

NOTA TÉCNICA

Comisión Técnica de la SNE

FULL SCALE ENGINEERED BARRIERS EXPERIMENT IN CRYSTALLINE HOST ROCK (FEBEX)

EUROPEAN COMMUNITY 4TH PROGRAMM NUCLEAR FISSION SAFETY

INTRODUCCIÓN

El objetivo global del 4º Programa Marco de la UE es estimular una colaboración muy estrecha entre los distintos países de la misma involucrados en la utilización de la energía nuclear de fisión, con objeto de conseguir una base de conocimiento común que permita encontrar soluciones adecuadas a los problemas abiertos hoy, tanto a nivel general como al específico de cada país en este campo.

Una de las principales preocupaciones de ENRESA, a la hora de definir sus programas de I + D, ha sido combinar la complementariedad de los mismos con los desarrollos internacionales, manteniendo, no obstante, las especificidades y necesidades propias del programa español de gestión de residuos radiactivos.

Con la participación en los Programas de la UE, ENRESA ha conseguido una integración y presencia internacionales en el área de la gestión de los residuos radiactivos muy superior a la alcanzada en otras áreas más tradicionales del conocimiento científico o del desarrollo industrial. Ha conseguido además una sincronía adecuada entre las propuestas propias y las de la UE, de forma que las inversiones realizadas son inferiores que las que habrían sido necesarias si se hubieran acometido los proyectos exclusivamente dentro del marco nacional.

En este 4º Programa, ENRESA se encuentra en 27 proyectos, de los que 12 son de participación directa y 15 de participación indirecta.

El coste total de los proyectos en los que ENRESA participa es de 9.085 M ptas, la UE contribuye a estos con 3.509 M ptas, de los que 829,5 van directamente a ENRESA y sus contratistas. La financiación de ENRESA para los mismos es de 1071 M ptas.

De los proyectos en que esta involucrada ENRESA destaca, por su importancia económica, técnica y estratégica, el denominado FEBEX, que es el objeto de esta Nota Técnica. La participación de ENRESA en el mismo es directa (firma el correspondiente contrato con la UE).

ANTECEDENTES

Los residuos radiactivos de alta actividad en

España, donde no se reprocesa el combustible, son los propios elementos combustibles, que, una vez agotada su capacidad útil de ser fisiónados, se sacan del reactor y se almacenan en las piscinas de la central nuclear para su enfriamiento y almacenamiento provisional.

Para el almacenamiento definitivo de estos residuos, existe en la actualidad un amplio consenso, en los países avanzados, de llevarlo a cabo en formaciones geológicas profundas.

Para realizar la evaluación de la seguridad de un Almacén Geológico Profundo (AGP), respecto al aislamiento de residuos de alta actividad, es necesario comprender el comportamiento de las barreras de ingeniería y la formación rocosa en el campo próximo. También es necesario demostrar la factibilidad del concepto del AGP en condiciones similares a las que se espera encontrar en la realidad, misma escala y condiciones naturales de hidratación en las mismas condiciones de carga térmica producida por la caída energética del residuo.

La factibilidad de las barreras de ingeniería deberá ser evaluada mediante ensayos in situ.

OBJETIVOS

El proyecto FEBEX, pretende demostrar la factibilidad de la construcción y colocación de la barrera de ingeniería, incluyendo el proceso de manufactura de los bloques compactos de bentonita, control de calidad y sistemas de seguimiento y control de la instalación in situ a escala real, en una galería construida al efecto en el laboratorio de Grimsel (Suiza) por NAGRA. Se completa el experimento con un ensayo en maqueta, en condiciones controladas, ubicado en el Cimat. Se pretende asimismo analizar las técnicas de desmantelamiento de este tipo de barreras.

También se persigue estudiar los procesos termo-hidro-mecánicos (THM) en el campo próximo, principalmente en el material de sellado, mediante el análisis de los datos obtenidos por 600 sensores instalados en cada uno de los experimentos, a la vez que verificar parcialmente y validar el código BRIGHT y otros códigos y ecuaciones constitutivas para arcillas expansivas no saturadas.

Finalmente se propone identificar los procesos de alteración en la barrera y su modelización, así como investigar la generación de gas y su transporte.

ACTIVIDADES

Experimento a escala real in situ. Caracterización de la zona de ensayo y realización de la galería. Diseño de componentes y de la instalación (unidad de calentamiento, elección del material bentonítico y cemento de sellado, sistemas de instrumentación, control y transmisión de datos). Control y seguimiento de la fase de calentamiento. Ensayos en maqueta. Desarrollo y puesta a punto de los procesos y técnicas de la elaboración de bloques compactados de bentonita. Diseño, instalación y control de los sistemas de medida y evaluación de la metodología. Respuesta THM de la barrera de arcilla bajo condiciones controladas de calentamiento y saturación. Emisión y transporte de gas. Calibración y validación parcial de los códigos numéricos de comportamiento THM.

Ensayos en laboratorio con materiales de relleno. Ensayos de caracterización, de determinación de las leyes constitutivas del comportamiento termohidromecánico y geoquímicos.

Modelización. Inventario y desarrollo de códigos y leyes constitutivas. Experimento de modelización del ensayo en maqueta e in situ. Modelización geoquímica.

Integración y comparación de resultados obtenidos tanto en maqueta como in situ.

PARTICIPACIÓN DE ENRESA

La participación de ENRESA en el proyecto de la UE "FEBEX", se encuentra recogida dentro de un serie de proyectos de mayor alcance contratados por ENRESA a la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Asociación de Investigación Tecnológica de Equipos Mineros (AITEMIN), Universidad de La Coruña (ULC), U.OVIEDO, DMIBERIA, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid (ETSIMM).

El proyecto tendrá una duración de 4 años (96-00), y las labores concretas a desarrollar por las distintas empresas participantes son las siguientes:

ENSAYOS A ESCALA REAL IN SITU (CIEMAT, UPC, AITEMIN)

Caracterización hidráulica de la zona, ejecución de sondeos con recuperación de testigo, prospección geofísica. Realización de 2 sondeos horizontales y 23 radiales respecto a la galería construida. Determinación de las presiones del agua y propiedades hidráulicas de la masa rocosa debidas a la construcción de la galería. Desarrollo de ensayos en muestras rocosas para conocer las propiedades THM. Realización de perfiles de la galería y caracterización geoquímica del agua subterránea.

Elaboración de bloques de arcilla compactada (bentonitas españolas). Diseño y adquisición del equipo e instrumentación de medida y de la instalación, se pretende obtener un seguimiento y control en tiempo real de la realización de los ensayos.

ENSAYOS EN MAQUETA (CIEMAT, ULC, CSIC)

Desarrollo y puesta a punto de técnicas de elaboración de bloques de bentonita compactada.

Diseño e instalación de sistemas de control de medidas y evaluación de metodologías. Respuesta THM de la barrera de arcilla bajo condiciones controladas de hidratación. Emisión y movilización de gases. Calibración y parcial validación de códigos numéricos del comportamiento THM.

Alteración química de la barrera, su influencia mecánica y propiedades de retención hídrica de la arcilla. Corrosión del canister bajo condiciones simuladas de un almacenamiento real. Migración de radionucleidos, seguimiento de los ensayos en células termohidráulicas.

ENSAYOS EN LABORATORIO SOBRE MATERIAL DE RELLENO (CIEMAT, UPC).

Identificación de la conductividad hidráulica para diferentes densidades, gradientes de saturación, presión de hinchamiento, conductividad térmica, curva de retención de agua, etc. Determinación del grado de alteración química ocurrido durante el desarrollo del experimento.

MODELIZACIÓN (ULC, ETSIMM).

Determinación de las leyes mecánicas constitutivas de la bentonita, mediante modelos elasto-plásticos y material de doble porosidad.

Modelización de las heterogeneidades en la barrera en particular entre los huecos de los bloques de bentonita.

Establecimiento de algoritmos numéricos que resuelvan los problemas.

Establecimiento de las propiedades químicas de la barrera tras el análisis de los resultados obtenidos en laboratorio y tras el estudio de las muestras de bentonitas tratadas tras el desmantelamiento del ensayo.

ORGANISMOS PARTICIPANTES

En la realización de este proyecto están involucradas la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA), el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), la Asociación de Investigación Tecnológica de Equipos Mineros (AITEMIM), Groupement pour l'Etude des Structures Souterraines de Stockage (G3S), Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA), Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS) y National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste (NAGRA).

El coste de la fase actual supera los 1.200 millones de pesetas, siendo financiado por la UE en un 40%.