

Muestreo y caracterización de resinas almacenadas en tanques de grandes dimensiones de la central nuclear de Kozloduy (Bulgaria)

L. Sánchez Fernández, R. González Gandál
y J.A. Herrera

El consorcio ENSA-Gas Natural Fenosa Engineering tiene un contrato con la central nuclear de Kozloduy para la extracción y acondicionamiento de las resinas que se generaron durante la operación de la central. El proyecto aborda en la actualidad la caracterización de dichas resinas para lo cual es necesario definir una metodología apropiada que cumpla con los requisitos solicitados por las autoridades búlgaras. Además de la metodología, se incluye el diseño, la fabricación, suministro e instalación de los equipos necesarios para el muestreo y medida, la capacitación de las instalaciones de la central y el entrenamiento específico del personal para llevar a cabo por sí solos estas actividades.

En este artículo se refleja como el consorcio va a abordar la gestión de este complejo proyecto que implica un amplio rango de actividades que afectan en la misma, incluyendo la gestión de todas las partes implicadas tanto de la central como externas a ella.

The Consortium ENSA-Gas Natural Fenosa Engineering has a contract with Kozloduy Nuclear Power Plant (KNPP) for the retrieval and conditioning of the resins, which were generated during the operation of the plant. The project deals with resins characterization for which it's necessary to define a proper methodology that fulfills the Bulgarian authorities' requirements. Also, it will be included the design, fabrication, supply and installation of the required equipment to carry out the sampling and measurements of the resins, updating the facilities and the specific training of the personnel in order to perform by themselves every activities.

This article reflects how the consortium will deal with the management of this demanding project, which involves a wide range of activities, including the management of each implicated area of both KNPP and external organizations.

INTRODUCCIÓN

La Central Nuclear de Kozloduy (KNPP), en Bulgaria, está abordando en los últimos años los trabajos preparatorios para el desmantelamiento de las unidades 1, 2, 3 y 4. Entre los proyectos que se están desarrollando destaca la gestión de los residuos radiactivos generados durante su operación. Estos trabajos están siendo financiados con fondos del Banco Europeo (BERD) a través del *Kozloduy International Decommissioning Support Fund* (KIDSF).

Entre los residuos generados se encuentran las resinas de intercambio iónico, que una vez agotadas, se han ido almacenando en diversos tanques de la instalación.

Desde 2005 el consorcio ENSA-Gas Natural Fenosa Engineering (en adelante GNFe) tiene en vigor un contrato con la citada central para el acondicionamiento de las resinas generadas y el suministro de una instalación para la extracción y acondicionamiento de las mismas. Como parte del proyecto, surge la necesidad de caracterizar las resinas previo a su gestión, esto es, conocer sus características físicas,

químicas y radiológicas y verificar que se cumplen los criterios de aceptación de las autoridades búlgaras.

Al no existir experiencia previa en la central en la gestión de estos residuos, el proyecto de caracterización incluye la definición de la metodología a emplear, el suministro e instalación de los equipos necesarios para el muestreo y medida de las resinas, la capacitación de las instalaciones de la central y el asesoramiento y entrenamiento específico del personal para llevar a cabo por sí solos estas actividades.

El objetivo de este artículo es reflejar cómo el consorcio va a abordar el desarrollo de una metodología específica de caracterización y la gestión de un proyecto complejo en la que están implicadas varias áreas de la central y organizaciones externas a ella.

CARACTERÍSTICAS DE LOS TANQUES DE RESINAS

Las cuatro unidades de la KNPP son reactores de agua a presión de diseño ruso tipo VVER 440/230.



ROSA GONZALEZ GANDAL

es licenciada en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid. Lleva 14 años trabajando en el campo de los residuos radiactivos, combustible gastado y la protección radiológica. Comenzó su carrera profesional trabajando para el Área de Caracterización de residuos de Enresa. Desde 2007, trabaja en la división nuclear de GNFe Engineering siendo responsable de proyectos nacionales e internacionales.



JOSÉ ANTONIO HERRERA

es Ingeniero Industrial por la ETSII de Madrid y Máster en Administración de Empresas por el Cepade (UPM). En el ámbito universitario, ha sido profesor asociado de Ingeniería Térmica y Fluidos de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid (2006-2010). En la actualidad es director Nuclear de Gas Natural Fenosa Engineering y representante sectorial de ingeniería y construcción de la plataforma tecnológica de fisión Ceiden.



LEANDRO SÁNCHEZ FERNÁNDEZ

es licenciado en Ciencias Geológicas por la Universidad de Oviedo. Lleva 20 años trabajando en el campo de los residuos radiactivos y desmantelamientos de instalaciones radiológicas y centrales nucleares. Desde 1990, trabaja en Equipos Nucleares, S.A., siendo actualmente responsable del Área de Servicios, Desmantelamientos y Residuos.

Las resinas han sido almacenadas desde el comienzo de operación de cada unidad (1974, 1975, 1980 y 1982 respectivamente) en seis tanques de grandes dimensiones, cuatro diseñados para albergar unos 200 m³ de resinas de baja actividad y dos de unos 350 m³ para almacenar resinas de media actividad.

Los tanques se encuentran situados en los edificios auxiliares AB-1 (para almacenar las resinas procedentes de las unidades 1 y 2) y AB-2 (para las resinas procedentes de las unidades 3 y 4).

Los tanques solo disponen de un acceso en la parte superior consistente en una boca de hombre de 1m x 1m para los de baja actividad, mientras que los de media tienen un diámetro de 0,53m.

La complejidad de la caracterización reside en los siguientes aspectos:

- Poca disponibilidad de información sobre su origen (sistemas) y generación.
- Elevadas cantidades que dificultan su manejo y que generan un importante riesgo de exposición.
- Generación durante los periodos operativos de la central por lo que las resinas pueden tener características físico-químicas y radiológicas diferentes.
- Tiempo prolongado de almacenamiento, lo que ha dado como resultado un posible decantamiento con la formación de una capa de agua y de resinas y un decaimiento de su radiactividad.
- Los tanques no disponen de agitador ni capacidad de recirculación, por lo que existe una gran heterogeneidad de las resinas.
- Dificultad de acceso a los tanques para su muestreo y extracción. Solo existe una *boca de hombre* en la parte superior de los mismos.
- Mezcla con otros tipos de residuos, como aceite, agua y gravas que dificultan la extracción de las muestras.

Las limitaciones detalladas anteriormente obligan al desarrollo de una metodología compleja que incluye asimismo la preparación de la instalación y el entrenamiento del personal para adquirir las capacidades necesarias para la caracterización de las resinas en sus propios laboratorios, tal y como se detalla más adelante.

REQUISITOS DE LA NORMATIVA DE BULGARIA

El objetivo final es acondicionar las resinas de tal forma que cumplan los requisitos establecidos en la normativa de aplicación en Bulgaria *Regulation for safe management of radioactive waste* para los bultos de categoría 2a que corresponden con:

Categoría 2a – residuos de baja y media actividad que contienen radionucleidos en concentraciones que no requieren medidas especiales de extracción de calor durante su almacenamiento. Contienen principal-

Propiedades físico-químicas	Medidas radioquímicas
pH Densidad Humedad Tamaño de partícula Boratos Sulfatos Fosfatos Cloruros Detergentes Aceites y grasas	Actividad alfa y Beta-gamma total Emisores beta-gamma: Co-60, Cs-134, Cs 137, Mn 54, Ag-110m. Emisores beta débiles: H-3, C-14, Ni-59, Ni-63, Sr 90, Nb-94, Tc-99, I-129, Pu-241, Fe-55. Emisores alfa: U-233, U-234, U-235, U-238, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-242, Cm-242, Cm-244, Am-241.

Tabla 1. Determinaciones para la caracterización.

mente radionucleidos de vida corta (con un periodo de semidesintegración menor o igual al del Cs-137) y radionucleidos alfa de vida larga con una actividad específica menor o igual a 4.106 Bq/g en un contenedor y menor o igual a 4.105 Bq/g para todo el volumen del residuo.

Por otra parte, las medidas solicitadas por las autoridades búlgaras para la caracterización de las resinas son las que aparecen en la Tabla 1.

SOLUCIÓN PROPUESTA POR ENSA-GNFE

Como ya se ha indicado, uno de los retos del proyecto es lograr una correcta caracterización de las resinas solventando su heterogeneidad y disposición, de forma que se han desarrollado diferentes alternativas teniendo en consideración los siguientes aspectos:

- Posibles modificaciones de diseño que puedan mejorar la homogeneización o representatividad de las muestras.
- Estrategias de muestreo que garanticen la caracterización del tanque y del bulto final.
- Equipos de caracterización disponibles tanto en planta como en el mercado para la caracterización de muestras y bultos.
- Metodologías de asignación de actividad a bulto empleadas habitualmente tanto de isótopos de fácil como de difícil medida.
- Criterios Alara tenidos en cuenta para el transporte, manipulación y almacenamiento de muestras, cálculo de blindajes y otros.

Como resultado del análisis de los condicionantes indicados, finalmente se ha diseñado un plan de muestreo específico para cada uno de los tanques que ha tenido en cuenta parámetros como los siguientes (Figura 1):

- Numero de muestras a tomar.
- Localización de las muestras.
- Cantidad mínima de resinas (y de otros residuos como arena, grava, carbón activo, etc. si aplica) por cada una de las muestras.
- Tiempo estimado de muestreo en el tanque.
- Aspectos específicos del tanque a tener en consideración (características

geométricas accesibilidad, nivel de las resinas, presencia de otros residuos).

Además del diseño de un plan de muestreo *ad hoc*, es necesario tener acceso a todos los puntos internos del tanque para realizar un muestreo representativo. Esta dificultad se ha solventado mediante el diseño de dos equipos de muestreo cuyo objeto es extraer muestras en los puntos establecidos. Estas herramientas son un brazo articulado retráctil para el tanque de media actividad, y una pértiga rígida de largo variable para muestrear la arena y la grava de los tanques de media actividad y los residuos del de baja actividad.

En el primer caso, el equipo de muestreo constará de un brazo articulado de manera que se pueda acceder a todos los puntos del tanque como se muestra en la Figura 2.

El equipo será introducido por la *boca de hombre* siendo capaz de girar 360° en el interior del tanque para poder alcanzar la posición angular deseada y extender el brazo radialmente hasta la vertical fijada. Por último, el dispositivo para coger la muestra desciende al punto de muestreo correspondiente.

En el segundo caso, la pértiga tendrá un largo variable, a medida que se conexionan entre si tramos desmontables, para acceder a cualquier profundidad del tanque. La pértiga irá montada sobre una mesa de posicionamiento que además permitirá que se pueda inclinar hasta 30 grados para ser capaz de muestrear diferentes puntos del mismo (Figuras 3 y 4).

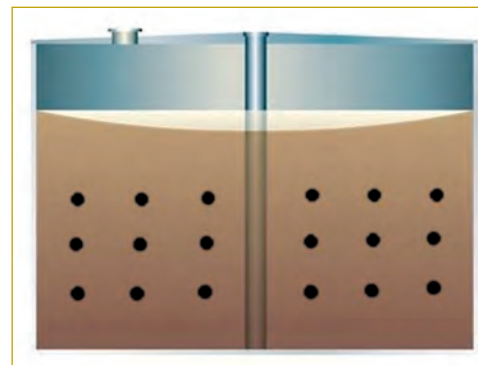


Figura 1. Plan de muestreo

Para asegurar la mayor representatividad posible y comprobar si se cumple con los criterios de aceptación de la regulación de Bulgaria se van a acometer las medidas en dos fases:

- En la primera fase se realizarán, para todas las muestras extraídas del tanque, las medidas de actividad de los emisores beta-gamma, de beta total y de alfa total y de los parámetros químicos solicitados. De esta manera se elaborará un mapa radioquímico calculando la distribución isotópica beta gamma y alfa de cada uno de los tanques y se conocerán en detalle las condiciones fisicoquímicas de cada uno de los puntos muestreados pudiendo “zonificar” el tanque con residuos de características similares. Asimismo, se podrá estimar la cantidad total de actividad beta-gamma y alfa de cada tanque.
- En la segunda fase se escogerán, a partir de los resultados obtenidos en la primera fase, los puntos donde se determinarán todos los isótopos de difícil medida solicitados por las autoridades búlgaras para, posteriormente, calcular los factores de escala (relación entre los isótopos de difícil medida con los de fácil medida).

Los factores de escala y su incertidumbre asociada, se calcularán atendiendo a criterios conservadores y su definición exacta dependerá de los resultados obtenidos en las medidas de actividad de las muestras.

Una vez determinados los factores de escala y la incertidumbre asociada, se estimará el nivel de actividad esperado para los bidones y así verificar que se cumplen los criterios de aceptación.

EQUIPOS Y ENTRENAMIENTO NECESARIOS

Como se ha indicado anteriormente, previo a la realización de las medidas es necesario dotar a los laboratorios de los equipos necesarios así como entrenar al personal de la central para la realización de las medidas.

Para ello, se están llevando a cabo auditorías en la instalación con objeto de

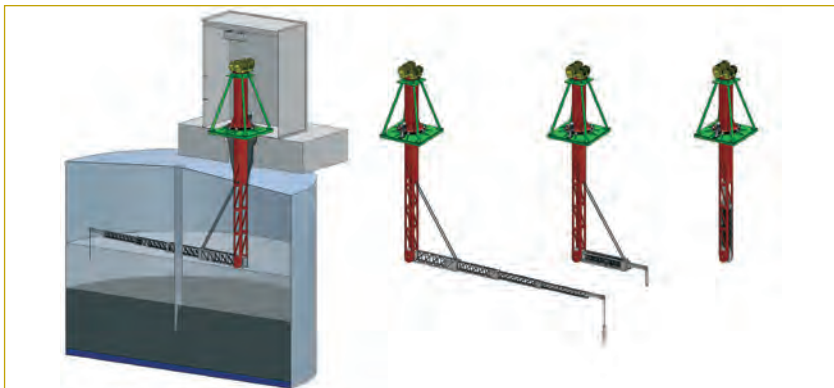


Figura 2. Brazo articulado.

conocer *in situ* las capacidades de las instalaciones, de los materiales y del personal que existen en la KNPP para el manejo y transporte de las muestras y para la realización de las determinaciones.

A raíz de las conclusiones extraídas en dichas auditorías se determinarán las condiciones de los laboratorios y los equipos necesarios para poder llevar a cabo todos los análisis. Los laboratorios serán capacitados o instalados en áreas definidas bajo especificaciones preparadas por nuestro equipo de proyecto.

Asimismo, se diseñará e implementará un programa de formación y entrenamiento muy especializado para dotar al personal del conocimiento adecuado en las determinaciones físicas, químicas y radioquímicas requeridas.

La formación y entrenamiento del personal supone un hito tecnológico en el sector nuclear del país, que carece de experiencia en la caracterización de este tipo de residuos y de experiencia en la determinación de ciertos radionúclidos. Para ello, el Consorcio ENSA-GNFe cuenta con la colaboración del Ciemat, concretamente de la Unidad de Residuos de baja y media actividad de la División de Fisión Nuclear con amplia experiencia en proyectos de investigación, desarrollo e innovación sobre caracterización química y radioquímica de residuos radiactivos.

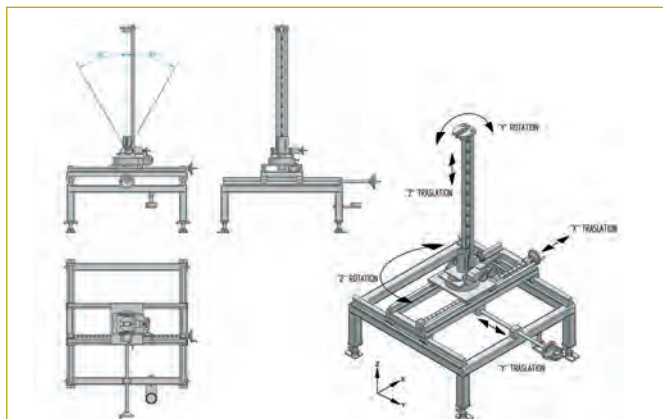
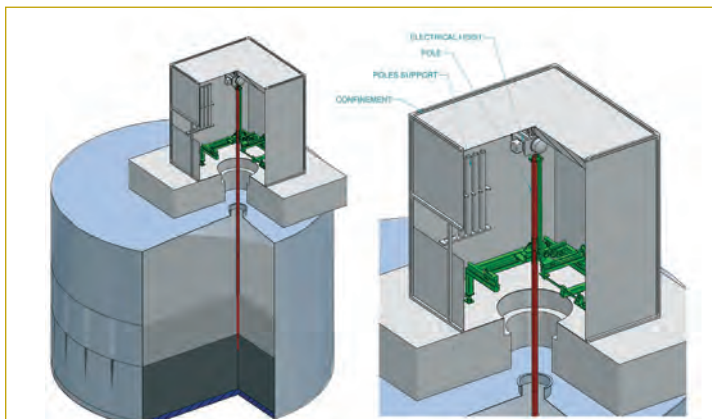
El programa de entrenamiento se realizará en dos fases: la primera en los laboratorios del Ciemat y posteriormente en los laboratorios de la central de Kozloduy una vez que los equipos de laboratorio estén disponibles.

CONCLUSIONES

Este proyecto permitirá establecer un marco de experiencia en la caracterización de este tipo de residuos acumulados e históricos presentes también en centrales nucleares de otros países.

Permitirá asimismo adquirir experiencia directa en procesos de medida en laboratorio y en estadísticas de comparación con muestras de difícil representatividad, que permitan ajustar los modelos y los test de comparación, para así establecer relaciones entre diversos isótopos. Esto podrá servir de base para residuos con problemáticas similares.

La gestión de este complejo proyecto supondrá por tanto, la aplicación de una caracterización específica para las resinas en el amplio rango de actividades que afectan en la misma, desde el asesoramiento y la capacitación de las instalaciones y del personal de la C.N. Kozloduy, hasta la realización de todas las determinaciones físicas, químicas y radiológicas solicitadas por las autoridades búlgaras, pasando por la gestión de todas las partes implicadas tanto de la central como externas a ella.■



Figuras 3 y 4. Sistema de pértiga desmontable.