

ARN
PUBLICACIÓN INTERNA
2/23

Recomendaciones para el control de las actividades que utilizan materiales que contienen radionucleidos naturales

Canoba, A.C. y López, F.O.



Publicación Interna de la Autoridad Regulatoria Nuclear



ARN Publicación Interna - 2/23

Recomendaciones para el control de las actividades que utilizan materiales que contienen radionucleidos naturales

Canoba, A.C. y López, F.O.

AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR
Av. del Libertador 8250 (C1429BNP) CABA, Argentina
Teléfono: (+54 11) 6323-1300, (+54 11) 5789-7600
info@arn.gob.ar

www.argentina.gob.ar/arn

RECOMENDACIONES PARA EL CONTROL DE LAS ACTIVIDADES QUE UTILIZAN MATERIALES QUE CONTIENEN RADIONUCLEIDOS NATURALES

Analfía C. Canoba y Fabio O. López

Autoridad Regulatoria Nuclear
Argentina

RESUMEN

En el presente trabajo se describen las recomendaciones sobre los aspectos de protección radiológica a considerar en aquellas instalaciones y actividades relacionadas con NORM, por sus siglas en inglés, Naturally Occurring Radioactive Material, que pueden provocar un incremento significativo de la exposición de los trabajadores.

Las recomendaciones descritas en el presente trabajo sientan las bases para la implementación de medidas con fines de protección radiológica ocupacional en estas industrias no nucleares, a aplicar por la correspondiente Autoridad u Organismo de control a definir en el país.

1. Introducción

Todos los minerales y materias primas que se encuentran en nuestro planeta contienen radionucleidos de origen natural. Los principales radionucleidos naturales son el Potasio-40 (K-40) y los radionucleidos de las series de decaimiento del Torio-232 (Th-232) y del Uranio-238 (U-238). A estos materiales naturalmente radiactivos se los conoce como NORM, por sus siglas en inglés Naturally Occurring Radioactive Material.

Para la mayoría de las actividades humanas que involucran contacto con los minerales y las materias primas, el nivel de exposición debido a los radionucleidos naturales mencionados no implica una preocupación desde el punto de vista de la protección radiológica. Sin embargo, existen ciertas industrias no nucleares y actividades humanas industriales que implican que estos radionucleidos naturales se procesen, recuperen, utilicen o se movilicen, de tal manera, que pueden producir un incremento en la exposición a la radiación de las personas y del ambiente.

Algunos procesos industriales relacionados con NORM son la minería no uranífera, la extracción de metales, el tratamiento de aguas, la industria del fosfato, del gas y petróleo, y de los fertilizantes, entre otros. Los radionucleidos NORM pueden encontrarse en algunos flujos de efluentes y desechos de estas industrias (por ejemplo, en residuos metálicos, incrustaciones, barros y fluidos). Además de encontrarse en estos materiales, los radionucleidos naturales pueden hallarse en los subproductos y en los productos finales de los procesos.

En los procesos de estas industrias se producen cambios fisicoquímicos que hacen que los radionucleidos naturales puedan concentrarse, y eso hace que su concentración de actividad pueda ser varios órdenes de magnitud superior a la presente en los materiales originales. Esta

concentración de NORM puede producir un incremento en la exposición de los trabajadores y del público, y un impacto en el ambiente.

Por ejemplo, en el caso de la industria del gas y el petróleo, los radionucleidos naturales involucrados son los contenidos en las rocas sedimentarias que almacenan el gas y el petróleo, principalmente Radio-226, Plomo-210 y Polonio-210, y también se pueden encontrar elementos de la cadena de semidesintegración del torio. Las técnicas utilizadas para forzar la salida del petróleo a la superficie incluyen la recirculación de agua de producción, que se extrae con los productos finales y los NORM se transportan a la superficie con esta agua de producción; en este proceso se presenta una disminución de la presión y la temperatura, y al tener el radio un comportamiento químico similar al bario, se produce la coprecipitación selectiva de ambos elementos, hecho que se traduce en una precipitación de sulfatos y carbonatos de Ra-Ba dentro de las tuberías y en las superficies internas de los equipos formando costras y barros. Otros radionucleidos de interés, particularmente en equipos de gas, son el gas radón y el plomo que generalmente forma una capa delgada en las superficies internas de los equipos.

Se pueden identificar varias etapas de las industrias que involucran NORM: extracción y procesamiento de minerales, fabricación y uso de productos, reutilización y reciclaje de residuos, manejo de desechos y desmantelamiento o rehabilitación de sitios. Algunas industrias pueden involucrar casi todas estas etapas, mientras que otras pueden involucrar solo algunas de ellas.

Las actividades que involucran NORM pueden implicar exposición a la radiación tanto externa como interna. La exposición externa puede originarse debido a la presencia de radionucleidos emisores gamma y también emisores beta, que pueden producir dosis en piel, tanto en operación normal como en tareas de mantenimiento de equipos y limpieza de estructuras internas. Asimismo, dependiendo del proceso, pueden originarse polvos radiactivos dando lugar a la posible ingestión e inhalación de material radiactivo. La exposición al gas radón puede ser una vía de exposición importante en lugares subterráneos, como puede ser la minería desarrollada en galerías. Puede haber considerables diferencias en la exposición, dependiendo de las condiciones del lugar de trabajo, del tiempo de exposición, las medidas de protección existentes, los radionucleidos involucrados y su concentración de actividad, así como de la forma física y química de los materiales.

Internacionalmente se han realizado numerosas publicaciones sobre la problemática inherente a los NORM. Recientemente, la Comisión Internacional en Protección Radiológica (ICRP, por sus siglas en inglés) ha emitido la Publicación 142 [1] sobre las recomendaciones de protección radiológica para las industrias relacionadas con NORM, mientras que el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) ha realizado publicaciones específicas como son los Safety Report Series 33, 34, 49, 51, 68, 76 y 78 [2-8], y SSG-60 [9] junto a las Normas Básicas de Seguridad GSR Parte 3 [10].

Diversas organizaciones internacionales han realizado revisiones exhaustivas de las industrias no nucleares que pueden causar un incremento de la exposición de los trabajadores, del público y del ambiente debida a NORM (UNSCEAR 1982, 2008 [11-12]; EURATOM, 2013 [13]).

Dado que la presencia de radionucleidos naturales no se origina en prácticas nucleares y la concentración de los materiales radiactivos naturales que se puede llegar a producir en las actividades mencionadas constituye un efecto colateral de la explotación principal, y quienes

llevan a cabo estas explotaciones no necesariamente tienen conocimiento de este hecho, estas actividades históricamente no han estado sujetas a regulación por parte de las autoridades u organismos reguladores.

Es importante destacar, que la minería del uranio, al implicar una extracción “adrede” del material radiactivo de la mina debido a las propiedades radiológicas del uranio, forma parte del Ciclo de Combustible Nuclear y por ende es una actividad regulada bajo lo que se conoce en protección radiológica como una “Situación de Exposición Planificada”.

Como fue expresado, las industrias que generan NORM tienen un amplio rango de materias primas, productos, subproductos, efluentes y residuos y desechos, con diferentes niveles de concentración de actividad. Estas industrias deberán o no ser controladas, desde el punto de vista de la protección radiológica, dependiendo de la concentración de actividad en los distintos materiales, el tipo de procesamiento adoptado, el uso de los productos y la reutilización de materiales, entre otros. Previamente a definir la necesidad y forma de manejo, deben realizarse mediciones y evaluaciones de los posibles procesos industriales, realizando una caracterización radiológica, a fin de confirmar que las condiciones laborales existentes son apropiadas. Las exposiciones debidas a NORM son controlables y deben aplicarse medidas de control sólo si están justificadas, y adicionalmente, las medidas a aplicar deben ser optimizadas. Es importante destacar que el objetivo de aplicar medidas de control es lograr un nivel apropiado de protección para las personas y el ambiente contra los efectos perjudiciales de la exposición a la radiación, sin limitar indebidamente las acciones humanas deseables que puedan estar asociadas con dicha exposición.

En este trabajo se presentan una serie de recomendaciones para llevar a cabo la caracterización radiológica y el control de las actividades que utilizan materiales que contienen radionucleidos naturales. Estas recomendaciones tienen por objetivo establecer los aspectos de seguridad y protección radiológica a los trabajadores, que se deben considerar en aquellas instalaciones y actividades que impliquen la manipulación de materiales o de residuos que contengan radionucleidos naturales de las series de Uranio-238 y Torio-232 y Potasio-40, que pueden provocar un incremento significativo de la exposición de los mismos.

2. Objetivos y Alcance

Como fue expresado, el objetivo de las presentes recomendaciones es establecer los aspectos de seguridad y protección radiológica a considerar en aquellas instalaciones y actividades que impliquen la manipulación de materiales o de residuos que contengan radionucleidos naturales de las series del Uranio-238 y Torio-232 y el Potasio-40, que pueden provocar un incremento significativo de la exposición de los trabajadores.

Las recomendaciones descritas en el presente trabajo sientan las bases para la implementación de medidas con fines de protección radiológica ocupacional en estas industrias, a aplicar por la correspondiente Autoridad u Organismo de control a definir en el país.

3. Términos y definiciones

En esta sección se definirán una serie de términos que serán utilizados en la elaboración de las recomendaciones para la caracterización radiológica y el control de las industrias que utilizan y procesan NORM.

- ✓ **Material radiactivo de ocurrencia natural (NORM por sus siglas en inglés):** Material radiactivo que no contenga cantidades significativas de radionucleidos, excepto los radionucleidos de origen natural (series de Uranio y Torio y Potasio-40). Incluye a materias primas o materiales en los que las concentraciones de actividad de los radionucleidos naturales han cambiado mediante algún proceso. [14, 1].
- ✓ **Residuo NORM:** material restante de un proceso, que contiene o está contaminado con material radiactivo de origen natural (NORM). [14]
- ✓ **Aproximación gradual:** proceso o método en el cual el rigor de las medidas y condiciones de control que deben aplicarse es proporcional, con la probabilidad y las posibles consecuencias y el nivel de riesgo asociado a la exposición. [15]
- ✓ **Situación de exposición existente:** situación de exposición que ya existe cuando se necesita tomar una decisión sobre la pertinencia de su control. [15]
- ✓ **Situación de exposición planificada:** situación de exposición que surge a raíz del uso planificado de una fuente de radiación y que tiene como resultado una exposición debida a dicha fuente. [15]
- ✓ **Exención:** decisión de la Autoridad Regulatoria que exime a una práctica o a una fuente de radiación adscrita a una práctica del cumplimiento de alguno o todos los requisitos establecidos en la normativa regulatoria. [15]
- ✓ **Dispensa:** liberación de la aplicación de todo control ulterior por parte de la Autoridad Regulatoria del material con contenido radiactivo utilizado en prácticas licenciadas, autorizadas o registradas por dicha autoridad. [15]
- ✓ **Persona representativa:** persona del público que recibe una dosis que es representativa de las dosis que reciben las personas más expuestas en la población. [15]
- ✓ **Optimización:** proceso para determinar el nivel de seguridad que hace que la magnitud de las dosis individuales, el número de personas (trabajadores y público) expuestas a radiación ionizante y la probabilidad de ocurrencia de exposiciones se mantengan en el valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales pertinentes. [15]

4. Caracterización radiológica y criterios de control

En esta sección se presentan los aspectos que se deben tener en cuenta para llevar a cabo una adecuada caracterización radiológica y los criterios de control que deben aplicarse en las industrias que utilizan materiales radiactivos de origen natural.

En la siguiente figura se presenta un diagrama simplificado de la caracterización radiológica y los criterios de control según se detallan en este capítulo.

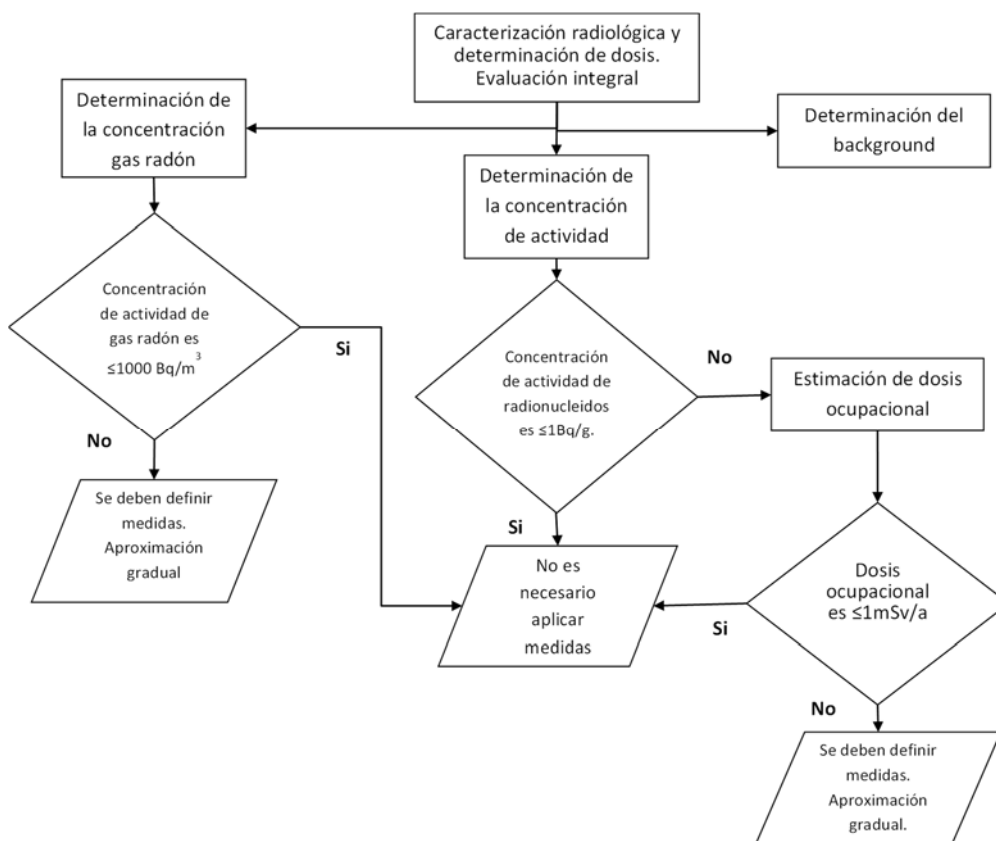


Figura 1. Diagrama simplificado de caracterización radiológica y criterios a seguir

4.1. Caracterización radiológica

Las actividades que los titulares/responsables de las empresas deben declarar ante la Autoridad de Aplicación correspondiente y ser sometidas a una caracterización radiológica, son aquellas que impliquen la manipulación de materiales (materias primas, productos, subproductos) o de los residuos que se generen, que contengan radionucleidos naturales que potencialmente provoquen un incremento significativo de la exposición de los trabajadores. Los estudios son necesarios a fin de determinar si existe un incremento significativo de la exposición de los trabajadores que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica.

La caracterización radiológica que deben realizar los titulares/responsables de las empresas comprende los siguientes aspectos:

- a) Descripción de la industria. Diagrama de flujo simplificado del proceso operacional, planos generales de la instalación, acompañado del balance de masa cuando corresponda.
- b) Determinación de la concentración de actividad de los radionucleidos naturales involucrados (uranio natural, Radio-226, Radio-228, Plomo-210 y Polonio-210) medida en los siguientes materiales: materias primas, productos, subproductos, residuos, efluentes líquidos y gaseosos. Medición de tasa de dosis en los lugares de

trabajo y adicionalmente determinación de la concentración de gas radón (Radón-222) y aerosoles en aire, cuando sea pertinente. La caracterización radiológica debe incluir la medición de fondo natural de radiación del entorno de la instalación donde se realice la actividad laboral correspondiente. Las mediciones deben realizarse en operación normal y en tareas de mantenimiento.

- c) Medición de contaminación superficial en ítems como ser bombas, válvulas o tuberías donde los radionucleidos no se encuentran uniformemente distribuidos.
- d) Cantidades y formas físico-químicas de los materiales y residuos generados, formas de almacenamiento de los mismos y descripción y cantidades de los contaminantes convencionales en los mismos
- e) Descripción de las instalaciones (locales, sistemas tecnológicos y equipos) donde se manejan y almacenan los distintos materiales y residuos que pudieran contener radionucleidos naturales.
- f) Descripción de las medidas técnicas y organizativas de Higiene y Seguridad en el trabajo y uso de los medios convencionales de protección individual y colectiva utilizados.
- g) Análisis del puesto de trabajo, que incluya la identificación de riesgos potenciales y los posibles escenarios de exposición (tiempo de permanencia de los trabajadores, equipos de protección utilizados, condiciones de ventilación, etc).
- h) Estimaciones de dosis a trabajadores en función del análisis de los puestos de trabajo y las concentraciones de actividad en los distintos materiales y tasa de dosis medidas en el lugar de trabajo. Estimaciones de dosis en operaron normal y en tareas de mantenimiento.

A partir de los resultados de la caracterización realizada en los materiales y de las estimaciones dosimétricas, se identificarán aquellas empresas vinculadas a las industrias del gas y petróleo y minería que deban ser objeto de especial atención y estar sujetas a control. En consecuencia, se definirán aquellas empresas que deban poseer dispositivos adecuados de vigilancia de las exposiciones y, cuando sea necesario, se establecerá la aplicación de acciones correctoras destinadas a reducir las exposiciones, de acuerdo al concepto de aproximación gradual.

4.2. Criterios establecidos en términos de concentración de actividad

En los casos en que las concentraciones de actividad medidas en los distintos materiales sea menor o igual a 1 Bq/g para los radionucleidos de la serie del Uranio-238 y del Torio-232 y menor o igual a 10 Bq/g para el Potasio-40, no es necesario implementar medidas de protección radiológica. Estos valores son coincidentes con los valores recomendados por la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) [16] y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) [10] para la dispensa de materiales sólidos con radionucleidos naturales, sin restricciones de cantidad.

En el caso de materiales que contengan una mezcla de radionucleidos de origen natural, la concentración de cada uno de ellos debería ser menor que los valores mencionados.

En los casos que las concentraciones de actividad medidas en los distintos materiales sea mayor a 1 Bq/g para los radionucleidos de la serie del Uranio-238 y del Torio-232 y mayor a 10 Bq/g para el Potasio-40, se debe hacer una estimación de dosis que recibirían los trabajadores debido a la presencia de estos materiales, de acuerdo al escenario de exposición que corresponda: tiempo de permanencia, geometría de exposición, condiciones de manipulación, elementos de protección, etc.

4.3. Criterios establecidos en términos de dosis efectiva

Si las dosis estimadas a los trabajadores debido a los radionucleidos naturales es menor o igual a 1 mSv en un año, y no existen escenarios que puedan cambiar la situación, no es necesario implementar medidas de protección radiológica. Este valor es coincidente con el criterio de dosis recomendado por el OIEA [10] para la exención de materiales con radionucleidos naturales, sin restricciones de cantidad. Cabe aclarar que esta dosis es compatible con los niveles de fondo natural de radiación. Este criterio de dosis se aplica descontando el fondo natural de radiación del lugar y no incluye la exposición debida al gas radón (Radón-222). En estos casos, el titular/responsable de la empresa deberá volver a realizar la caracterización para asegurar que se mantienen las condiciones indicadas cada 5 años o previamente a esa fecha, en caso que se realicen cambios en el proceso, alteraciones técnicas, modificaciones o ampliaciones significativas en relación a las actividades e instalaciones ya evaluadas.

Si las dosis estimadas a los trabajadores debido a la exposición a los radionucleidos naturales es mayor a 1 mSv en un año (excluyendo la dosis debida a gas radón y el fondo de radiación del lugar), se implementarán medidas de protección radiológica aplicando el principio de la aproximación gradual, siguiendo el siguiente esquema:

- a) Si la dosis debida a la exposición a gamma emisores y aerosoles es mayor a 1 mSv/a y menor o igual a 2 mSv/a, el titular/responsable de la empresa debe notificar a la Autoridad de Aplicación detallando los resultados provenientes de las mediciones y estimaciones de dosis realizadas. Dichos estudios de caracterización con fines de revisión deberán ser realizados y notificados a la Autoridad de Aplicación con periodicidad anual. No es necesario aplicar medidas específicas de protección radiológica.
- b) Si la dosis debida a la exposición a gamma emisores y aerosoles es mayor a 2 mSv/a y menor o igual a 6 mSv/a, el titular/responsable de la empresa deberá implementar medidas de protección radiológica generales a satisfacción de las Autoridades de Aplicación y permanecer bajo revisión
- c) Si la dosis debida a la exposición a emisores gamma y aerosoles es superior a 6 mSv/a, el titular/responsable de la empresa deberá implementar medidas de protección radiológica específicas para el control de las dosis de los trabajadores, a satisfacción de la Autoridad de Aplicación. En estos casos la Autoridad de Aplicación podrán requerir el cumplimiento de los límites y restricciones de dosis ocupacionales, según

sean los niveles de dosis involucrados. La Autoridad de Aplicación podrá requerir además la emisión de una autorización para permitir la realización de las actividades.

4.4. Criterios establecidos para el gas radón (Radón-222)

Respecto al gas radón: el nivel de gas radón promedio anual en los ambientes de trabajo debe ser menor o igual a 1000 Bq/m^3 , considerando un tiempo de permanencia de 2000 horas de trabajo y un factor de equilibrio entre el radón y su progenie de periodo corto de 0,4. Este valor es el recomendado por la ARN [17] y el OIEA [10] como nivel de referencia para el control de la exposición ocupacional a radón en las situaciones de exposición existentes.

En caso que los valores medidos de gas radón sean superiores a 1000 Bq/m^3 , el titular/responsable de la empresa deberá implementar medidas de protección radiológica con la finalidad de reducir dichos valores por debajo de dicho nivel, a niveles tan bajo como sea razonablemente posible, de forma que la protección esté optimizada.

Si luego de todos los esfuerzos razonables para reducir la concentración de actividad del gas radón, ésta permanece por encima del nivel de referencia establecido en el párrafo anterior, la Autoridad de Aplicación aplicará los requisitos específicos que correspondan establecidos para la exposición ocupacional, similares a los aplicados en las situaciones de exposición planificada.

Nota: en los casos que los valores medidos de radón promedio anual sean mayores a 1000 Bq/m^3 y el tiempo de permanencia anual del trabajador sea significativamente menor a 2000 horas, se debe estimar la dosis ocupacional con los parámetros realistas de trabajo, verificando que no se supere un nivel de referencia de 10 mSv/a [18].

4.5. Criterios establecidos para contaminación superficial

El titular/responsable de la empresa deberá verificar que los resultados de las mediciones de contaminación superficial de los ítems contaminados con NORM sean menores a 4 Bq/cm^2 para gamma, beta emisores y emisores alfa de baja toxicidad y $0,4 \text{ Bq/cm}^2$ para el resto de los emisores alfa. Estos valores son consistentes con los establecidos para el transporte seguro de material radiactivo en relación a niveles de contaminación superficial removible [19].

En caso que los valores medidos de contaminación superficial sean superiores a los valores indicados, el titular/responsable de la empresa podrá implementar medidas de descontaminación de los ítems a fin de que los niveles resulten menores a los valores indicados en el párrafo anterior. En el caso que los valores permanezcan por encima de dichos niveles, si el titular/responsable de la empresa demuestra mediante una evaluación de dosis que las dosis estimada en los trabajadores y la persona representativa debido a los radionucleidos naturales es menor o igual a 1 mSv en un año (excluyendo la dosis debida a gas radón y el fondo de radiación del lugar), los ítems podrán gestionarse en forma convencional (en concordancia con el punto 6 del presente documento), previa autorización por parte de la Autoridad de Aplicación.

5. Medidas de control

Las medidas a implementarse deben realizarse estableciendo un programa de protección radiológica acorde, aplicando la aproximación gradual, que incluya monitoreos y estimaciones de dosis efectivas a los trabajadores, integrando las medidas a implementar a los procedimientos de control ya existentes en la planta establecidos para contaminantes convencionales, aplicando el principio de optimización.

Si la dosis debida a la exposición a gamma emisores y aerosoles es mayor a 2 mSv/a y menor o igual a 6 mSv/a, el titular/responsable de la empresa deberá implementar medidas de protección radiológica generales. Entre las medidas que deberá realizar el titular/responsable de la empresa se encuentran:

- Informar a los trabajadores sobre los riesgos radiológicos existentes y sobre las precauciones que deben adoptar en la actividad en general y en los destinos y puestos de trabajo a los que se les pueda asignar.
- Realizar mediciones de las tasas de dosis externas y mediciones de las concentraciones de actividad en el aire. Adicionalmente mediciones de gas radón y concentración de aerosoles en aire cuando corresponda.
- Estimar anualmente la dosis efectiva individual, la cual podrá realizarse a partir de los resultados de la vigilancia radiológica en el ambiente de trabajo.
- Registrar y notificar a la Autoridad de Aplicación los resultados de las dosis de los trabajadores.
- Contar con procedimientos escritos y acordes a un sistema de gestión.
- Mantener actualizados los registros dosimétricos de los trabajadores y que los mismos se encuentren, en todo momento, a disposición del propio trabajador.

Si la dosis debida a la exposición a emisores gamma y aerosoles es mayor a 6 mSv/a, el titular/responsable de la empresa deberá implementar medidas de protección radiológica específicas, aplicando los principios de protección radiológica operacional. Esta aplicación se llevará a cabo de forma gradual considerando el nivel de exposición, número de trabajadores involucrados y alternativas de protección existentes.

Entre las medidas que deberá realizar el titular/responsable de la empresa se encuentran:

- Informar a los trabajadores sobre los riesgos radiológicos existentes y sobre las precauciones que deben adoptar en la actividad en general y en los destinos y puestos de trabajo a los que se les pueda asignar.
- Realizar mediciones de las tasas de dosis externas y mediciones de las concentraciones de actividad en el aire. Adicionalmente, mediciones de gas radón y concentración de aerosoles en aire cuando corresponda.
- Estimar anualmente la dosis efectiva individual, la cual podrá realizarse a partir de los resultados de la vigilancia radiológica en el ambiente de trabajo o en los casos que la Autoridad de Aplicación considere necesario, a través del uso de dosímetros personales.

- Identificar áreas de trabajo donde se deben tomar medidas de seguridad adicionales como por ejemplo procedimientos específicos, requisitos de ventilación, uso de elementos de protección del personal, limitación de acceso.
- Contar con procedimientos escritos y acordes a un sistema de gestión
- Registrar y notificar a la Autoridad de Aplicación los resultados de las dosis de los trabajadores.
- Mantener actualizado la dosis de los trabajadores y estar, en todo momento, a disposición del propio trabajador.
- Realizar una vigilancia de la salud de los trabajadores.
- Entrenar y capacitar de los trabajadores
- Notificar en forma inmediata a la Autoridad de Aplicación si se producen cambios significativos en las dosis recibidas por los trabajadores o cualquier incidente que haya ocurrido y pueda provocar un aumento de las dosis ocupacionales.

En forma práctica, de acuerdo al nivel de las exposiciones, número de trabajadores afectados y alternativas de protección existentes, se podrán aplicar las siguientes medidas:

- Minimización de la duración de toda actividad que involucre exposición externa e interna.
- Uso de barreras físicas, señalización, control de acceso a los trabajadores para delimitar áreas de trabajo.
- Mantener blindaje entre el material NORM y el trabajador.
- Buenas prácticas industriales de higiene y seguridad para prevenir la dispersión de NORM.
- Uso de elementos de protección adecuados.
- Sistemas de ventilación adecuados
- Control de la calidad del aire
- Aplicación métodos húmedos (resuspensión de polvos)

Adicionalmente, toda industria debe cumplir con los criterios establecidos para el gas radón (Radón-222) establecidos en el punto 2.2.4.

6. Consideraciones generales para la determinación de la dosis

Se podrán realizar estimaciones de dosis en base a cálculos de escenarios con parámetros conservativos o mediante valores realistas.

Valores realistas: en base a programas de monitoreo

- Para dosis por incorporación: muestreo representativo de aire inhalado por el trabajador (muestreador de área y/o bombas personales), tiempo de permanencia, características de

los aerosoles presentes en el ambiente, tipos de absorción en pulmón, modelos biocinéticos).

- Para dosis por irradiación externa: estimación de dosis anuales a los trabajadores a partir de mediciones de tasa de dosis en el lugar, tiempo de permanencia anual en cada sector, medidas de protección ya instaladas en el lugar de trabajo que favorezcan la reducción de las dosis.

También es posible determinar las dosis recibidas por los trabajadores a través del uso de dosímetros personales, (termoluminiscentes o de otro tipo).

Las evaluaciones de dosis también pueden basarse en estudios previos realizados en instalaciones análogas. En este caso se debe justificar que los parámetros utilizados en el cálculo coincidan con los de la instalación análoga y por ende sean aplicables a ésta.

7. Exposición debida a residuos NORM.

Según se indica en la sección 3 del presente documento, un residuo NORM es un material restante de un proceso, que contiene o está contaminado con material radiactivo de origen natural (NORM). Un residuo NORM puede tener previsto un uso posterior.

Para una adecuada gestión de los residuos NORM estos deben caracterizarse según lo indicado en el punto 4.1. Las industrias que generen residuos NORM deben implementar medidas para prevenir o disminuir la generación de estos residuos. Asimismo, en la medida posible se deben implementar acciones de reutilización y reciclado de estos residuos, previa aprobación de la Autoridad de Aplicación.

En concordancia con el punto 4.2, si las concentraciones de los radionucleidos de la serie del Uranio-238 y del Torio-232 son menores o iguales a 1 Bq/g y las concentraciones de Potasio-40 son menores o iguales a 10 Bq/g en un residuo NORM, éste podrá gestionarse de forma convencional, sin ninguna restricción de tipo radiológico. Deberá tenerse en cuenta para su gestión la presencia de contaminantes convencionales de acuerdo a reglamentaciones establecidas por la correspondiente autoridad de aplicación correspondiente.

Por otra parte, en caso que las concentraciones de actividad de los radionucleidos naturales sean superiores a los valores mencionados en el párrafo anterior, si el titular/responsable de la empresa demuestra mediante una evaluación de dosis, considerando los distintos escenarios y vías de exposición debido a estos radionucleidos, que la dosis estimada en los trabajadores y en la persona representativa es menor a o igual 1 mSv en un año [9] (excluyendo la dosis debida a gas radón y el fondo de radiación del lugar), puede llevarse a cabo la gestión de estos residuos NORM en forma convencional, previa autorización por parte de la Autoridad de Aplicación.

En caso que los residuos NORM generados asociados a estas industrias no puedan gestionarse como residuos convencionales o peligrosos, serán catalogados como residuos radiactivos, siendo en este caso la autoridad de aplicación la ARN.

El titular/responsable de la empresa debe presentar a la Autoridad de Aplicación un procedimiento para la gestión de los residuos NORM generados, el cual debe ser aprobado por la Autoridad de Aplicación para su implementación.

El titular/responsable de la empresa debe evaluar las exposiciones de los trabajadores en relación a al manejo de los residuos NORM dentro del predio. Las dosis de los trabajadores deben ser reducidas a los niveles más bajos razonablemente posibles, aplicando el principio de optimización. A los fines de la protección del trabajador, deben seguirse los criterios establecidos en el punto 4.3. “Criterios establecidos en términos de dosis efectiva”.

8. Requisitos en caso de modificaciones de los procesos

En el caso que se realicen cambios en los procesos industriales, ya sean alteraciones técnicas, modificaciones o ampliaciones significativas en relación a las actividades e instalaciones ya evaluadas, que puedan producir cambios de inventario de materiales o residuos NORM o se procesen materiales provenientes de pozos de otra cuenca geológica distinta a la evaluada, el titular/responsable de la empresa debe presentar a la Autoridad de Aplicación estos cambios y un análisis de su impacto radiológico a fin de asegurar la protección radiológica de los trabajadores.

9. Otros requisitos

El titular/responsable de la empresa debe cumplir también con otros requerimientos aplicables que establezcan otras autoridades competentes.

El titular/responsable de la empresa debe garantizar la información y el libre acceso para las inspecciones, o cualquier otra acción de verificación del cumplimiento de los requisitos establecidos en esta guía.

El titular de la actividad deberá informar a los trabajadores sobre los riesgos radiológicos existentes y sobre las precauciones que deben adoptar en la actividad en general y en los destinos y puestos de trabajo a los que se les pueda asignar. Las trabajadoras deberán ser informadas sobre la necesidad de realizar, lo antes posible, la declaración de situaciones de embarazo o lactancia.

10. Acciones de verificación del cumplimiento

El cumplimiento de los requisitos establecidos en el presente documento estará sujeto a verificación y control por parte de la Autoridad de Aplicación; en caso de ser necesario se aplicarán las medidas coercitivas previstas en la legislación nacional.

11. Conclusiones

Este trabajo describe las recomendaciones sobre los aspectos de protección radiológica a considerar en aquellas instalaciones y actividades relacionadas con NORM, que pueden provocar un incremento significativo de la exposición de los trabajadores.

Las recomendaciones descriptas en el presente trabajo sientan las bases para la implementación de medidas con fines de protección radiológica ocupacional en estas industrias, a aplicar por la correspondiente Autoridad u Organismo de control a definir en el país.

12. Bibliografía

- [1] International Commission on Radiological Protection, ICRP 142 “Radiological Protection from Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in Industrial Processes”, Volumen 48 N°. 4, 2019.
- [2] International Atomic Energy Agency, IAEA SRS No.33 “Radiation Protection against Radon in Workplaces other than Mines”, Safety Reports Series No. 33. 2003.
- [3] International Atomic Energy Agency, IAEA SRS No.34 “Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry”, Safety Reports Series No. 34. 2003.
- [4] International Atomic Energy Agency, IAEA SRS No.49 “Assessing the Need for Radiation Protection Measures in Work Involving Minerals and Raw Materials”, Safety Reports Series No. 49. 2006.
- [5] International Atomic Energy Agency, IAEA SRS No.51 “Radiation Protection and NORM Residue Management in the Zircon and Zirconia Industries”, Safety Reports Series No. 51. 2007.
- [6] International Atomic Energy Agency, IAEA SRS No.68 “Radiation Protection and NORM Residue Management in the Production of Rare Earths from Thorium Containing Minerals”, Safety Reports Series No. 68. 2011.
- [7] International Atomic Energy Agency, IAEA SRS No.76 “Radiation Protection and NORM Residue Management in the Titanium Dioxide and Related Industries”, Safety Reports Series No. 76. 2011.
- [8] International Atomic Energy Agency, IAEA SRS No.78 “Radiation Protection and Management of NORM Residues in the Phosphate Industry”, Safety Reports Series No. 78. 2013.
- [9] International Atomic Energy Agency, IAEA SSG-60, “Management of Residues Containing Naturally Occurring Radioactive Material from Uranium Production and Other Activities”, Specific Safety Guide No.60, 2021.
- [10] International Atomic Energy Agency, IAEA GSR Part 3, “Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards”, General Safety Requirements Part 3, 2014.
- [11] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 1982, “Ionizing radiation: Sources and biological effects”. UNSCEAR Report 1982
- [12] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2008, “Sources and Effects of Ionizing Radiation”. UNSCEAR Report 2008.
- [13] Comunidad Europea de la Energía Atómica. Euratom-2013, “Normas de Seguridad Básicas para la Protección Contra los Peligros Derivados de la Exposición a Radiaciones Ionizantes”, Directiva 2013-59-EURATOM, 2013.
- [14] International Atomic Energy Agency, IAEA Safety Glossary: “Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection, 2018 Edition

- [15] Autoridad Regulatoria Nuclear, “Norma Básica de Seguridad Radiológica”, Norma AR 10.1.1, Rev. 4, 2019.
- [16] Autoridad Regulatoria Nuclear, “Niveles genéricos de dispensa”, Guía AR 8, Rev. 1, 2019.
- [17] Autoridad Regulatoria Nuclear “Factores dosimétricos para exposición externa y exposición interna, niveles guía de radionucleidos en alimentos y agua, y recomendaciones para el control de la exposición a gas radón.”, Guía AR 1, Rev. 2, 2022.
- [18] International Commission on Radiological Protection, ICRP 126, “Radiological Protection against Radon Exposure”, Volumen 43 N° 3, 2014.
- [19] International Atomic Energy Agency, IAEA No. SSR-6, “Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material”, No. SSR-6 (Rev. 1), 2018.



AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR

Av. del Libertador 8250 (C1429BNP) C.A.B.A., ARGENTINA
Teléfono: (+54 11) 6323-1300, (+54 11) 5789-7600
info@arn.gob.ar

www.argentina.gob.ar/arn