

# **TÉCNICAS PARA CARACTERIZAR RESIDUOS RADIACTIVOS GENERADOS EN CENTRALES NUCLEARES**

Piumetti, E.H.; Medici, M.A.  
Autoridad Regulatoria Nuclear

## ***INTRODUCCIÓN***

Durante la operación de las Centrales Nucleares (CN) se generan residuos radiactivos (RR) de diferentes tipos, ya sea por su contenido radiactivo (radionucleidos y su concentración) como por el material que los constituye. Las corrientes de residuos que se generan usualmente son las siguientes:

- Residuos heterogéneos sólidos, principalmente de baja;
- Resinas de intercambio iónico agotadas;
- Filtros mecánicos agotados;
- Residuos estructurales activados; y
- Residuos estructurales contaminados.

Al presente en las CN' s argentinas se están almacenando todos estos residuos, en su mayoría aún no acondicionados, y los responsables de la operación, en su calidad de Generadores, tienen la obligación de caracterizarlos apropiadamente.

La caracterización en actividad de un RR implica determinar tanto la actividad como la concentración de actividad de los radionucleidos contenidos. Esta información es indispensable para las etapas posteriores de gestión, especialmente para el almacenamiento prolongado y la disposición final. Por ello, la información que se genera y avala la caracterización de residuos, debe estar integrada al sistema de registro del inventario radiactivo. Este sistema, además de asegurar la trazabilidad de cada dato debe tener una dinámica que permita la actualización de los mismos.

## **MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD O CONCENTRACIÓN DE ACTIVIDAD**

La experiencia internacional muestra que para la caracterización en actividad de RR se utilizan esencialmente tres métodos denominados Métodos Directos, Métodos Semiempíricos y Métodos Analíticos. La aplicación de los mismos, solos o combinados, permiten caracterizar apropiadamente los radionucleidos relevantes en las distintas corrientes de residuos.

### ***Método Directo***

El Método Directo, es obviamente la forma más directa de conocer el contenido de nucleidos en un residuo. Este método consiste en la determinación de la actividad total contenida en un residuo por medición directa y, por ende, en la práctica sólo es aplicable para emisores gamma fuertes, por ejemplo Co-60 y Cs-137. [1]

### ***Métodos Semiempíricos***

Debido a las limitaciones del Método Directo se han desarrollado Métodos Semiempíricos para la determinación del contenido radiactivo de los RR. En estos métodos, los resultados de mediciones en muestras de los residuos radiactivos son los datos de entrada a un procedimiento de cálculo.

El más simple de estos métodos es de aplicación al caso de corrientes o ítems homogéneos y consiste en la determinación de la concentración de actividad de los radionucleidos de interés, por medio de ensayos destructivos, en muestras representativas del RR considerado. Con los datos obtenidos se determina el “*espectro de actividad*” de los radionucleidos relevantes, el cual se asume que es representativo de la distribución de actividad en toda la masa del residuo considerado. Este método, conocido por ello como Método del Espectro Representativo, requiere un muestreo reducido pues como se ha indicado se aplica cuando se puede demostrar que el sistema es homogéneo. Además, al ser las muestras representativas de todo el residuo a caracterizar no es necesario considerar los distintos mecanismos de formación ni de transporte de los radionucleidos en los sistemas. [1], [2]

En el caso de residuos heterogéneos, los resultados de los análisis de las muestras presentan una gran dispersión y a los fines de su caracterización se ha desarrollado un método que si bien es análogo al anterior exige el análisis de más muestras y un tratamiento estadístico específico de los resultados; es el denominado Método de Factores de Escala.

El Método de Factores de Escala es una técnica para evaluar la consistencia estadística de relaciones entre concentraciones de radionucleidos y determinar promedios de sus valores. Los resultados de los análisis de las muestras se expresan en relaciones de la concentración de actividad entre radionucleidos emisores alfa y beta, denominados difíciles de medir (DDM) y ciertos emisores gamma, tales como Co-60 o Cs-137, denominados nucleidos clave (NC) pues la actividad de estos últimos se puede determinar directamente en el residuo ya acondicionado. Los NC se generan concurrentemente con los DDM y se transfieren juntos a los sistemas del reactor, por lo cual las correlaciones se justifican considerando los mecanismos de formación o de transporte de los radionucleidos en los sistemas del reactor. En éste método nunca se considera que las muestras son representativas de las concentraciones de los radionucleidos presentes sino de las relaciones entre tales concentraciones. [3]

Obtenidos los FE, en una segunda fase se evalúa la concentración de los DDM multiplicando la actividad total del NC por los coeficientes obtenidas en la primera etapa. El tema es desarrollado en detalle en otra ponencia presentada en este congreso. [4]

La “historia” operativa del reactor deberá tenerse en cuenta cuando se evalúen los mecanismos de formación y los de transporte en los sistemas al hacer las estimaciones de las relaciones entre nucleidos. Por ejemplo las mejoras en el control químico del agua para disminuir la corrosión o cambios en las aleaciones de piezas reemplazadas pueden en ciertos casos influir significativamente en los valores de los factores de escala.

### ***Métodos Analíticos***

Los métodos analíticos usuales se basan en el grado de quemado del combustible, cálculos de activación o relaciones de descendencia. [5]

El grado de quemado del combustible (Burn-Up) se aplica cuando la tasa de generación de un dado nucleido depende del grado de quemado del EECC. Un ejemplo típico es la discriminación entre Pu-239 y Pu-240 pues la técnica de espectrometría alfa no permite discriminar entre ellos por lo cual puede emplearse la relación entre sus actividades calculada por Burn-up, que para un dado tipo de combustible es proporcional al quemado, para reportar cada radionucleido por separado. Otro ejemplo es el Ru-106 pues se puede establecer una relación entre la concentración de actividad de este radionucleido con la de un radionucleido de comportamiento fisicoquímico similar y fácil de medir, en este caso Ru-103. La combinación de Códigos de Cálculo de Burn-up con el Método de Factores de Escala ha sido desarrollada en Alemania para mejorar la determinación de emisores alfa. Esta variante consiste en determinar el radionucleido de interés a través de su relación con otro radionucleido, llamado “intermediario”, que también es difícil de medir pero cuya concentración de actividad se puede determinar por el Método de Factores de Escala. [6]

Los Cálculos por Activación se emplean básicamente para residuos estructurales activados durante la operación del reactor. Es, por ejemplo, el caso de los tubos de presión reemplazados en un reactor tipo CANDU o de los canales reemplazados en la CNA-1.

Por último, los cálculos de decaimiento son aplicables en la determinación de las concentraciones de actividad de aquellos radionucleidos que estarán presentes en las corrientes de RR debido a su crecimiento en el tiempo a partir del decaimientos de sus precursores.

## **CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE MÉTODOS**

Se desprende de lo anterior que para desarrollar un programa de caracterización en actividad y concentración de actividad de cada corriente de residuos será necesario seleccionar el método, o la combinación de métodos, apropiado para cada radionucleido a determinar.

En general puede apreciarse que:

- a) Para emisores gamma fuertes (Co-60, Cs-137) se utiliza la medición directa.
- b) Para residuos homogéneos se suele emplear el método del espectro representativo.
- c) Para emisores alfa o beta puros, en residuos heterogéneos de baja, se suele utilizar el método de factores de escala.

d) Para estructurales activados se utilizan códigos de cálculo. Sin embargo, surge de la literatura consultada que no hay criterios uniformes en el mundo, en ciertos casos hasta ni para reactores muy similares. Esto parece indicar que cada operador opta por la solución costo-efectiva óptima, conforme a las características de su reactor, la información disponible sobre técnicas y métodos empleados en reactores similares y las técnicas que se han desarrollado o se pueden desarrollar con facilidad en el país.

## **SISTEMA DE REGISTRO DEL INVENTARIO RADIACTIVO [7], [8]**

Puesto que no existen técnicas simples que permitan caracterizar los residuos luego de acondicionados y embalados, la decisión sobre su forma de disposición final se basará esencialmente en la información de la caracterización que provea el generador. Además, en este momento corresponde asumir que los residuos radiactivos de las centrales nucleares argentinas serán almacenados en las propias instalaciones durante algunas décadas. Por otra parte, cabe destacar que los sistemas de disposición final suelen diseñarse para operar durante un tiempo del orden del siglo y que en ciertos casos luego de su cierre se establece un período de control institucional que puede abarcar más de un siglo. En resumen, para que el sistema de registros sea satisfactorio es necesario que el mismo cumpla ciertos requisitos a fin de preservar la información durante los largos periodos de tiempo involucrados.

Corresponde también destacar que mejoras en las técnicas de caracterización pueden aplicarse retrospectivamente si el sistema de registro preserva también la correspondiente información soporte. Esto permitiría evaluaciones de seguridad más precisas de los sistemas de disposición final.

Considerando los tiempos involucrados, el medio físico que contenga la información debería cumplir con lo siguiente requisitos:

- almacenar, retener y preservar la información durante los tiempos que requiere la gestión definitiva de los RR;
- ser legible y entendible en todo momento;
- ser química y físicamente estable, tal que la legibilidad sea preservada a largo plazo;
- prevenir la pérdida de su contenido por adversidades ambientales;
- ser fácilmente copiado o transferido a otro medio, sin pérdida de información;
- ser recuperable aún después de largos períodos;
- ser resistente a una alteración por individuos no autorizados, y
- permitir el control de acceso y de las modificaciones.

Respecto de los datos a registrar, se sugiere que como mínimo se incluyan los siguientes:

- Identificación del residuo (acondicionado o a granel);
- Identificación de la ubicación física de los residuos;
- Inventario de los radionucleidos presentes;
- Forma física y forma química del residuo; y
- En el caso de que los residuos hayan sido acondicionados y/o embalados, indicar las características del acondicionamiento y embalaje.

Tanto la verificación futura como la aplicación retrospectiva de mejoras exigen que cada uno de los datos registrados esté asociado a la documentación que lo avala (documentación soporte). Por ejemplo, el inventario de los radionucleidos presentes estará directamente asociado a la metodología empleada para determinar la actividad y la concentración de actividad de cada radionucleido (medición directa, factores de escala, códigos, etc.) y esta información también debe preservarse, al menos hasta el cierre definitivo del sistema de disposición final.

## ***CONCLUSION***

Existe una variedad de métodos y técnicas desarrolladas para determinar la actividad total y la concentración de actividad de radionucleidos en los residuos que se generan durante la operación de centrales nucleares de potencia. Adaptándolos a las características y la historia de cada instalación estos métodos y técnicas son aplicables a las centrales nucleares de nuestro país. La pronta aplicación de estas técnicas es esencial para una eficaz y eficiente planificación de las etapas finales de gestión de estos residuos.

## **REFERENCIAS**

- [1] “Strategy and Methodology for Radioactive Waste Characterization” IAEA-TECDOC-1537, Vienna, March 2006
- [2] “Activity Determination and Declaration – An Overview”- W Müller Institute for Safety Technology - International Workshop on “Determination and declaration of nuclide specific activity inventories in radioactive waste”, Cologne, Germany- September 2001
- [3] “Estimation of radionuclides difficult to measure in nuclear waste – current practices and future regulation in Sweden” H. Efraimsson Swedish Radiation Protection Authority – Sweden - International Workshop on “Determination and declaration of nuclide specific activity inventories in radioactive waste”, Cologne, Germany- September 2001
- [4] “Factores de Escala (scaling factors) para la Determinación de la Actividad de Residuos Radiactivos en Centrales Nucleares” Medici, M.A.; Piumetti, E.H. ARN - XXXIV Reunión Anual de la Asociación Argentina de Tecnología Nuclear – 19 al 23 de noviembre de 2007
- [5] “Combining Burn-up Calculation with Scaling Factors – A Method to Improve Determination of Alpha Emitters”. B. Schäfer, W Müller Institute for Safety Technology - International Workshop on “Determination and declaration of nuclide specific activity inventories in radioactive waste”, Cologne, Germany- September 2001
- [6] “Activity Determination with High Precision for Components Intended for Disposal” E. Polke and A. Bleier – Framatone ANP GmbH - International Workshop on “Determination and declaration of nuclide specific activity inventories in radioactive waste”, Cologne, Germany- September 2001
- [7] “Maintenance of Records for Radioactive Waste Disposal”. IAEA-TECDOC-1097, Vienna July 1999
- [8] “Waste Inventory Record Keeping Systems (WIRKS) for the Management and Disposal of Radioactive Waste”. IAEA-TECDOC-1222, Vienna, June 2001

## **CHARACTERIZATION OF RADIOACTIVE WASTE FROM NUCLEAR POWER REACTORS**

### **ABSTRACT**

Different kinds of radioactive waste are generated as result of the operation of nuclear power reactors and in all cases the activity concentration of several radionuclides had to be determined in order to optimize resources, particularly when dealing with final disposal or long-term storage.

This paper describes the three basic approaches usually employed for characterizing nuclear power reactor wastes, namely the direct methods, the semi-empirical methods and the analytical methods. For some radionuclides or kind of waste, the more suitable method or combination of methods applicable is indicated, stressing that these methods shall be developed and applied during the waste generation step, i.e. during the operation of the reactor.

In addition, after remarking the long time span expected from waste generation to their final disposal, the importance of an appropriate record system is pointed out and some basic requirements that should be fulfilled for such system are presented. It is concluded that the tools for a proper characterization of nuclear reactor radioactive waste are available though such tools should be tailored to each specific reactor and their history.