



Laboratorios de la ARN

La ARN cuenta con laboratorios e instalaciones ubicadas en el Centro Atómico Ezeiza, partido de Ezeiza, Provincia de Buenos Aires y en su Sede Central que le permiten efectuar mediciones y determinaciones necesarias para cumplir con su función regulatoria. Las principales tareas llevadas a cabo en esta área son:

- Desarrollar sistemas de medición de dosis que permitan establecer el cumplimiento de niveles apropiados de protección de las personas.
- Determinar la presencia de radionucleidos en el ambiente, alimentos y otras matrices biológicas.
- Participar en la verificación del cumplimiento del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares.
- Realizar la vigilancia radiológica ambiental en los alrededores de instalaciones nucleares y radiactivas del país.
- Evaluar, a través de dosímetros físicos y biológicos, situaciones de sobreexposición accidental.
- Asesorar sobre la conducta médica a seguir en caso de accidente por radiación.
- Efectuar estudios sobre los efectos biológicos de las radiaciones.
- Realizar estudios sobre transferencia de radionucleidos en el ambiente para ser luego utilizados en modelos de evaluación de dosis en el público.
- Realizar desarrollos electrónicos en hardware y software como soporte a distintas tareas regulatorias.

Para el desarrollo de estas tareas la ARN cuenta con:

- Laboratorio de dosimetría física compuesto por:
 - ▢ Laboratorio de dosimetría termoluminiscente.
 - ▢ Laboratorio de desarrollo de técnicas dosimétricas.
 - ▢ Sala de calibraciones.
- Laboratorios de radiopatología y dosimetría biológica formados por:
 - ▢ Sala de microscopía.
 - ▢ Laboratorio para técnicas de hibridación.
 - ▢ Salas de cultivos celulares.
 - ▢ Laboratorios de mediciones.
- Laboratorios de mediciones:
 - ▢ Contador de cuerpo entero.
 - ▢ Laboratorio de medición por espectrometría gamma.
 - ▢ Laboratorio de medición por espectrometría alfa y medición de actividad alfa y beta total.
 - ▢ Laboratorios de medición de actividad con bajo fondo de radiación.

- Laboratorios radioquímicos:
 - └ Laboratorio para el análisis de muestras con altas actividades
 - └ Laboratorio para el análisis de muestras con bajas actividades
 - └ Laboratorio para el análisis de muestras con actividades intermedias
 - └ Laboratorio para medición de estroncio 90
 - └ Laboratorio para medición de tritio
 - └ Laboratorio para medición de uranio y radio
- Laboratorio de detección de uranio con fines de salvaguardias
- Laboratorio de detección de yodo 129
- Laboratorio de medición de radón
- Laboratorio de procesamiento de muestras ambientales
- Laboratorio de evaluación de la contaminación interna

A continuación se describen las principales tareas rutinarias y de desarrollo llevadas a cabo en los laboratorios de la ARN.

La medición por medios físicos de las dosis recibidas por los trabajadores en las diferentes instalaciones y prácticas con radiaciones ionizantes permite realizar evaluaciones respecto de la seguridad radiológica de dichas instalaciones.

Los especialistas en dosimetría física tienen la función de prestar su asistencia técnica en evaluaciones dosimétricas específicas requeridas por los grupos involucrados en las inspecciones regulatorias. Para cumplir con esta función cuentan con laboratorios y equipamiento, además de técnicas y sistemas de medición, que deben mantener operativos con la precisión y la exactitud adecuadas. El desarrollo de nuevas técnicas y procedimientos hace posible una realización más eficiente de las tareas de apoyo regulatorio.

Las instalaciones con que cuenta el grupo de especialistas en dosimetría física son:

- Laboratorio de calibración de detectores sensibles a radiación gamma compuesto por:
 - └ Recinto para irradiación con sistema de visión remota.
 - └ Fuente de cesio 137 utilizada como patrón terciario.
 - └ Banco de calibración para detectores personales y de campo.
 - └ Maniqués para calibraciones en función de la dosis equivalente personal y dosis en extremidades.
 - └ Maniquí antropomorfo Rando-Alderson.
 - └ Maniquí para auditar la dosimetría en los haces de radiación en prácticas de teleterapia.
- Laboratorio de calibración de detectores de contaminación superficial beta-gamma y alfa-gamma compuesto por:
 - └ Banco de calibración.
 - └ Fuentes superficiales de calibración de: cloro 36, carbono 14, estroncio 90, itrio 90, americio 241 y cesio 137.

DOSIMETRÍA FÍSICA

Simulación de un estudio tomográfico: evaluación dosimétrica



- Laboratorio de calibración de detectores sensibles a radiación de neutrones compuesto por:
 - ▢ Banco de calibración
 - ▢ Fuentes calibradas de americio-berilio y californio 252.
 - ▢ Maniqués para calibraciones en función de la dosis equivalente personal.
 - ▢ Sistema multiesfera con detectores de helio y/o con dosímetros TLD de Li7 y Li6, rémetro y un sistema basado en detectores de helio para mediciones con fines de salvaguardias.
 - ▢ Dispositivo para estudiar efectos de retrodispersión.
- Laboratorio de dosimetría termoluminiscente (TLD) que cuenta con:
 - ▢ Detectores para medir radiación gamma, neutrónica y beta.
 - ▢ Sistemas lectores de TLD asistidos por computadora.
 - ▢ Horno y mufla para tratamientos térmicos.
- Laboratorio de dosimetría por trazas nucleares compuesto por:
 - ▢ Sistema de procesamiento de material sensible (CR-39).
 - ▢ Horno para revelado del material.

Verificación de un equipo detector de neutrones

Los principales servicios y tareas de apoyo a los grupos regulatorios llevados a cabo por el grupo de dosimetría física están relacionados con los siguientes temas:

- ▢ Dosimetría personal y ambiental
- ▢ Calibración de dispositivos de medición de neutrones
- ▢ Verificación de equipos para detección de radiación
- ▢ Dosimetría de accidentes
- ▢ Organización del programa nacional de intercomparación de dosimetría personal

DOSIMETRÍA BIOLÓGICA

La Dosimetría Biológica tiene como objetivo la estimación de la dosis absorbida por individuos sobreexpuestos a las radiaciones ionizantes, tanto provenientes de fuentes naturales como de aquellas producidas por el hombre, utilizando muestras extraídas del mismo organismo y procesadas por distintas metodologías. Esta dosimetría complementa a las dosimetrías física y clínica y, en ciertos casos, por falta de registros físicos de la dosis o por imprecisa reconstrucción del escenario de sobreexposición, constituye la única evaluación posible.

El blanco primario de las radiaciones ionizantes es la macromolécula de ADN (ácido desoxirribonucleico) que constituye el material genético de todos los organismos vivos, contenido en el núcleo celular. El ADN está organizado en "paquetes" discretos denominados cromosomas que pueden ser visualizados y estudiados sólo durante la división celular. El paso de una traza ionizante, a través del núcleo, induce rupturas cromosómicas cuya ilegítima reunión, mediante las enzimas de reparación celular, da origen a las llamadas aberraciones cromosómicas y sus derivados citoplasmáticos, los micronúcleos.

La Dosimetría Biológica, basada en la cuantificación de aberraciones cromosómicas inestables (dicéntricos y anillos) es el método de rutina más ampliamente utilizado, desde la década de 1960, en la evaluación dosimétrica de las sobreexposiciones accidentales. La experiencia de su aplicación en cientos de casos de pre-

sunta o confirmada sobreexposición, ha probado el valor de este método y también ha definido sus limitaciones.

La ISO (International Organization for Standardization) editó recientemente la norma 19238 "Criterio de desempeño para los laboratorios que realizan dosimetría biológica mediante técnicas citogenéticas" cuyo objetivo es proveer los criterios de garantía de calidad y control de calidad, evaluación del desempeño y la acreditación de la dosimetría biológica para los laboratorios de servicio de dosimetría citogenética. El laboratorio de dosimetría biológica de la ARN ha participado en la discusión y votación de esta norma.

6

El objetivo del laboratorio de dosimetría biológica de la ARN es asegurar la disponibilidad de dosímetros e indicadores biológicos confiables para la evaluación de distintos escenarios de sobreexposición: individuales y a gran escala, cuando la dosimetría es inmediata o retrospectiva, para diferentes calidades de radiación y diferentes volúmenes del cuerpo involucrados en la sobreexposición.

El hecho de que existan distintos escenarios de sobreexposición hace que se requiera la utilización de diferentes tipos de dosímetros citogenéticos. En todos los casos, las muestras biológicas obtenidas para efectuar la dosimetría son de sangre periférica. A partir de ellas se efectúan cultivos celulares a fin de obtener una población representativa de un tipo celular, los linfocitos, que expresan el daño cromosómico radioinducido durante la división celular. La estimación biológica de la dosis se basa en el recuento de aberraciones cromosómicas radioinducidas. La dosis media es determinada a partir de la frecuencia observada, utilizando curvas dosis-efecto realizadas para distintas calidades de radiación.

El Laboratorio de Dosimetría Biológica cuenta con la infraestructura necesaria para la aplicación de las distintas técnicas que conforman en la actualidad la dosimetría citogenética (técnica citogenética convencional, micronúcleos, bandeó-G y FISH-Hibridación in situ por fluorescencia), así como para realizar tareas de desarrollo de nuevos dosímetros basados en el daño radioinducido del material genético y estudios de investigación básica en el campo de la radiobiología, tendientes a aportar datos acerca de los mecanismos de producción de dicho daño.

Con el fin de implementar nuevos dosímetros biológicos, mejorar la aplicación de aquellos corrientemente en uso y efectuar desarrollos tendientes a ampliar la capacidad de respuesta del laboratorio, se trabaja en:

- Dosimetría citogenética convencional.
- Dosimetría citogenética para evaluaciones retrospectivas.
- Evaluación de sobreexposiciones inhomogéneas.
- Estudios sobre eficiencia biológica relativa.
- Estudios de radiosensibilidad individual a las radiaciones ionizantes y su influencia en las estimaciones dosimétricas.
- Integración a los lineamientos del estándar internacional ISO 19238.



Análisis cromosómico por microscopía óptica

Para desarrollar sus tareas el Laboratorio de Dosimetría Biológica dispone de:

Sala de cultivo equipada con flujo laminar donde se realiza la preparación de los cultivos celulares en condiciones estériles. Esta sala cuenta con estufa de cultivo gaseada, garantizando condiciones controladas de temperatura, humedad y gases.

Sala de microscopía donde se hallan instalados cuatro microscopios ópticos, binoculares y con equipamiento fotográfico o cámaras para adquisición de imágenes por video.

Laboratorio acondicionado para la realización de técnicas de hibridación, con temperatura controlada y limitación de radiación ultravioleta, equipado con microcentrífugas, baños termostatzados, cubas de electroforesis horizontal y microscopía de epifluorescencia.

La utilización de material radiactivo en actividades del ciclo de combustible nuclear, de la industria y la medicina, expone a los trabajadores y a las personas del público al riesgo de incorporación de radionucleidos, ya sea por inhalación, ingestión o a través de la piel sana o por heridas. La determinación de la cantidad incorporada de ese material radiactivo es parte esencial en la evaluación dosimétrica. Para la estimación de la contaminación interna, se analiza la actividad retenida y/o excretada para determinar la dosis recibida por los diferentes órganos y tejidos. La estimación dosimétrica se basa en mediciones directas de todo el cuerpo, de órganos o de heridas o en el resultado de métodos indirectos, mediante los cuales se realiza la determinación de radionucleidos en excretas o en el ambiente de los lugares de trabajo.

Los especialistas en esta área asesoran a: a) Inspectores de la ARN; b) Médicos especialistas en radiopatología y c) Responsables de las áreas controladas por la ARN.

Se evalúan diferentes casos partiendo de un esquema que se sustenta en tres partes: la interpretación de las mediciones provenientes de los monitoreos, la selección de los modelos biocinéticos más adecuados para cada caso en particular y la aplicación de los softwares disponibles para el cálculo de la incorporación y de la dosis efectiva. Se cuenta con los siguientes códigos de cálculo: LUDEP (Lung Dose Evaluation Program), desarrollado por NRPB; CINDY (Code for Internal Dosimetry), de Canberra; IVBDOC (Intra-vascular brachiterapy dosimetry comparison); MIRDose para radiofármacos, estos últimos desarrollados en Oak Ridge.

Los diferentes casos de evaluación provienen de:

Trabajadores

Evaluación de dosis en los trabajadores de la industria nuclear y de la medicina nuclear.

Miembros del público

Evaluación de dosis en miembros del público debidas a actividades desarrolladas en distintas prácticas.

Pacientes

Se requiere la adaptación del modelo estándar de acuerdo a las alteraciones metabólicas que presente el paciente en cada caso.

RADIOPATOLOGÍA

La ARN debe dar respuesta a pedidos de asesoramiento médico en el ámbito de las exposiciones ocupacionales y a consultas relacionadas con evaluaciones individuales en trabajadores con antecedentes patológicos o enfermedades en curso que podrían modificar los riesgos asociados a la exposición a la radiación y estimación de la probabilidad de causación. Este tipo de asesoramiento, en general, es solicitado en el marco de pericias judiciales, con el objeto de determinar la posible asociación causal entre una determinada patología y el antecedente de exposición a las radiaciones ionizantes. Se responde a consultas sobre exposiciones médicas, realizando la evaluación clínica de pacientes que presentan lesiones presuntamente radioinducidas como secuelas de prácticas médicas, derivados por distintos servicios hospitalarios.

La ARN mantiene estrechos contactos con el Hospital Saint Louis, el Instituto Curie y el Instituto de Radioprotección y Seguridad (París, Francia) y promueve la interacción con grupos de América Latina con el objeto de mantener un sistema de cooperación regional en radiopatología que permita: a) mejorar la calidad de la atención de pacientes sobreexposados, b) lograr un consenso de

critérios diagnósticos y terapéuticos y c) optimizar los recursos disponibles en función de los intereses de la región.

En el Laboratorio de Radiopatología trabaja en efectos de la irradiación prenatal, indicadores en el estudio de subpoblación HLA-G:

Las irradiaciones prenatales constituyen el motivo más frecuente de consulta médica especializada, en el ámbito de la radiopatología. La incerteza acerca del conocimiento del estado de gravidez, así como la enorme importancia que revisten los métodos radiológicos de diagnóstico en la práctica médica, hacen que haya casos de irradiaciones intraútero, de los cuales sólo una minoría son comunicados. Entre los efectos generados por irradiaciones prenatales, los que conciernen al sistema nervioso central en desarrollo, pueden dar lugar a la generación de retraso mental severo, como consecuencia de ciertas dosis administradas en los momentos de máxima sensibilidad. El sistema nervioso central es particularmente vulnerable a la acción de las radiaciones durante la vida prenatal, con un momento de máxima radiosensibilidad entre las semanas 8 y 15 de edad gestacional.

Con el objeto de estudiar los mecanismos de producción de daño y su correlación con la dosis, se reproducen experimentalmente condiciones de irradiación accidental del sistema nervioso central en desarrollo. El objetivo es testear diferentes hipótesis relacionadas con los mecanismos de producción de daño, así como los umbrales de dosis asociados a los distintos efectos. Además, se ensayan fármacos radioprotectores que operan a distintos niveles, con el fin de revertir los efectos observados.

Se trabaja con un modelo animal de irradiación intrauterina realizándose:

- Cultivo de células precursoras del sistema nervioso central.
- Evaluación de especies activas del oxígeno y del hidrógeno.
- Estudio de los mecanismos involucrados en la apoptosis radioinducida.

También se estudia la expresión de genes involucrados en la apoptosis por una técnica de amplificación del ADN (PCR reversa). El objetivo es verificar si un grupo de genes asociados a la muerte cerebral programada se expresa a través de la producción del ácido ribonucleico mensajero.

Frente a una situación accidental, en la que se presume la existencia de individuos sobreexpuestos a radiaciones ionizantes, la estimación temprana de las dosis involucradas constituye un paso esencial e indispensable, previo a la toma de decisiones relacionadas con la conducta terapéutica. Junto a la dosimetría física y a la evaluación clínica temprana, el desarrollo de indicadores biológicos constituye una prioridad para la estimación de la dosis absorbida y el establecimiento de criterios diagnósticos y pronósticos.

Con el objeto de disponer de dosímetros e indicadores biológicos que permitan la estimación temprana del rango de dosis absorbida, y la capacidad de los sistemas de responder al daño, se llevan a cabo:

Efectos de la irradiación prenatal



Estudio de alteraciones radioinducidas en cultivos celulares

Indicadores diagnósticos y pronósticos

Estudio de subpoblaciones HLA-G en condiciones de posirradiación

LABORATORIOS RADIOQUÍMICOS



Procesamiento de muestras para la determinación de uranio

- Estudio de los efectos radioinducidos en subpoblaciones linfocitarias.
- Evaluación de indicadores diagnósticos y pronósticos aplicables a irradiaciones localizadas.
- Determinación del índice de madurez reticulocitaria.

De acuerdo a un Convenio con el CEA (Comisión de Energía Atómica Francesa) se realizan estudios del comportamiento de células relacionadas con Antígenos Mayores de Histocompatibilidad de tipo G. Se testea la hipótesis de que las Radiaciones ionizantes pueden modular la expresión de estas moléculas especiales de histocompatibilidad en ciertas células hematopoyéticas, lo cual podría tener importancia en el comportamiento radionducido de tumores.

En los laboratorios de análisis radioquímicos se procesan muestras provenientes de los monitoreos ambientales y muestras obtenidas durante las inspecciones, evaluaciones y auditorías llevadas a cabo por personal de la ARN en el desarrollo de su función regulatoria.

Se analizan muestras de distintos tipos, entre ellas: aguas, suelos, sedimentos, vegetales, filtros (muestras de aire y sweep-tests), muestras biológicas (orinas, heces y soplidos nasales) y alimentos de diferentes tipos constitutivos de la dieta. En dichas muestras, según los requerimientos, se determinan uranio natural, uranio enriquecido, plutonio, americio, curio, neptunio, radio, torio, tritio, fósforo 32, estroncio 90 y actividad alfa y beta total.

Dada la necesidad de analizar muestras de diversos orígenes, con actividades muy variables y requerimientos muy diferentes en sus procesamientos, fue necesario implementar laboratorios de análisis radioquímicos independientes, contando cada uno de ellos con su correspondiente equipamiento, servicios, materiales y reactivos. La función de cada uno de los laboratorios se describe a continuación.

- Laboratorio destinado al análisis de muestras con actividades elevadas, utilizado también para desarrollos radioquímicos. Este laboratorio cuenta con campanas de extracción y muflas para mineralización por vía seca.
- Laboratorio para el análisis de muestras con actividades intermedias y para el procesamiento de muestras provenientes de los monitoreos radiológicos ambientales en los alrededores de los complejos minero fabriles de uranio. Este laboratorio dispone de un equipo de fusión a 1100°C, para la determinación de uranio por fluorimetría, campanas de extracción y placas calefactoras para mineralización por vía húmeda.
- Laboratorio para el procesamiento de muestras ambientales con muy baja actividad donde, además, se procesan las muestras correspondientes a las intercalibraciones. Este laboratorio cuenta con campanas de extracción, columnas de separación utilizando resinas de intercambio iónico y sistemas para electrodepositar muestras.
- Laboratorio para el acondicionamiento y procesamiento de muestras provenientes del monitoreo radiológico ambiental. En este laboratorio también se procesan las muestras correspondientes al estudio de radionucleidos naturales en la dieta. Cuenta con muflas hasta 1300°C, equipos de molienda y homogeneizado de cenizas y una prensa mecánica par la fabricación de pastillas.

- Laboratorio para el análisis de tritio: cuenta con equipos de destilación y un sistema de concentración de tritio a través de electrólisis alcalina.
- Laboratorio para el análisis de estroncio 90: dispone de equipamiento para el procesamiento de muestras ambientales y para realizar técnicas extractivas.
- Laboratorio para el análisis de uranio y radio en muestras ambientales.

Las tareas llevadas a cabo en dichos laboratorios son:

- Determinación de uranio, plutonio y americio en muestras provenientes de instalaciones nucleares
- Determinación de uranio y radio en aguas y sedimentos de origen ambiental
- Determinación de tritio en muestras ambientales y de instalaciones nucleares
- Determinación de emisores alfa y beta en efluentes líquidos y en residuos radiactivos
- Determinación de tritio y carbono 14 en efluentes gaseosos
- Determinación de estroncio 90 en muestras ambientales y de instalaciones nucleares
- Desarrollo y optimización de técnicas radioquímicas

Los laboratorios radioquímicos y de mediciones participan regularmente en intercomparaciones para la determinación de radionucleidos en muestras naturales organizadas por el Laboratorio de Mediciones Ambientales (EML) del Departamento de Energía de EE. UU. y por el OIEA.

Para la medición de distintos tipos de exposiciones a la radiación, se dispone de las siguientes instalaciones y laboratorios:

Este laboratorio está destinado a la medición directa de la contaminación interna de emisores gamma. Dispone de los siguientes sistemas:

- Un recinto blindado con camilla articulada, equipado con dos detectores de INa(Tl), que se utiliza para mediciones rutinarias y no rutinarias de emisores gamma de energía superior a 100 keV.
- Un recinto blindado de bajo fondo con camilla articulada, equipado con:
 - └ a) Detector de INa(Tl) y un detector de germanio hiperpuro (GeHp) de 100% de eficiencia, que es utilizado en mediciones especiales donde se requiere alta resolución, alta eficiencia o medición sobre un órgano particular.
 - └ b) Cuatro detectores de germanio hiperpuro (Ge Hp) destinado a la medición de contaminación interna debida a uranio.

LABORATORIOS DE MEDICIONES DE RADIACIÓN

Contador de todo el cuerpo



Contador de todo el cuerpo para mediciones específicas

Laboratorio de medición por espectrometría gamma

- Un sistema transportable parcialmente blindado, apto para mediciones en distintas instalaciones o situaciones accidentales, equipado con un detector de INa(Tl) blindado y un colimador.
- Un sistema para la medición de yodo 131 en tiroides equipado con un detector de INa(Tl).

Para llevar a cabo las mediciones por espectrometría gamma se cuenta con las siguientes instalaciones:

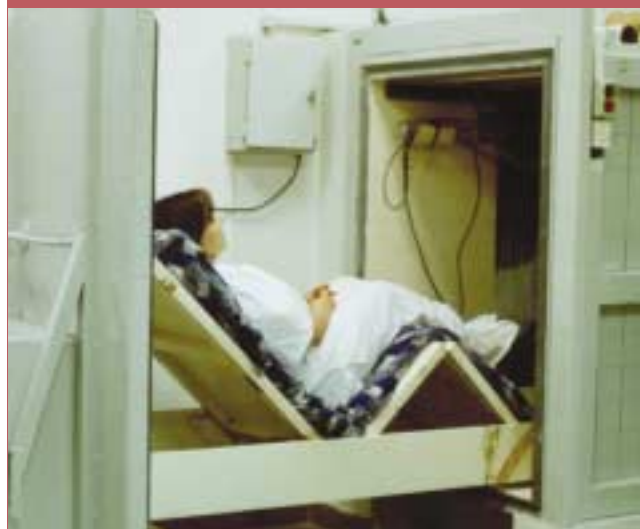
- Un laboratorio equipado con dos sistemas de medición con detectores de GeHp, donde se analizan muestras recolectadas por los grupos operativos durante las inspecciones y muestras cuya actividad excede los niveles ambientales.
- Un laboratorio con cuatro sistemas de medición de bajo fondo, en el que se miden las muestras correspondientes al programa de monitoreo ambiental, las muestras del programa de intercalibración y otras, que por su nivel de actividad puedan ser medidas sin riesgo de contaminación de los detectores y blindajes.
- Un laboratorio con condiciones ambientales controladas, que cuenta con dos sistemas de bajo fondo para mediciones que requieren una alta eficiencia geométrica, contándose además con un detector planar para medición de radiación x y gamma de hasta 200 keV.

En este laboratorio se realizan mediciones en el marco de inspecciones, auditorías y estudios ambientales realizados por la ARN.

Laboratorio de medición por espectrometría alfa y medición de actividad alfa y beta total

Para la realización de estas tareas, el sector cuenta con:

- Un laboratorio equipado con:
 - └ Cuatro sistemas para medición por espectrometría alfa, con un total de 24 cámaras de vacío, para mediciones simultáneas.
 - └ Dos equipos de medición por centelleo líquido, contando ambos equipos con sistemas de discriminación alfa/beta por forma de pulso, para reducción del fondo en mediciones de muy baja actividad.
 - └ Un contador automático para mediciones de actividad alfa y beta total.
 - └ Un conjunto de 20 cámaras para mediciones de actividad alfa total por centelleo sólido.
- Un laboratorio con condiciones ambientales controladas para mediciones de muestras de muy baja actividad equipado con:
 - └ Un sistema de muy bajo fondo para medición de actividad beta total.
 - └ Un contador manual de bajo fondo para mediciones de actividades alfa y beta total.
 - └ Un sistema de 16 cámaras de vacío, para realizar espectrometría alfa de muy bajo fondo.



Contador de todo el cuerpo para mediciones rutinarias

En estos laboratorios se realizan las mediciones de todas las muestras provenientes de los diferentes proyectos y actividades de la ARN.

El laboratorio de ensayos de filtros cuenta con un túnel de viento y un banco de pruebas de filtros. El sistema es utilizado para la determinación de eficiencias de retención en filtros absolutos calidad HEPA, utilizados por las instalaciones, principalmente para retener sustancias radiactivas reduciendo su descarga al ambiente. También, se realiza la verificación de la retención de gases radiactivos (yodo 131 y xenón 133) en lechos de carbón activado. El conducto que tiene 10 metros de longitud y 35 cm de diámetro cuenta con un generador de aerosoles de testeo (DOP) para el cálculo de eficiencia. El sistema tiene control de humedad y temperatura a través de sensores adecuados y se puede variar el caudal para el ensayo de diferentes tipos de filtros. Además, la instalación cuenta con anemómetros, termómetros, caudalímetros y medidores de tamaños de aerosoles con tecnología láser. Se dispone de un taller para el desarrollo y armado de prototipos especiales.

Los especialistas en determinación de eficiencia de filtros actúan a demanda de los grupos de inspección, con el objeto de auditar el correcto funcionamiento de los filtros existentes en las diferentes instalaciones relevantes.

Con el objeto de detectar actividades no declaradas, de enriquecimiento de uranio o reprocesamiento de elementos combustibles, se hallan operativas técnicas para la detección de radionucleidos contenidos en muestras ambientales tomadas en los alrededores de instalaciones nucleares.

Las técnicas para la determinación de la composición isotópica de uranio en muestras ambientales requieren un proceso sumamente minucioso debido a que, la presencia de uranio natural en el material de vidrio usado en laboratorio y la presencia del mismo en el ambiente, actúan como interferentes. Las muestras, luego de ser tratadas en el laboratorio, son medidas por espectrometría de masas.

Se realizan ejercicios para la determinación de la masa y de la composición isotópica de uranio en hojas de duraznero, participándose en ejercicios de intercomparación, organizado por la Comunidad Europea, para la determinación de la composición isotópica de uranio en muestras líquidas.

El yodo 129 que se halla en la atmósfera tiene dos orígenes: natural, debido a la reacción del xenón con la radiación cósmica en las altas capas de la atmósfera y artificial, producido por la fisión espontánea del uranio en reactores nucleares. Durante la operación normal de una central nuclear, se libera al medio ambiente yodo 129 y en mayor magnitud durante el reprocesamiento químico de los elementos combustibles irradiados, al ser cortados para la recuperación del uranio no quemado y el plutonio generado. La medición de yodo 129 en el ambiente, en áreas circundantes a instalaciones nucleares, permitiría detectar actividades no declaradas de reprocesamiento.

LABORATORIO DE ENSAYOS DE FILTROS



Banco de prueba de filtros

TÉCNICAS DE DETECCIÓN DE ACTIVIDADES NUCLEARES NO DECLARADAS

Técnica para la detección de uranio en muestras ambientales

Técnica para la determinación de yodo 129

CENTRO DE ESPECTROMETRÍA DE MASAS CON ACELERADOR



Espectrómetro de masas con acelerador

Figura 20.
Vista en planta del Centro de espectrometría de masas con acelerador

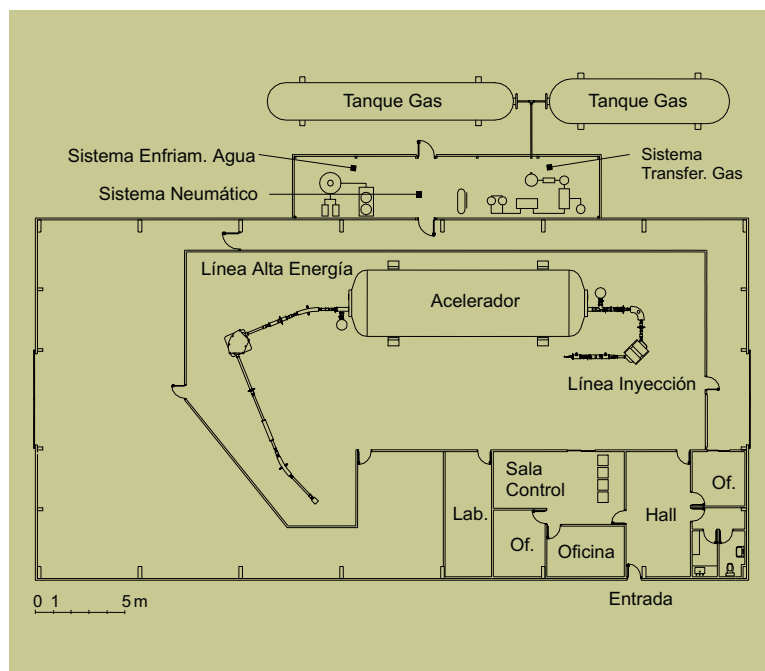
Con el propósito de alcanzar un grado de sensibilidad adecuado para la detección de yodo 129 en matrices ambientales, y teniendo en cuenta su baja actividad específica (6 Bq/ g) y además, la baja energía de emisión de fotones del yodo ($E = 39,58 \text{ keV}$), se utilizan técnicas de activación neutrónica.

El Centro de espectrometría de masas con acelerador (CEMA) instalado en el Centro Atómico Ezeiza, permitirá la participación de la Argentina en la red internacional de apoyo científico-técnico que el Organismo Internacional de Energía Atómica ha creado para controlar el cumplimiento de las salvaguardias internacionales de no proliferación nuclear.

En la **Figura 20** se muestra esquemáticamente el Centro y en la fotografía puede apreciarse una vista global de la instalación del espectrómetro de masas con acelerador.

Durante 2004 se continuó con la puesta a punto del sistema, lográndose caracterizar algunos componentes de la línea de aceleración de alta energía, quedando pendiente el estudio de la estabilización de la tensión del terminal ubicado en el interior del tanque acelerador.

Para la optimización del transporte del haz de iones se efectuaron diferentes cambios: se acentuaron las fuentes de alta tensión que asisten a diversos componentes, se realizaron modificaciones internas al diseño de la fuente de iones, se instalaron bombas de vacío de tecnología moderna y se trabajó en sucesivas realineaciones de los componentes instalados mediante la utilización de nivel óptico y teodolito, como también se diseñaron mecanismos que permiten efectuar el diagnóstico del haz. Se evaluó la respuesta del imán inyector de 90° que se ubica en la línea de aceleración de baja energía, tarea que continuará a futuro en vistas a lograr una mejor performance del equipo.



El gas radón y los radionucleidos resultantes de su desintegración, contribuyen con la mitad de la dosis efectiva recibida por el hombre debido a la totalidad de las fuentes naturales de radiación. Con el objeto de estimar dicha dosis, se llevan a cabo las mediciones rutinarias de la concentración de radón en viviendas y en los complejos minero fabriles de uranio.

Para la determinación de radón de aire, el laboratorio de medición de radón de la ARN cuenta con un sistema de calibración, contadores de radiación alfa, cámaras alfa y diferentes técnicas pasivas de medición y factor de equilibrio, y medidores continuos de radón y su progenie.

Para la calibración, el laboratorio cuenta con una cámara de referencia de 1 m³ de volumen con cierres herméticos, que posee una antecámara a través de la cual se introducen los dispositivos a calibrar. Como fuente de emanación de radón, la cámara de referencia contiene mineral de uranio extraído del ex-complejo fabril Malargüe, Provincia de Mendoza. La cámara consta de equipamiento para control de temperatura y presión, y para variaciones de humedad (desde 10% hasta 95%), concentración de radón (desde 150 Bq/m³ hasta 3500 Bq/m³) y de sus descendientes de período corto y de aerosoles, para la realización de pruebas en diferentes condiciones ambientales. Se dispone, además, de un recinto de experimentación que posee las dimensiones de una habitación estándar con posibilidad de variar la tasa de renovación de aire y la concentración de radón y sus descendientes.

Entre las técnicas pasivas para la determinación de radón en aire se dispone del método de trazas nucleares, sistema que integra la concentración de radón durante tres meses. Este método utiliza un policarbonato como detector. El límite de detección alcanzado con este sistema es de 16 Bq/m³. Se usa también de principio de este método para medir el factor de equilibrio entre el gas radón y su progenie.

Otro método pasivo desarrollado en el laboratorio, se basa en la adsorción en carbón activado y la posterior medición por centelleo líquido. Su límite de detección es de 2 Bq/m³ y fue adoptado como método rutinario para la medición de radón en aire.

El método que utiliza detectores electrets es, también, un método pasivo para integrar la concentración de radón en distintos períodos de tiempo. El principio del detector se basa en la descarga electrostática del condensador y en relacionar esta disminución de voltaje con la concentración de radón en aire. El límite de detección es de 6 Bq/m³.

El laboratorio cuenta con equipamiento para realizar la determinación de concentración de energía alfa potencial en aire (Working level) mediante los métodos de Rolle y Kusnetz. También, es posible la determinación individual de cada uno de los descendientes del radón, mediante el método de Thomas. Los tres métodos son activos y se basan en la toma de una muestra de aire a través de un filtro y su posterior conteo en un detector de radiación alfa.

El laboratorio cuenta con equipos para medir la concentración de radón y los niveles de la progenie en aire, ambos, en forma continua.

TÉCNICAS DE MEDICIÓN DE RADÓN

Determinación de radón en aire



Procesamiento de muestras para la detección de yodo 129

Determinación de radón en agua

Las principales tareas que se realizan en los laboratorios de medición de radón son:

Como parte del programa de determinación de la concentración de radón en viviendas de la República Argentina, se mide dicha concentración en viviendas de la ciudad de Buenos Aires, del Gran Buenos Aires y del interior del país.

Las determinaciones se realizan preferentemente mediante el método de trazas nucleares y, en algunas ciudades, mediante electrets y detectores de carbón activado.

Como parte del programa de monitoreo radiológico ambiental se mide la concentración y la tasa de emanación de radón en los alrededores de los complejos minero fabriles de uranio.

La determinación de la concentración de radón en agua resulta de importancia para conocer, junto con las determinaciones de radio 226 y uranio natural, los niveles de concentración de radionucleidos naturales en aguas de consumo.

El laboratorio cuenta con diferentes métodos para realizar dicha medición. La medición de la concentración de radón en agua mediante detectores electrets, posee un límite de detección de, aproximadamente, 100 Bq/m³; mientras que el límite de detección, para la determinación de radón en agua mediante la técnica que utiliza las celdas de Lucas, fue estimado en 140 Bq/m³.

También se dispone de un método directo para la determinación de radón en agua mediante una medición por centelleo líquido con discriminación por forma de pulso, con el que se puede alcanzar un límite de detección de 70 Bq/m³.

Se realizan tareas de calibraciones periódicas de las distintas técnicas de medición, optimización de métodos y se participa cada dos años en ejercicios internacionales de intercomparación de técnicas pasivas de medición de radón en aire organizadas por instituciones internacionales de reconocido nivel.