

ACTIVIDADES DEL LABORATORIO DE DOSIMETRÍA FÍSICA DE LA AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR

Discacciatti, A.; Carelli, J.; Menchaca, I.; Ferrufino, G.; Reyes, M.; Astrada, R.

Autoridad Regulatoria Nuclear

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es presentar las actividades que desarrolla el Laboratorio de Dosimetría Física (LDF) de la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN).

El LDF está formado por el Laboratorio de Calibración (LC) y el Laboratorio de Dosimetría por Termoluminiscencia (LDT). En el LC se realizan las calibraciones de los equipos portátiles de medición de dosis de la ARN para radiación alfa, beta, gamma y neutrones. Para ello cuenta con fuentes calibradas en tasa de dosis (^{137}Cs para gamma y ^{252}Cf , ^{252}Cf moderado y $^{241}\text{AmBe}$ para neutrones) y en actividad superficial (^{241}Am , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{90}Sr , ^{90}Y , ^{137}Cs y ^{60}Co). Este laboratorio se encuentra acreditado frente al Organismo Argentino de Acreditación (OAA) desde el año 2008 bajo la norma ISO 17025^[1].

En el LDT se realiza la dosimetría personal de los agentes de la ARN, de los inspectores del Organismo Internacional de Energía Atómica y de la Agencia Brasileño-Argentina de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares y a los participantes de las carreras de especialización en Protección Radiológica y Seguridad Nuclear que se dictan en la ARN. El LDT Realiza el monitoreo ambiental de la Central Nuclear Atucha, de la Central Nuclear Embalse y de los centros atómicos Bariloche y Ezeiza, ubicados en la Argentina, con el objetivo de evaluar la tasa de dosis efectiva gamma. El LDT se encuentra en la etapa final de acreditación bajo de la norma ISO 17025^[1].

El LDF es organizador de intercomparaciones de dosimetría personal y de campo para neutrones y para fotones (estas últimas son coorganizadas junto con la Comisión Nacional de Energía Atómica). El LDF además participa en las tareas de mediciones y evaluaciones de campos de radiación en el medio ambiente y en ambientes laborales en el marco de la protección radiológica de las centrales nucleares y en conjunto con cuerpo de inspectores en las instalaciones reguladas por la ARN.

1. INTRODUCCIÓN

El Laboratorio de Dosimetría Física (LDF) pertenece a la Subgerencia Mediciones en Seguridad Radiológica de la Gerencia de Apoyo Científico Técnico de la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) y se encuentra ubicado en el Centro Atómico Ezeiza (CAE) en la República Argentina. La misión principal del LDF es la medición de la dosis de radiación por métodos físicos. En el LDF funciona el Laboratorio de Calibración (LC) y el Laboratorio de Dosimetría por Termoluminiscencia (LDT). En el LC se realizan las calibraciones de los detectores de dosis portátiles para fotones y neutrones, las calibraciones de los detectores de contaminación superficial y la medición de campos de radiación en instalaciones reguladas por la ARN (para radiación beta, gamma y neutrones). En el LDT se realiza la dosimetría personal de los agentes

de la ARN. El LDF además lleva a cabo intercomparaciones de dosimetría personal y de área para fotones y neutrones, la capacitación de los agentes de la ARN en el área dosimetría física y el dictado de clases en los cursos de posgrado de la ARN. La estructura del LDF se presenta en la Figura 1.

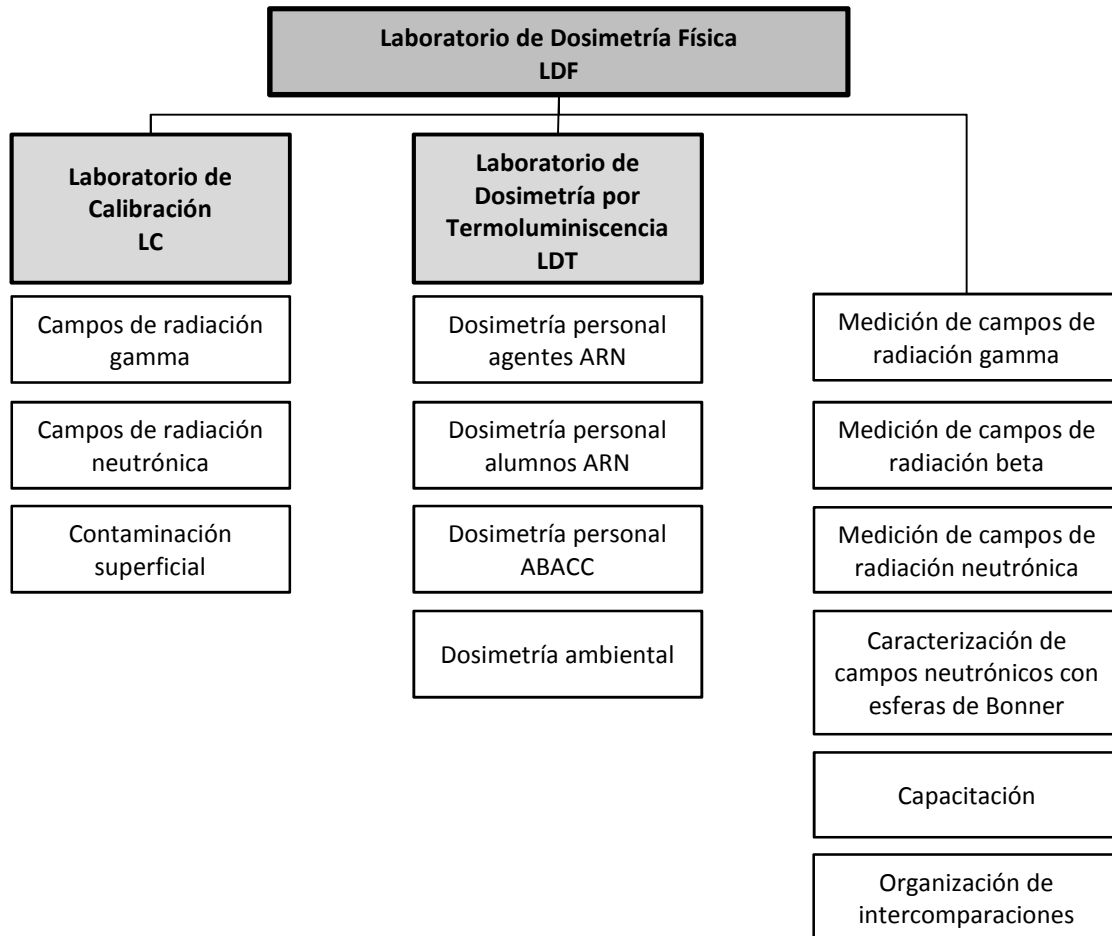


Figura 1: Estructura del LDF.

2. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN (LC)

2.1 Alcance

Los métodos de calibración empleados están descriptos en el documento IAEA SRS 16 [2]. El LC tiene el siguiente alcance:

- ✓ Calibraciones de equipos de medición de campos de radiación gamma con ^{137}Cs , en un rango de tasa de dosis comprendido entre 16 mSv/h y 0,04 mSv/h para las magnitudes kerma en aire, equivalente de dosis personal, equivalente de dosis ambiental y exposición.
- ✓ Calibración de equipos de medición de campos de radiación neutrónica con fuentes de $^{241}\text{Am-Be}$, ^{252}Cf y ^{252}Cf -moderado en los rango de dosis establecidos en la Tabla 1 para la magnitudes equivalente de dosis personal y equivalente de dosis ambiental.
- ✓ Calibración de los equipos de medición de contaminación superficial para radiación alfa, beta y gamma para los radionucleidos establecidos en la Tabla 2.

En la Figura 2 se ilustran las fuentes de calibración superficiales del LC. En la Figura 3 se muestra el número de equipos calibrados por el LC en los últimos 4 años y en las Tablas 3, 4 y 5 se detallan los equipos que se calibraron. Los usuarios principales son los agentes de la ARN, sin embargo, también se realizan calibraciones para entidades oficiales como Prefectura Naval Argentina y la Policía Federal de acuerdo al convenio de cooperación vigente suscrito con fecha 30 de Diciembre de 1997.

Tabla 1: Rango de tasa de $H^*(10)$ de las fuentes de neutrones utilizadas en el LC

| Fuente | Rango de tasa de equivalente de dosis ambiental, $H^*(10)$ (al 11/07/2013) |
|--|--|
| ^{252}Cf | 1 mSv/h – 50 $\mu\text{Sv/h}$ |
| $^{252}\text{Cf} + \text{D}_2\text{O}$ | 300 $\mu\text{Sv/h}$ – 10 $\mu\text{Sv/h}$ |
| $^{241}\text{Am-Be}$ | 300 $\mu\text{Sv/h}$ – 10 $\mu\text{Sv/h}$ |

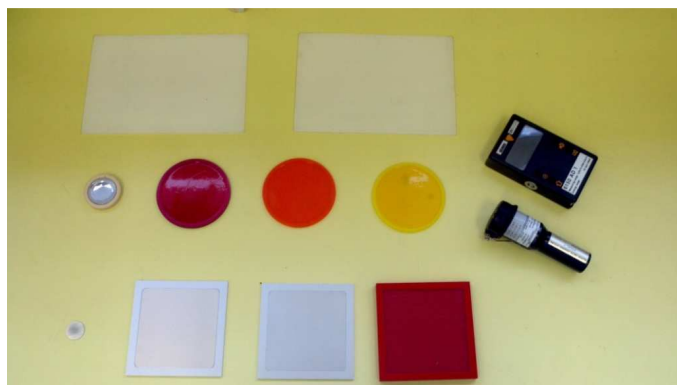


Figura 2: Fuentes superficiales del LC

Tabla 2: Fuentes superficiales de calibración del LC

| Radionucleido | Fabricante | Forma y dimensión | Actividad superficial (al 10/02/15) [Bq · cm ⁻²] | Emisividad superficial (al 10/02/15) [s ⁻¹ · cm ⁻²] |
|----------------------------------|--|---------------------------------------|--|--|
| ²⁴¹ Am | Comisión Nacional de Energía Atómica | Plana rectangular 294 cm ² | no calibrada en actividad | 3,4 (alfa) |
| ²⁴¹ Am | Laboratoire de Metrologie des Rayonnements Ionisants | Plana circular 5,1 cm ² | 61 | 30 (alfa) |
| ²⁴¹ Am | Eckert & Ziegler | Plana circular 4,6 cm ² | 665 | 289 (alfa) |
| ¹⁴ C | Laboratoire de Metrologie des Rayonnements Ionisants | Plana circular 62,2 cm ² | 1067 | 49 (beta) |
| ¹⁴ C | Eckert & Ziegler | Plana rectangular 100 cm ² | 36 | 14 (beta) |
| ³⁶ Cl | Laboratoire de Metrologie des Rayonnements Ionisants | Plana circular 62,2 cm ² | 248 | 50 (beta) |
| ³⁶ Cl | Eckert & Ziegler | Plana rectangular 100 cm ² | 32 | 20 (beta) |
| ⁹⁰ Sr ⁹⁰ Y | Comisión Nacional de Energía Atómica | Plana rectangular 294 cm ² | no calibrada en actividad | 7,2 (beta) |
| ⁹⁰ Sr ⁹⁰ Y | Laboratoire de Metrologie des Rayonnements Ionisants | Plana circular 62,2 cm ² | 95 | 25 (beta) |
| ⁹⁰ Sr ⁹⁰ Y | Eckert & Ziegler | Plana rectangular 100 cm ² | 26 | 30 (beta) |
| ¹³⁷ Cs | Eckert & Ziegler | Plana rectangular 100 cm ² | 88 | - |
| ¹³⁷ Cs | Laboratoire de Metrologie des Rayonnements Ionisants | Plana circular 62,2 cm ² | 218 | - |
| ¹³⁷ Cs | Laboratoire de Metrologie des Rayonnements Ionisants | Plana circular 62,2 cm ² | 5 | - |
| ⁶⁰ Co | Eckert & Ziegler | Plana rectangular 100 cm ² | 31 | - |

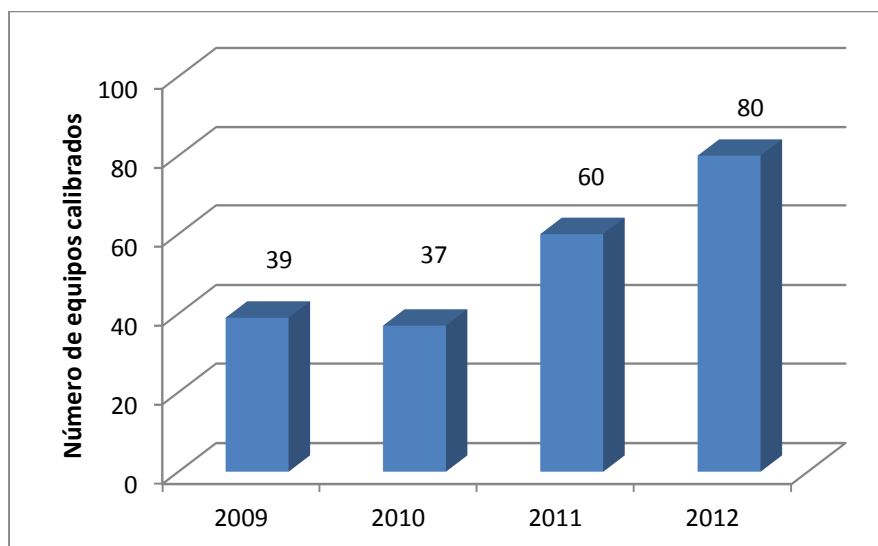


Figura 3: Número de equipos calibrados en el LC en los últimos 4 años.

Tabla 3: Equipos de tasa de dosis gamma calibrados en el LC

| Marca | Modelo |
|-------------------|---------------------|
| Automess | 6150AD1 |
| | 6150AD3 |
| | 6150AD5, /H |
| | 6150AD15, /H |
| | 6150AD18 |
| | 6150AD-b/H |
| | Teletector 6112B |
| Canberra | Babyline 81 |
| | Inspector 1000 |
| | ADM300SI |
| Thermo Scientific | Identifinder |
| | RadEye B20-ER |
| | RadEye G-10 |
| | Interceptor GNid +C |
| | EPD MK2+ |
| Graetz | Telescope Probe |
| | Telescope Probe DE |
| | X5C Plus |
| | X5DE |
| Inovision | 451P-RYR |
| Rados | RAD-60R |
| XRF | ICS-4000 |
| Bicron | SWGGM |

Tabla 4: Equipos de contaminación superficial calibrados en el LC

| Marca | Modelo |
|-------------------|----------------------|
| Automess | 6150AD17 6150AD-k |
| Thermo Scientific | RadEye AB100 |
| Canberra | AP100 |
| Bicron | A50 AB50 B50 |

Tabla 5: Equipos de tasa de dosis neutrónica calibrados en el LC

| Marca | Modelo |
|-------------------|-----------|
| Thermo Scientific | Swendi-II |
| Ludlum | 12-4 |
| Berthold | LB 6411 |

2.2 Calibración de detectores de campos de radiación

La calibración de un equipo de medición de dosis (debida a radiación gamma o neutrónica) consiste esencialmente en la irradiación del mismo con una dosis o tasa de dosis conocida, el registro de la lectura del equipo y el cálculo de la respuesta, R con la expresión (1).

$$R = \frac{(M - M_0)}{Ref. e^{-\lambda t}} \quad (1)$$

Donde R es la respuesta, M es la lectura del equipo con la fuente expuesta, M_0 es la lectura del equipo del fondo, $Ref.$ es el valor de referencia de la magnitud en la que se quiere calibrar, λ es la constante de decaimiento del radionucleido utilizado y t el tiempo transcurrido entre la calibración de la fuente y la calibración del equipo.

2.3 Calibración de detectores de contaminación superficial

La calibración de un equipo de medición de contaminación superficial consiste en la exposición del detector a una fuente de calibración cuya emisividad superficial (las partículas que emite por unidad de tiempo y de área) es conocida, el registro de la lectura del equipo y el cálculo del factor de calibración, F con la expresión (2). Estas mediciones se realizan a una distancia especificada con la ayuda de un set de separadores que permiten montar el conjunto que se ilustra en la Figura 4.

$$F = \frac{Ref. e^{-\lambda t}}{(M - M_0)} \quad (2)$$

Donde F es el factor de calibración, M es la lectura del equipo con la fuente expuesta, M_0 es la lectura del equipo del fondo, $Ref.$ es el valor de referencia de la magnitud en la que se quiere calibrar, λ es la constante de decaimiento del radionucleido utilizado y t el tiempo transcurrido entre la calibración de la fuente y la calibración del equipo.

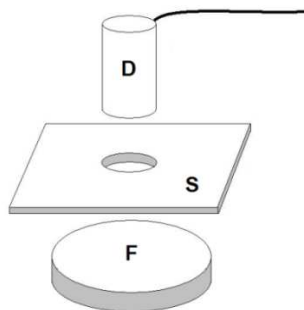


Figura 4: Conjunto Fuente (F) – Separador (S) – Detector (D).

3. LABORATORIO DE DOSIMETRÍA POR TERMOLUMINISCENCIA (LDT)

3.1 Introducción

La principal tarea del LDT es la de realizar la dosimetría personal de los agentes de la ARN. También realiza la dosimetría personal de los inspectores de ABACC y del OIEA que efectúan visitas periódicas en el CAE, como así también a los participantes en las diferentes especializaciones y cursos de protección radiológica y seguridad nuclear que se dictan en las instalaciones de la ARN.

En lo que respecta a la dosimetría personal, el LDT posee el equipamiento y competencias necesarias para evaluar las siguientes magnitudes de protección radiológica:

- Dosis equivalente personal de fotones $H_p(10)$
- Dosis equivalente personal de neutrones $H_p(10)$
- Dosis equivalente en extremidades $H_p(0.07)$

Otra de las funciones del LDT es la de efectuar la dosimetría ambiental alrededor de las instalaciones nucleares que se encuentran en el país, con el fin de evaluar la tasa de dosis efectiva. Dicha dosimetría se efectúa en las siguientes instalaciones:

- Centro Atómico Ezeiza
- Centro Atómico Bariloche
- Central Nuclear Embalse
- Central Nuclear Atucha I

3.2 Equipamiento e Insumos

Dosímetro Termoluminiscente (TLD)

El TLD es ampliamente utilizado para el monitoreo individual rutinario de la radiación externa y su funcionamiento se basa en el fenómeno de excitación producido por las partículas secundarias generadas por la radiación ionizante. Cuando la radiación incide sobre estos materiales algunos átomos de la red cristalina resultan excitados y no se desexcitan espontáneamente, sino que los electrones que fueron desalojados de sus órbitas quedan retenidos en niveles energéticos metaestables conocidos como “trampas” y la cantidad de estas trampas es directamente proporcional a la dosis de radiación recibida por el TLD. Los TLD son detectores pasivos e integradores que permiten realizar la determinación de dosis y discriminar las componentes de distintos campos de radiación.

El LDT utiliza detectores termoluminiscentes fabricados por la empresa THERMO, los cuales son conocidos comercialmente como TLD 700, TLD 600 y TLD 200. En la tabla 6 se detalla las características de los mismos. El material del TLD's puede encontrarse en diferentes formas y tamaños, como se observa en la Figura 5.

Tabla 6: Detectores termoluminiscentes utilizados por el LDT

| Tld | Material | Aplicación | Tamaño (pastilla) |
|---------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| TLD 700 | $^7\text{LiF:Mg,Ti}$ | Dosimetría gamma | 3.2mm x 3.2 mm x 0.89 mm |
| TLD 600 | $^6\text{LiF:Mg,Ti}$ | Dosimetría de neutrones | 3.2mm x 3.2 mm x 0.89 mm |
| TLD 200 | $\text{CaF}_2\text{:Dy}$ | Dosimetría ambiental | 3.2mm x 3.2 mm x 0.89 mm |

Lector de TLD

Es el instrumento empleado para calentar el TLD y para leer la información que este último proporciona. En la Figura 5 se presenta un diseño general del equipo. El TLD es colocado en una plancheta, a temperatura ambiente, que luego es calentado y la luz emitida por el TLD es captada por un tubo fotomultiplicador (FM). La muestra debe ser calentada por un circuito resistivo, por un gas inerte (N_2) caliente, o por un haz electromagnético intenso emitido por alguna lámpara o por cualquier otro medio.

El LDT posee dos lectoras de TLD marca THERMO, modelo HARSHAW 3500 (Figura 5), las cuales leen TLD's en forma de pastilla individualmente y utiliza nitrógeno para enfriar la plancheta una vez que se ha completado el ciclo de calentamiento. Debido a que el insumo Nitrógeno es esencial para asegurar una correcta lectura de los detectores, el mismo posee una pureza mayor al 99.995 %, cumpliendo así con los requerimientos del fabricante del lector.

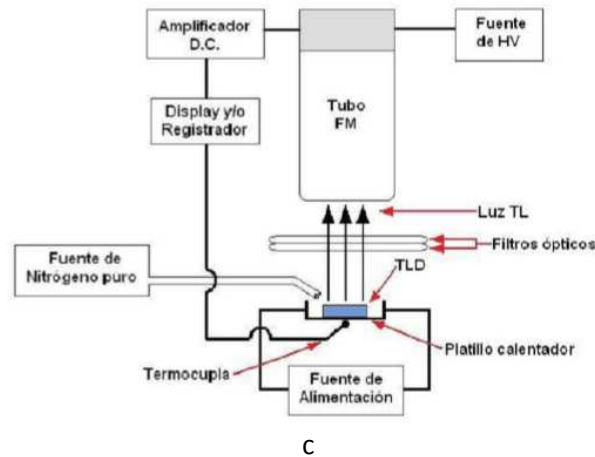


Figura 5: a- Diferentes formatos de TLD's; b- Equipo lector de TLD Harshaw 3500 y c- Esquema general de un equipo lector de TLD.

Fuente de irradiación

En primer lugar, antes de comenzar a utilizar los TLDs, se verifica la homogeneidad de los mismos bajo condiciones de irradiación de referencia. Este procedimiento se denomina *caracterización* de los TLDs. Este procedimiento de caracterización consiste en analizar la respuesta individual de cada cristal. A partir de tales datos se calculan los *coeficientes de corrección del elemento (ECC)*. Los ECC's serán utilizados posteriormente para realizar el cálculo de la dosimetría personal. Para la caracterización se utiliza una fuente de ^{137}Cs (Figura 5) que emite radiación gamma de 662 keV. La misma es trazable a patrones primarios.

La fuente de irradiación también se utiliza para calcular el Factor de Calibración del Lector (RCF en inglés) de TLD, el propósito de calibrar el lector es encontrar una relación entre la carga eléctrica obtenida en la medición directa del TLD y el valor de dosis al que fue irradiado. El RCF se calcula con la expresión (3).

$$RCF = \frac{\langle Q \rangle}{L} \quad (3)$$

Donde RCF es la respuesta del lector y $\langle Q \rangle$ es el valor medio de la carga leída de los dosímetros de calibración expuestos a una cantidad de radiación L .

Una vez caracterizado los TLD's y calibrado el lector, el software de lectura (se utiliza el WINREMS) calcula la dosis equivalente mediante la expresión (4).

$$H_p = \left(\frac{ECC * C}{RCF} \right) - F \quad (4)$$

Donde H_p es el equivalente de dosis; C es la lectura del dosímetro de campo; ECC es el coeficiente de corrección del TLD; RCF es el factor de calibración del lector y F es el valor de la dosis ambiental

Todas las calibraciones con la fuente de irradiación se realizan con los correspondientes fantomas ISO (Figura 5), tanto para dosis equivalente personal $H_p(10)$ como dosis equivalente en extremidades $H_p(0.07)$.

Horno mufla

Como parte del proceso de lectura y preparación de los dosímetros personales, el LDT, siguiendo las recomendaciones del fabricante de los TLDs, utiliza 2 hornos muflas (Figura 6) para “poner en cero” los detectores, con el objetivo de borrar toda señal residual que puede haber quedado en ellos después del proceso de lectura en el equipo Lector.

Estos equipos son calibrados periódicamente para asegurar la confiabilidad de los mismos, en las temperaturas de 100°C y 400 °C, que son las temperaturas recomendadas por el fabricante para el borrado de los TLDs.

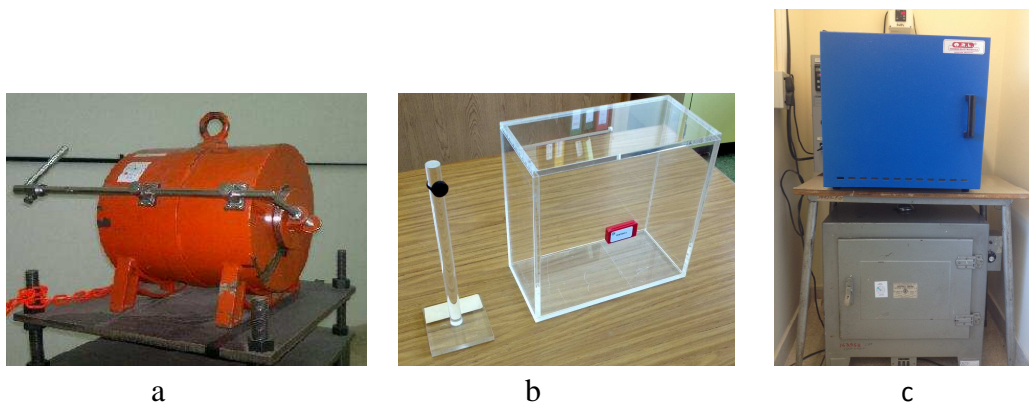


Figura 6: a- Fuente de irradiación de 137-Cs; b- Fantomas de irradiación ISO y c- Hornos mufla del LDT

4. MEDICIÓN DE CAMPOS DE RADIACIÓN

El LDF participa en las tareas de medición y evaluación de campos de radiación fotónica, electrónica y neutrónica en el marco de la protección radiológica de las centrales nucleares y demás instalaciones reguladas. Estas evaluaciones abarcan al público, a los trabajadores profesionalmente expuestos y al ambiente de trabajo. Para ello posee un conjunto de equipos portátiles de medición de dosis, de tasa de dosis y de flujo de partículas. En la Tabla 6 se detalla el equipamiento del LDF para realizar las mediciones de dosis. Estos equipos se ilustran en la Figura 7.

Entre las prácticas reguladas por la ARN se encuentran la medicina nuclear, la tomografía por emisión de positrones, la radioterapia con aceleradores lineales de electrones y con bombas de cobalto, la gammagrafía industrial, el uso industrial de fuentes, las actividades de producción en instalaciones clase I y la actividad nuclear en general. En todas ellas se realiza una evaluación de la dosis debida a radiación gamma, beta y neutrónica con el objeto de verificar el grado de cumplimiento de los requerimientos de la ARN.

Tabla 6: Equipos portátiles utilizados por el LDF

| Marca | Modelo | Aplicación |
|----------|----------------|--|
| CANBERRA | BABYLINE 81 | Dosis gamma |
| CANBERRA | INSPECTOR 1000 | Dosis gamma Neutrones Espectrometría gamma |
| AUTOMESS | 6150AD1 | Dosis gamma |
| AUTOMESS | 6150AD3 | Dosis gamma |
| AUTOMESS | 6150AD5/H | Dosis gamma |
| AUTOMESS | 6150AD-15/H | Dosis gamma |
| AUTOMESS | 6150AD-18/H | Dosis gamma |
| AUTOMESS | 6150AD-b/H | Dosis gamma |
| BERTHOLD | 6411 B | Dosis Neutrones |
| AUTOMESS | 6150AD-k | Contaminación superficial |
| AUTOMESS | 6150AD-17 | Contaminación superficial |



Figura 7: a- Automes 6150; b- Automes 6150 con sonda Automes 6150AD17; c- Automes 6150 con sonda Automes 6150AD18; d- Automes 6150 con sonda Automes 6150AD 15; e- Automes 6150 con sonda Automes 6150AD-k; f- Automes 6150 con sonda Automes 6150AD-b; g- Canberra Babyline 81; h- Berthold 6411 B e i- Canberra Inspector 1000.

Las mediciones se llevan a cabo en términos de tasa equivalente de dosis ambiental, $H^*(10)$, y la evaluación de dosis se realiza considerando los factores de uso y de ocupación. La dosimetría de campos gamma se realiza con detectores como el Automes 6150AD, Canberra Babyline 81, Canberra Inspector 1000, etc. La dosimetría beta se realiza con las sondas de flujo de partículas, como la Automes 6150AD17 o Automes 6150AD-k y la utilización de factores dosimétricos, de uso y de ocupación. En el caso de la dosimetría de neutrones se emplean los detectores Berthold LB 6411, SWENDI-2 y NM-2. También se utiliza el sistema de esferas de Bonner para determinar los espectros de tasa de fluencia de neutrones.

5. SISTEMA DE CALIDAD

Como parte del aseguramiento de la calidad, el LDF participa en intercomparaciones en forma rutinaria.

El Laboratorio de Calibración se encuentra acreditado por el Organismo Argentino de Acreditación bajo la norma IRAM 301 (ISO 17025). El alcance de la acreditación es para calibraciones de detectores de campos de radiación gamma y de contaminación superficial (Figura 8).

El Laboratorio de Dosimetría por Termoluminiscencia se encuentra en la fase final de acreditación bajo la norma IRAM 301 (ISO 17025) para la determinación del equivalente de dosis personal $H_p(10)$ para fotones. Como parte de las tareas de implementación de esta norma, el LDT participa desde hace algunos años en las intercomparaciones realizadas por el grupo europeo EURADOS (ASOCIACIÓN PARA EL FOMENTO DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO Y LA COOPERACIÓN EUROPEA EN EL ÁMBITO DE LA DOSIMETRÍA DE LA RADIACIÓN IONIZANTE) para la magnitud en proceso de acreditación.



Figura 8: Certificado de acreditación del LDF para su Laboratorio de Calibración

6. ORGANIZACIÓN DE INTERCOMPARACIONES

6.1 Dosimetría personal

El LDF organiza junto con el Centro Regional de Referencia para Dosimetría de la Comisión Nacional de Energía Atómica intercomparaciones de dosimetría personal de fotones para equivalente de dosis personal $H_p(10)$ desde el año 1997. En este ejercicio de intercomparación participan todas las empresas privadas inscriptas en los registros del Ministerio de Salud de la Nación, que prestan servicio de dosimetría personal en el ámbito de nuestro país. También participan todos los laboratorios de organismos oficiales, provinciales y nacionales, que prestan servicio de dosimetría personal a sus trabajadores ocupacionalmente expuestos a las radiaciones ionizantes. Además, se cuenta con la participación de laboratorios de Latinoamérica. El objetivo de este ejercicio de intercomparación es proporcionar una herramienta objetiva para evaluar la capacidad de los servicios de dosimetría personal.

Las energías de irradiación en el último ejercicio de intercomparación son las siguientes:

- Radiación Gamma: Cs-137 y Co-60

El criterio de aceptación para un valor de dosis es el propuesto en la Norma IRAM-ISO 14146:2002 [3] y se expresa con la ecuación (5).

$$\frac{1}{1.5} \left(1 - \frac{2 H_0}{H_0 + H_r}\right) \leq \frac{H_m}{H_r} \leq 1.5 \left(1 + \frac{H_0}{2 H_0 + H_r}\right) \quad (5)$$

Donde H_r es el valor de dosis verdadero convencional; H_m es el resultado informado por cada laboratorio participante y H_0 es el límite inferior de respuesta a dosis del sistema participante. Se consideran como válidos los resultados informados incluidos dentro de los límites establecidos por la expresión (5).

En la Figura 9 se presentan los resultados correspondientes al último ejercicio de intercomparación efectuado en el año 2013.

Intercomparación de dosímetros personales - 2013

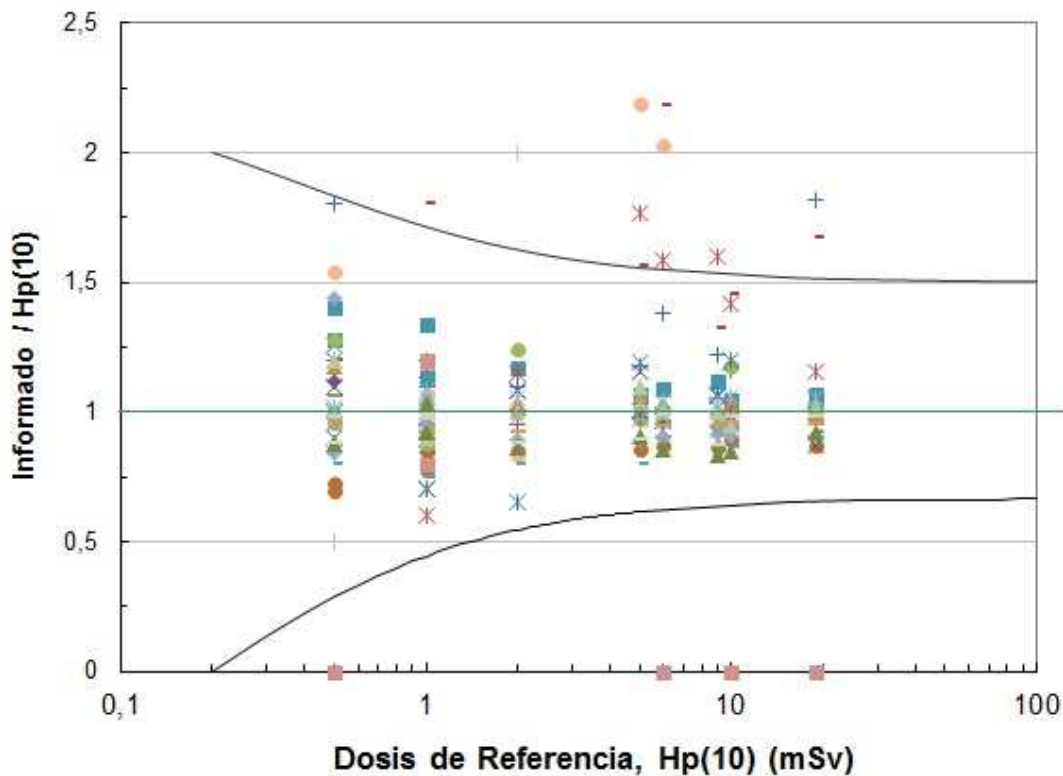


Figura 9: Resultados del ejercicio de intercomparación organizado por LDF – ARN y el CRRD - CNEA en el año 2013

6.2 Dosimetría de neutrones

Durante el año 2014 el LDF, a través del Laboratorio de Neutrones, organizó la Segunda Intercomparación Nacional de Dosímetros Personales de Neutrones. Las fuentes de neutrones seleccionadas fueron las estándar ISO ^{252}Cf ; ^{252}Cf -moderado en agua pesada y $^{241}\text{Am-Be}$. Fueron invitados a participar los servicios de dosimetría nacionales incluyendo a las centrales nucleares de potencia, a un laboratorio de la República de Colombia y al servicio de dosimetría de la misma ARN. Las irradiaciones fueron realizadas siguiendo los requerimientos de la norma ISO 8529. Se evaluaron los resultados conforme al documento IAEA Safety Guide Nro. RS-G-1.3, encontrando que el 33% de los servicios de dosimetría personal de neutrones son aceptables.

La magnitud a evaluar fue la equivalente de dosis personal Hp(10) de neutrones. En la tabla 7 se detallan las dosis entregadas y en la figura 10 el resumen de resultados.

Tabla 7: Fuentes y dosis Hp(10) de neutrones entregadas en la intercomparación

| Calidad | Hp(10) de neutrones [mSv] | | |
|--|---------------------------|------|-----|
| ^{252}Cf | 1,1 | 1,9 | 3 |
| $^{252}\text{Cf} + \text{D}_2\text{O} + \text{Cd}$ | 0,7 | 0,95 | 1,2 |
| $^{241}\text{Am-Be}$ | 0,6 | 1 | 1,4 |

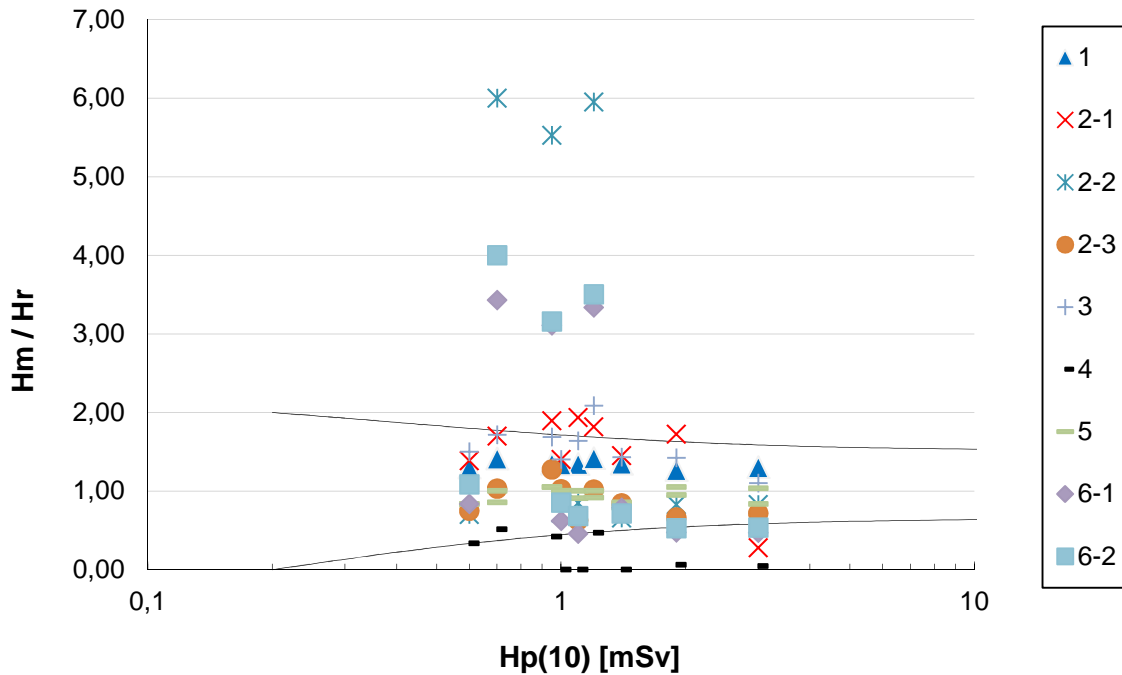


Figura 10: Respuestas de los participantes en todos los campos neutrónicos

7. CONCLUSIONES

El Laboratorio de Dosimetría Física (LDF), perteneciente a la Gerencia de Apoyo Científico de la Autoridad Regulatoria Nuclear tiene como función la medición de la dosis de radiación mediante métodos físicos. Para ello posee el personal y el equipamiento necesario para la determinación de los campos de radiación gamma, beta, neutrónica y la evaluación de la contaminación superficial. En el LDF funciona el Laboratorio de Calibración (LC) y el Laboratorio de Dosimetría por Termoluminiscencia (LDT). En el LC se realizan las calibraciones de los detectores de dosis portátiles para fotones y neutrones y las calibraciones de los detectores de contaminación superficial. Los métodos de calibración empleados están descritos en el documento IAEA SRS 16 ^[2]. En el LDT se realiza la dosimetría personal de los agentes de la ARN y la dosimetría ambiental alrededor de las instalaciones nucleares que se

encuentran en el país. El LDF participa en las mediciones y evaluaciones de campos de radiación en instalaciones reguladas por la ARN (para radiación beta, gamma y neutrones). El LDF participa en el sistema de calidad de la Gerencia de Apoyo Científico con la acreditación bajo la norma ISO 17025 del LC y la implementación bajo la misma norma en el LDT.

8. REFERENCIAS

- [1] Norma IRAM 301:2005 (ISO/IEC 17025:2005), Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
- [2] IAEA Safety Report Series N°16, Calibration of radiation protection monitoring instrument (2000).
- [3] ISO 14146:2002 “Criterios y Límites de desempeño para la Evaluación periódica de laboratorios de servicio de Dosimetría personal para radiación X y Gamma”.