González  
Farmacéutico UNA  
Reg. Prof. N° 3.376

Prof. Dra. Silvia Caballero  
Dirección de Investigaciones  
FCQ - UNA

	<b>FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – UNA</b>		Página 2 de 2
	<b>DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES</b>		<b>DI-DTN 03</b>
	<b>PROCEDIMIENTO OPERACIONAL MONITOREO DE RADIACIÓN</b>		
Fecha de vigencia:	Julio 2021	Fecha de revisión:	Julio 2023
Elaborado por: Farm Rafael Gómez González Laboratorio de Técnicas Nucleares	Revisado por: Prof. Dra. Silvia Caballero Dirección de Investigaciones	Autorizado por: Prof. Lic. Cynthia Saucedo de Schupmann Decana	

<p><b>Detector digital Digilert:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Para iniciar el monitoreo de radiación ubicar el detector Digilert sobre una superficie plana.</li> <li>✓ Accionar el <b>interruptor superior</b> del detector a la posición <b>Counts</b>.</li> <li>✓ Luego accionar el <b>interruptor inferior</b> a la posición <b>Count Per Minute</b>, inicia la medición de la radiación por un (1) minuto, se enciende una luz roja de manera intermitente y el equipo emite un sonido característico durante la medición de radiación.</li> <li>✓ Transcurrido el minuto de medición la pantalla del detector muestra de manera automática la cantidad de radiación medida en <b>cpm</b>.</li> </ul> <p><b>Detector analógico RDXnuclear:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Para realizar la medición con el detector RDXnuclear se debe <b>pulsar el botón de encendido</b> que se encuentra en la parte frontal durante un minuto con la ayuda de un cronómetro, para la lectura se debe observar la fluctuación de la aguja y registrar la mayor lectura obtenida durante el tiempo establecido.</li> <li>✓ Se enciende una luz roja de manera intermitente y el equipo emite un sonido característico durante la medición de radiación.</li> <li>✓ Realizar las mediciones de forma simultánea con ambos detectores en los puntos establecidos en el mapa y planilla de áreas de monitoreo.</li> <li>✓ <b>Registrar</b> las mediciones en <b>cpm</b> y <b>µSv/h</b> en la Planilla de Monitoreo que se encuentra en la Carpeta de Monitoreo de Radiación del Laboratorio, la misma debe estar firmada por el Responsable del monitoreo, el Jefe del Departamento y el Oficial de Protección Radiológica.</li> <li>✓ Una vez aprobadas las mediciones, se transcriben al Libro de Registro de Valores de Monitoreo de Radiación Tomo II.</li> </ul>	Radiológica (OPR)
---	-------------------

## 6. ANEXOS

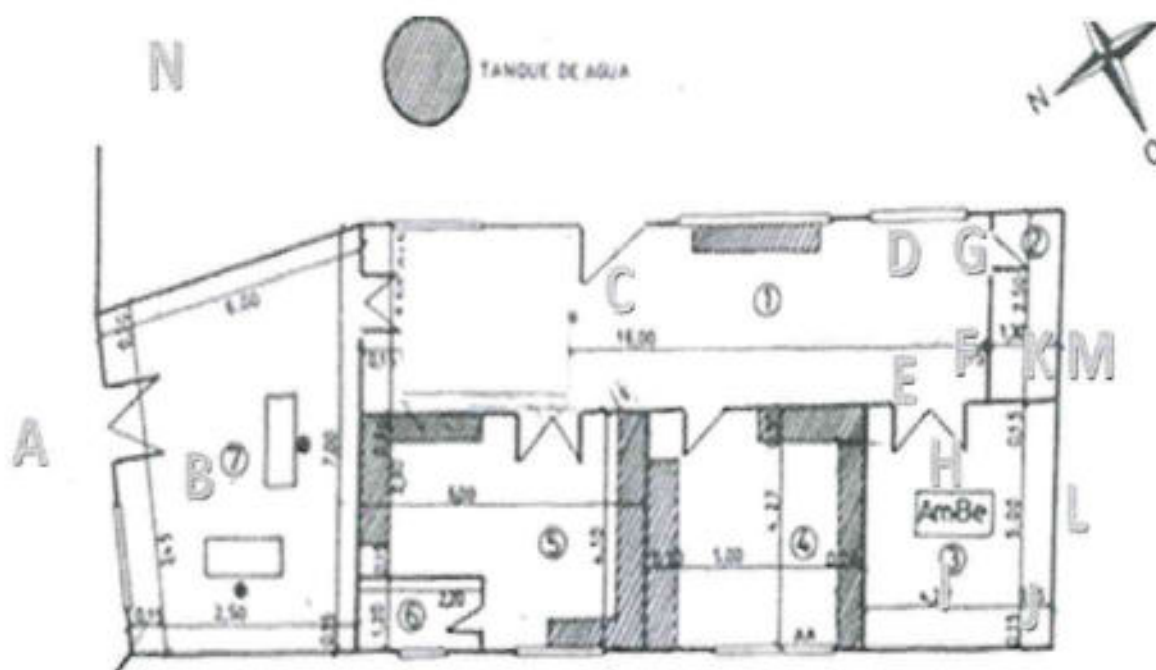
### 6.1 Mapa y planilla de distribución de áreas de monitoreo:

  
 Econ. María González Burgos  
 Directora de Planificación  
 FCQ - UNA

  
 Rafael Gómez González  
 Farmacéutico UNA  
 Reg. Prof. N° 3.376

  
 Prof. Dra. Silvia Caballero  
 Dirección de Investigaciones  
 FCQ - UNA

<b>FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – UNA</b>		Página 3 de 2	
<b>DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES</b>		<b>DI-DTN 03</b>	
<b>PROCEDIMIENTO OPERACIONAL MONITOREO DE RADIACIÓN</b>			
Fecha de vigencia:	Julio 2021	Fecha de revisión:	Julio 2023
Elaborado por: Farm Rafael Gómez González Laboratorio de Técnicas Nucleares	Revisado por: Prof. Dra. Silvia Caballero Dirección de Investigaciones	Autorizado por: Prof. Lic. Cynthia Saucedo de Schupmann Decana	



**6.2 Planilla de distribución de áreas de monitoreo:**


LUGAR	DESCRIPCIÓN	RESULTADO DE LA MEDICIÓN	
		cpm	μSv/h
A	Patio		
B	Oficina		
C	Frente a la puerta de salida al Este		
D	Frente a la caja de guantes		
E	Frente a la sala de irradiación		
F	Lado derecho-Pared del fondo		
G	Puerta del depósito		
H	1 m de la Fuente-Entrada		
	1 m de la Fuente-Lado opuesto entrada		
	Fuente Cobalto 60		
	Interior del depósito a 1 m del pozo		

Econ, Pa...  
Directora de...  
FCQ - UNA

Rafael Gómez González  
Farmacéutico UNA  
Reg. Prof. N° 3.376

Prof. Dra. Silvia Caballero  
Dirección de Investigaciones  
FCQ - UNA



	FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – UNA		Página 1 de 2
	DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES		DI-DTN 04
	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL IRRADIACIÓN EN LA FUENTE ISOTÓPICA DE NEUTRONES, DE MUESTRAS CONTENIENDO NUCLEÍDOS ESTABLES		
Fecha de vigencia:	Julio 2021	Fecha de revisión:	Julio 2023
Elaborado por: Farm. Rafael Gómez González Laboratorio de Técnicas Nucleares	Revisado por: Prof. Dra. Silvia Caballero Dirección de Investigaciones	Autorizado por: Prof. Lic. Cynthia Saucedo de Schupmann Decana	

## 1. OBJETIVO

Establecer el procedimiento a seguir para la irradiación de muestras en una fuente isotópica de neutrones produciendo la inducción de reacciones nucleares para una posterior detección, identificación y cuantificación de núcleos radiactivos midiendo el decaimiento o radiación gamma liberada con el empleo del detector de centelleo.

## 2. ALCANCE

Este procedimiento será utilizado por el Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (TOE) y el Oficial de Protección Radiológica (OPR) del Laboratorio de Técnicas Nucleares.

## 3. DOCUMENTOS RELACIONADOS:

Iturbe G, JL. 2001. Análisis por activación neutrónica. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Méjico D.F.

## 4. DEFINICIONES/NORMATIVAS:

El equipo empleado es una fuente isotópica de neutrones (Amersham International), 25 Ci ( $^{241}\text{Am}$ ) y 150 g ( $^9\text{Be}$ ), flujo de neutrones de  $5,0 \cdot 10^7 \text{ ns}^{-1}\text{cm}^{-2}$  doblemente encapsulado en un diseño anular contenido en un contenedor cilíndrico blindado de 104 cm de longitud y 127 cm de diámetro.

El detector de centelleo utilizado es de NaI de 3"x 3" y PC tarjeta multicanal Accuspec.

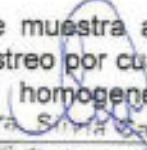
**ANÁLISIS POR ACTIVACIÓN NEUTRÓNICA:** es un método de determinación cualitativa y cuantitativa de elementos basado en la medición de la radiación característica de los radionucleidos que se forman al irradiar materiales con neutrones.

## 5. PROCEDIMIENTO

Nº	Procedimiento de irradiación en fuente isotópica	Responsables
1	<p><b>PREPARACIÓN DEL ESTÁNDAR:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Como muestra patrón se utiliza el elemento estable a ser cuantificado de pureza conocida.</li> <li>✓ Utilizando la balanza Mettler AE 200 se pesa el estándar en un vial para irradiación cargando de manera compacta sin dejar espacios de aire que podrían actuar como moderador en el proceso de irradiación.</li> </ul> <p><b>PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>SELECCIÓN DE MUESTRA:</b> La porción de muestra a ser analizada es seleccionada mediante un muestreo por cuarteo para lograr la mayor representatividad y homogeneidad posible.</li> </ul>	<p>Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (TOE) y Oficial de Protección Radiológica (OPR)</p>

  
Econ. Paula González Burgos  
Directora de Planificación  
FCQ - UNA

  
Rafael Gómez González  
Farmacéutico UNA  
Ren. Préd N° 3 372

  
Prof. Dra. Silvia Caballero  
Dirección de Investigaciones  
FCQ - UNA

<b>FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – UNA</b>		Página 2 de 2	
<b>DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES</b>		<b>DI-DTN 04</b>	
<b>PROCEDIMIENTO OPERACIONAL IRRADIACIÓN EN LA FUENTE ISOTÓPICA DE NEUTRONES, DE MUESTRAS CONTENIENDO NUCLEÍDOS ESTABLES</b>			
Fecha de vigencia:	Julio 2021	Fecha de revisión:	Julio 2023
Elaborado por: Farm. Rafael Gómez González Laboratorio de Técnicas Nucleares	Revisado por: Prof. Dra. Silvia Caballero Dirección de Investigaciones	Autorizado por: Prof. Lic. Cynthia Saucedo de Schupmann Decana	

- ✓ **SECADO DE MUESTRAS:** se procedió al secado de las muestras en estufa a 105°C por 4 horas y posteriormente se deja enfriar dentro de un desecador durante 1 hora.
- ✓ **MOLIENDA Y HOMOGENEIZACIÓN DE MUESTRAS:**  
Las condiciones de trabajo en el laboratorio deben ser adaptadas a la naturaleza de la muestra de manera a lograr la menor incorporación de humedad a la misma.  
Se utiliza una lámpara de luz infrarroja a fin de lograr un ambiente del 10% de humedad ambiental relativa, todos los materiales que estarán en contacto con la muestra son expuestos a la luz infrarroja.
- ✓ La molienda se realiza con un equipo triturador según plan analítico y posteriormente se tamiza de manera a alcanzar una muestra homogénea.
- ✓ Finalmente, se somete a un proceso de secado a 105°C por 4 horas para conseguir una reducción óptima de la humedad. Todas las muestras fueron tratadas bajo las mismas condiciones a fin de reducir el número de variables que puedan afectar al resultado.
- ✓ Pesar la muestra en un vial para irradiación y proceder de manera similar al estándar.

#### **IRRADIACIÓN EN FUENTE ISOTOPICA DE NEUTRONES**

- ✓ El detector de centelleo debe estar encendido, calibrado y establecido el tiempo de medición (**tm**) según el plan analítico.
  - ✓ Colocar el **vial del estándar** en el portamuestras de parafina (si lo que se pretende obtener es un isótopo del nucleído estable) o en el de cadmio (si lo que se pretende es un isóbaro del nucleído estable), introducir el portamuestras dentro de la abertura frontal de la fuente isotópica de neutrones, previo retiro del material de parafina que cubre el mismo e irradiar de acuerdo al tiempo establecido en el plan analítico (**ti**).
  - ✓ Transcurrido ese tiempo retirar el portamuestras sacar el vial y llevar al detector de centelleo.
  - ✓ Controlar el tiempo transcurrido desde que se retira el vial del estándar de la fuente hasta su medición en el detector de centelleo, ese tiempo corresponde al tiempo de enfriamiento (**te**).
- Oprimir **F1**, inicia la medición de la actividad del estándar, transcurrido el tiempo, el equipo detiene el conteo automáticamente, con el cursor y la tecla de movimiento marcar el inicio de la base del pico lado izquierdo oprimiendo

  
Econ. P. Gómez González  
Directora de Planificación  
ECQ-UNA

  
Rafael Gómez González  
Farmacéutico UNA  
Reg. Prof. N° 3.376

  
Prof. Dra. Silvia Caballero  
Dirección de Investigaciones  
ECQ-UNA

	FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – UNA		Página 3 de 2
	DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES		DI-DTN 04
	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL IRRADIACIÓN EN LA FUENTE ISOTÓPICA DE NEUTRONES, DE MUESTRAS CONTENIENDO NUCLEÍDOS ESTABLES		
Fecha de vigencia:	Julio 2021	Fecha de revisión:	Julio 2023
Elaborado por: Farm. Rafael Gómez González Laboratorio de Técnicas Nucleares	Revisado por: Prof. Dra. Silvia Caballero Dirección de Investigaciones	Autorizado por: Prof. Lic. Cynthia Saucedo de Schupmann Decana	

	<p><b>Ctrl + L.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Luego, llevar el cursor con las teclas de movimiento hasta el fin de la base del pico lado derecho y marcar <b>Ctrl + R.</b></li> <li>✓ En la misma página, en la parte superior derecha, se observan los valores del canal y su energía correspondientes al inicio y final de la base del pico marcado.</li> <li>✓ Ir hasta la <b>página 3</b> del programa mediante la tecla <b>Av pág</b> que está en el teclado y anotar el valor de actividad <b>Total (Tot I).</b></li> <li>✓ Con la tecla <b>Av pág</b> ir a la página 1, en la pantalla aparece <b>Erase</b>, oprimir la tecla <b>E</b> para borrar el espectro permaneciendo la marcación realizada al pico del estándar.</li> <li>✓ A continuación, se procede a la irradiación de la muestra siguiendo los mismos pasos realizados con el estándar, manteniendo <b>ti, te y tm</b> iguales al estándar.</li> <li>✓ La marcación del pico del nucleido en la muestra debe coincidir con la marcación realizada al del estándar.</li> <li>✓ Ir hasta la <b>página 3</b> del programa mediante la tecla <b>Av pág</b> que está en el teclado y anotar el valor de actividad <b>Total</b> de la muestra.</li> </ul> <p>Mediante la siguiente fórmula se obtiene el porcentaje del elemento en la muestra expresado en g/100g:</p> $m = (A_M/A_{STD}) \times (P_{STD}/P_M) \times T_{STD} \times 100g$ <p> <b>m:</b> masa del nucleído expresado en g.  <b>A<sub>M</sub>:</b> actividad del nucleído radiactivo en la muestra.  <b>A<sub>STD</sub>:</b> actividad del nucleído radiactivo en el estándar.  <b>P<sub>STD</sub>:</b> peso del estándar.  <b>P<sub>M</sub>:</b> peso de la muestra.  <b>T<sub>STD</sub>:</b> título o pureza del estándar.         </p>	
--	---	--

## 6. ANEXOS

Fuente isotópica de neutrones:

  
 Econ. Alicia González Burgos  
 Directora de Planificación  
 FCC - UNA

  
 Rafael Gómez González  
 Farmacéutico UNA  
 Reg. Prof. N° 3.376

  
 Prof. Dra. Silvia Caballero  
 Dirección de Investigaciones  
 FCC - UNA



	FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – UNA		Página 4 de 2
	DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES		DI-DTN 04
	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL IRRADIACIÓN EN LA FUENTE ISOTÓPICA DE NEUTRONES, DE MUESTRAS CONTENIENDO NUCLEÍDOS ESTABLES		
Fecha de vigencia:	Julio 2021	Fecha de revisión:	Julio 2023
Elaborado por: Farm. Rafael Gómez González Laboratorio de Técnicas Nucleares	Revisado por: Prof. Dra. Silvia Caballero Dirección de Investigaciones	Autorizado por: Prof. Lic. Cynthia Saucedo de Schupmann Decana	




**Detector de centelleo:**



*[Signature]*  
Econ. Rosa González Burgos  
Directora de Planificación  
FCQ - UNA

*[Signature]*  
Rafael Gómez González  
Farmacéutico UNA  
Reg. Prof. Nº 3.378

*[Signature]*  
Prof. Dra. Silvia Caballero  
Dirección de Investigaciones  
FCQ - UNA

	FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – UNA		Página 1 de 1
	DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES		DI-DTN 05
	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL UTILIZACION DE LA MUFLA Heraeus INSTRUMENTS		
Fecha de vigencia:	Julio 2021	Fecha de revisión:	Julio 2023
Elaborado por: Farm Rafael Gómez González Laboratorio de Técnicas Nucleares	Revisado por: Prof. Dra. Silvia Caballero Dirección de Investigaciones	Autorizado por: Prof. Lic Cynthia Saucedo de Schupmann Decana	

### 1. OBJETIVO

Establecer el Procedimiento para la utilización de la mufla Heraeus INSTRUMENTS del Departamento de Técnicas Nucleares.

### 2. ALCANCE

Este procedimiento será utilizado por el Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (TOE), Oficial de Protección Radiológica (OPR) del Laboratorio de Técnicas Nucleares y otros operadores debidamente autorizados.

### 3. DOCUMENTOS RELACIONADOS:

N.A.

### 4. DEFINICIONES/NORMATIVAS:

**Mufla:** es un equipo que funciona a elevadas temperaturas compuesto de una cámara cerrada cubierta por material refractario que permite una entrega de calor uniforme al interior alcanzando temperaturas de hasta 1.000°C.

**Calcinación:** es el proceso de elevar la temperatura de una sustancia para provocar la descomposición térmica o un cambio de estado en su constitución física o química.

### 5. PROCEDIMIENTO

Nº	Procedimiento para el monitoreo de radiación	Responsables
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Con el selector de temperatura de trabajo establecer la temperatura a la cual se desea realizar la calcinación de acuerdo al plan analítico.</li> <li>✓ Con el selector de temperatura del termostato de seguridad, establecer la temperatura de corte en caso de una elevación no deseada de temperatura.</li> <li>✓ Conectar el sistema a la corriente eléctrica y encender la mufla con la perilla de encendido/apagado y luego oprimir el botón de encendido que se encuentra debajo del selector de temperatura del termostato de seguridad a fin de iniciar el proceso de calcinación.</li> <li>✓ Abrir la puerta frontal de la mufla y con ayuda de una pinza introducir los crisoles con las muestras a ser calcinadas.</li> <li>✓ Controlar el aumento de temperatura en el visor frontal con rango de 0 a 1200 ° C.</li> <li>✓ El tiempo de calcinación de la muestra es variable de acuerdo</li> </ul>	<p>Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (TOE) y Oficial de Protección Radiológica (OPR) y otros operadores debidamente autorizados.</p>

Econ. Pablo González Burgos  
Director de Planificación  
FCQ - UNA

Rafael Gómez González  
Farmacéutico UNA  
Reg. Prof. N° 3.376

Prof. Dra. Silvia Caballero  
Dirección de Investigaciones  
FCQ - UNA

	<b>FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – UNA</b>		Página 2 de 1
	<b>DEPARTAMENTO DE TÉCNICAS NUCLEARES</b>		<b>DI-DTN 05</b>
	<b>PROCEDIMIENTO OPERACIONAL UTILIZACION DE LA MUFLA Heraeus INSTRUMENTS</b>		
Fecha de vigencia:	Julio 2021	Fecha de revisión:	Julio 2023
Elaborado por: Farm Rafael Gómez González Laboratorio de Técnicas Nucleares	Revisado por: Prof. Dra. Silvia Caballero Dirección de Investigaciones	Autorizado por: Prof. Lic Cynthia Saucedo de Schupmann Decana	

	<p>al plan analítico.</p> <p>✓ Una vez cumplido el tiempo de trabajo apagar la mufla con la perilla de encendido/apagado, abrir la puerta frontal y retirar las muestras con pinzas.</p>	
--	--	--



*Econ. Paola González Burgos*  
Directora de Planificación  
FCQ - UNA

*Rafael Gómez González*  
Farmacéutico UNA  
Reg. Prof. N° 3.376

*Prof. Dra. Silvia Caballero*  
Dirección de Investigaciones  
FCQ - UNA