

PRUEBAS EN CALIENTE REALIZADAS EN EL DEPÓSITO CENTRAL DE MATERIAL FISIONABLE ESPECIAL IRRADIADO (DCMFEI) Y VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD DURANTE LA LIMPIEZA DE SEIS EECC.

Ciávaro, M.¹, Blanco, M. S.¹, Martínez, L. G.¹, Coppo, A.¹, Soto, P. G.¹, Iglesias, D.¹, Huergo, E.¹, López, M.¹, Rosales, N.¹, Goyaud, R.¹, Morales, P. A.¹

¹ Comisión Nacional de Energía Atómica.

RESUMEN

Luego de comprobar que los componentes, equipos y sistemas que se emplearían durante la descontaminación y traslado de EECC cumplían satisfactoriamente con sus bases originales de diseño y con los criterios de performance pertinentes, se solicitó a la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) la autorización necesaria para comenzar con las pruebas en caliente. Las mismas abarcarían prácticamente todas las operaciones en el interior del DCMFEI, sin contemplar el traslado de EECC desde el DCMFEI hasta la Facilidad de Almacenamiento de Combustibles Irradiados en Reactores de Investigación (FACIRI).

Al respecto se verificó el correcto funcionamiento de todos los equipos y sistemas de seguridad tales como: videocámaras, sistemas de manipulación remotos, equipos de medición, etc. frente a un considerable campo de radiación. De esta manera durante estas verificaciones fue posible efectuar una inspección visual de seis elementos combustibles (EECC).

Adicionalmente se comprobó el óptimo funcionamiento del sistema de descontaminación de EECC conjuntamente con el sistema asociado al tratamiento del agua de la pileta. Referente al primer sistema, durante las mediciones efectuadas en el DCMFEI se empleó un detector de NaI(Tl) de 2" x 2", mientras que el segundo sistema fue monitoreado mediante sucesivas mediciones efectuadas con un detector de GeHP en otra instalación.

El agua desde el cual se llevan a cabo las mediciones con el detector de NaI(Tl) se encuentra en recirculación permanente en el interior de un equipo estanco y manteniendo un caudal constante, de modo que cuando el elemento combustible (EC) se encuentra inserto en el interior de este equipo, el agua realiza un barrido superficial de las placas combustibles que lo constituyen. Al respecto se efectuaron seis ensayos, cinco de estos EECC mostraron un incremento de la concentración de actividad la cual oscila entre 1 y 15 veces los niveles de fondo previamente registrados. Según información relevada, el EC restante presentaba algún tipo de anomalía entre sus placas combustibles, de manera que cuando este fue ensayado, la respuesta del detector se vio afectada de tal forma que inicialmente el incremento fue 60 veces los niveles de fondo registrados.

Cabe aclarar, que estos resultados conformarán la base para la determinación respecto de la necesidad de encapsular el EC del cual se sospecha la presencia de alguna anomalía.

1. INTRODUCCIÓN

El DCMFEI, una de las instalaciones que integra el Área de Gestión Ezeiza (AGE), consiste en un edificio cubierto de dimensiones: 10 m de ancho, 30 m de longitud y 4 m de altura.

¹ E-mail del Autor. ciavaro@cae.cnea.gov.ar

En su interior, se encuentran instaladas dos baterías, la primera de ellas contiene 6 filas con 16 tubos cada una mientras que la segunda posee 6 filas con 17 tubos; de esta manera totalizan 198 tubos los cuales albergan 185 EECC provenientes del Reactor Argentino RA-3.

Con el fin de realizar el traslado de EECC desde el DCMFEI hasta la FACIRI, en Marzo de 2012 se comenzó con el diseño, construcción y montaje de distintos sistemas y equipos, los cuales permitirían la manipulación, transferencia y descontaminación de los EECC, mejorando de esta manera las condiciones actuales de almacenamiento.

Durante el segundo semestre de 2014 se solicitó a la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) la autorización correspondiente para efectuar las pruebas en caliente, las cuales consistieron en la inspección visual de cinco Elementos Combustibles Normales (ECN) y un Elemento Combustible de Control (ECC). Adicionalmente tal autorización comprendió la descontaminación de cinco ECN y un ECC. Estas pruebas permitieron verificar el correcto funcionamiento del sistema de descontaminación y el sistema de tratamiento del agua de la piletta; adicionalmente se constató que todos los sistemas de manipulación remotos, cámaras, puente grúa y blindajes biológicos funcionaron en óptimas condiciones tal como se lo previó durante la etapa de diseño de estos sistemas.

2. DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS

En el DCMFEI se encuentra emplazada una piletta de acero inoxidable cuyas dimensiones son: 1 m de ancho, 6 m de largo y 2,3 m de profundidad, proporcionando una capacidad de almacenamiento de 12 m³ de agua desmineralizada. En esta piletta se encuentran instalados dos sistemas: el primero de ellos compuesto por dos partes, contiene en su parte inferior un receptáculo con capacidad suficiente para alojar un ECC ó un ECN cuyas dimensiones son: 114 mm de altura, 1661 mm de longitud y 114 mm de ancho; el mismo presenta una tapa de acero inoxidable de ½" de espesor. En sus extremos se encuentran conectadas las tuberías, por donde circula agua desmineralizada impulsada por una bomba centrífuga de potencia suficiente para generar un caudal de 6 m³/h. En su parte superior, un recipiente provisto de válvulas y conectado además a las tuberías mencionadas permitió instalar un detector de NaI(Tl) de 2" x 2" e insertar el canal conteniendo el detector en el seno del agua, de modo de maximizar la eficiencia de detección. El agua desde el cual se llevan a cabo las mediciones se encuentra en recirculación permanente en el interior del equipo estanco y manteniendo un caudal constante, de modo que cuando el EC se encuentra inserto en su interior el agua realiza un barrido sobre las superficies de las placas combustibles.

El segundo sistema está compuesto por una bomba que admite un caudal de 7 m³/h considerando las pérdidas de carga. La tubería conectada a la entrada de la misma, se encuentra conectada también a la piletta de acero inoxidable; de este modo se logró la recirculación constante de los 12 m³ de agua desmineralizada. La salida de la bomba se encuentra conectada a un prefiltro de 5 µm y posteriormente a una columna de intercambio iónico de 40 cm de diámetro y 2,27 m de altura, la cual contiene 100 dm³ de resina Amberlite 252H. El extremo inferior de la columna constituye la descarga, permitiendo retornar nuevamente el agua a la piletta previo pasaje por una trampa de retención con un filtro de 300 µm.

El primer sistema permitió realizar la descontaminación de los EECC y evaluar temporalmente la variación de la concentración de actividad de ^{137}Cs . El segundo de los sistemas, constituido por la columna de intercambio iónico, permitió mantener niveles muy bajos de concentración de ^{137}Cs y ^{60}Co presentes en el agua de la pileta, de manera de mantener un bajo fondo de radiación durante las mediciones mencionadas.

Un puente grúa con capacidad de 2000 Kg, también se encuentra ubicado en el interior del DCMFEI. Este permitió la elevación de los 12 EECC y la transferencia de 6 de ellos desde el correspondiente tubo de almacenamiento hasta la pileta donde se efectuó finalmente la descontaminación.

Durante el diseño de la práctica, frente a la posibilidad de falla tanto de los comandos inalámbricos como de los componentes mecánicos o eléctricos del puente grúa, se previeron sistemas redundantes para la transferencia de los EECC. Cabe aclarar, que dichos sistemas también fueron considerados durante las pruebas en caliente.

Todos los sistemas empleados durante la transferencia de los EECC fueron comandados de manera inalámbrica desde una instalación aledaña al DCMFEI y visualizado mediante videocámaras. Para ello se empleó un doble blindaje emplazado en el Galpón de Automotores (GA), donde se instalaron los monitores asociados a las videocámaras y los sistemas de mando inalámbricos.

Durante la ejecución de todas las pruebas en caliente los trabajadores emplearon su correspondiente dosímetro personal termoluminiscente (TLD). Además cada una de las personas fue provista de un dosímetro de lectura instantánea marca Thermo Electron Corporation modelo mini 6100 EPD, o marca DCM modelo 2000 XB mgp y cuando fue necesario emplearon también un dosímetro de anillo tipo TLD.

3. METODOLOGÍA APLICADA

Durante el primer semestre de 2014, con el objeto de evaluar las condiciones de funcionamiento y operatividad de los equipos y sistemas a emplearse durante la descontaminación y traslado de EECC, se comenzó con las pruebas preliminares desarrollando la práctica desde su inicio hasta el final, para cada caso empleando los dummies correspondientes.

Con el objeto de continuar el proyecto, durante el segundo semestre de 2014 se iniciaron las pruebas en caliente previa verificación del buen funcionamiento de todos los equipos y sistemas de seguridad. Luego de efectuar un relevamiento de los EECC almacenados en el DCMFEI, se seleccionaron 6 de ellos de manera de apreciar visualmente las condiciones de cada uno de estos frente a los distintos períodos de almacenamiento que presentaba cada EC. El total seleccionado correspondió a la mínima cantidad de EECC necesarios para evaluar en primer lugar la viabilidad de emplear las videocámaras frente al elevado campo de radiación y adicionalmente verificar la integridad de los mismos. Cada uno de estos combustibles fueron tomados con una herramienta solidaria a la pasteca del puente grúa y extraídos del tubo de almacenamiento. Toda la operación de ascenso, inspección y descenso fue efectuada de manera remota desde la consola de mando ubicada en el GA y mediante el empleo de

blindajes constituidos por hormigón y plomo. Los EECC involucrados durante esta etapa se enumeran en la Tabla 1.

Tabla 1. Identificación del EC inspeccionado y período de almacenamiento.

Tubo de almacenamiento	Identificación EC	Tiempo de almacenamiento [a]
17	CS014	6,9
39	C060	6,9
174	C034	9,5
134	UC#C009	12,9
105	U#P05	13,4
143	C028	9,0

Finalizada la etapa de inspección sin suscitarse alguna situación que se aparte de las condiciones normales de operación, se seleccionó y procedió a efectuar la descontaminación de 6 EECC, tal como se muestra en la Tabla 2. Esta etapa permitió obtener información complementaria a la anterior, tal como:

- Evaluar el funcionamiento del equipo de descontaminación.
- Verificar el óptimo funcionamiento de la columna de intercambio iónico.
- Verificar el buen funcionamiento de los sistemas frente a elevados campos de radiación.
- Evaluar la respuesta del detector de NaI(Tl) debido al incremento de actividad durante la descontaminación del EC, frente al fondo de radiación aportado por los EECC almacenados en el DCMFEI .
- Medir y registrar los campos de radiación y contrastarlos con los estimados durante el diseño de la práctica.

Tabla 2. EC sometido a descontaminación y períodos de almacenamiento.

Tubo de almacenamiento	Identificación EC	Tiempo de almacenamiento [a]
81	C091	1,8
65	C089	4,8
197	C086	4,8
180	C032	9,0
113	C029	13,4
17	CS014	6,9

Cada uno de estos EECC fue transferido desde el tubo de almacenamiento hasta la pileta, luego de posicionarlo en el interior del compartimiento inferior, se colocó y ajustó la tapa para alcanzar la estanqueidad necesaria. Se efectuó una primera medición para caracterizar el fondo de radiación con el EC inserto en el equipo y evaluar el incremento de la actividad durante la descontaminación del combustible. Referente a este último punto, fue necesario establecer una serie de mediciones periódicas durante 400 segundos para cada EC.

Finalizado el proceso de descontaminación, se procedió a la apertura del compartimiento inferior, extracción del combustible y transferencia a su correspondiente tubo de almacenamiento. Cabe aclarar que todas estas operaciones fueron realizadas en iguales condiciones a aquellas establecidas durante la transferencia desde el tubo de almacenamiento hasta la pileta. Para cada uno de los 5 EECC restantes se procedió de la misma manera, tal como se especificó en el procedimiento de operación.

Cada uno de estos combustibles fueron decontaminados de a una por vez y en distintas jornadas, asegurando de esta manera que durante el tiempo transcurrido entre la descontaminación de un combustible y el siguiente el sistema de tratamiento de agua reduzca suficientemente la concentración de actividad en el agua de la pileta. De esta manera fue factible comenzar una nueva descontaminación y consiguientemente con su rutina de mediciones con un mínimo aporte del fondo de radiación. El funcionamiento de la columna de intercambio iónico fue analizado mediante mediciones periódicas; para cada caso se tomaron alícuotas de agua en distintos momentos durante el tiempo en que el agua permanecía en recirculación traspasando el lecho de resina.

4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Durante la inspección visual de los 6 EECC participaron 5 trabajadores con distintas funciones; el tiempo demandado durante la inspección de los mismos fueron 31 minutos, por lo tanto este fue el tiempo durante el cual los EECC permanecieron expuestos. Tales funciones se especifican en la Tabla 3 conjuntamente con las dosis acumuladas por los mismos.

Tabla 3. Dosis integradas durante la inspección de 6 EECC.

Función	Dosis acumulada
	Hp(10) [μSv]
Responsable de la práctica	6
Jefe de Operaciones	5
Oficial de Radioprotección	<10
Operador	<10
Ayudante	<10

Referente al estado de los EECC almacenados, durante la inspección visual se verificó que todos ellos mantienen su integridad. Cabe aclarar, que durante el desarrollo de la práctica todos los sistemas remotos inclusive las videocámaras, cumplieron con óptimas condiciones de funcionamiento frente a un campo de radiación de 1 Gy.m²/h aproximadamente. Dado que la exposición de los EECC fue realizada de manera remota desde otra instalación y los mismos presentaban distintos períodos de almacenamiento, las tasas de dosis registradas en posición del operador abarcaron un amplio rango (1 µSv/h hasta 13 µSv/h).

Con respecto a la segunda etapa, la transferencia de los 6 EECC hacia la piletta fue realizada desde la misma posición que la anterior, por lo tanto las dosis acumuladas por los trabajadores se especifican en la Tabla 4.

Tabla 4. Dosis integradas durante la transferencia y descontaminación de 6 EECC.

Función	Dosis acumulada Hp(10) [µSv]					
	C091	C089	C086	C032	C029	CS014
Responsable de la práctica	4	-----	-----	-----	1,9	-----
Jefe de Operaciones	<10	3,3	1,6	1,3	0,7	2,4
Oficial de Radioprotección	<10	1,8	1	1	1	<10
Operador I	4	2,2	2	1,6	2,3	1
Operador II	<10	1,2	4	1,6	1,5	0,7
Ayudante	<10	1,7	1	1,3	1,4	0,6

En general cinco de los seis EECC ensayados verificaron un incremento de actividad de ¹³⁷Cs respecto del fondo de radiación, el cual varió entre 1 y 15 veces aproximadamente, pero en los cinco casos no se manifestó un aumento notable de la concentración de actividad con el transcurso del tiempo durante el proceso de descontaminación. En el caso del ECN C029, se registró un aumento de la concentración de actividad al inicio de la descontaminación, alcanzando inicialmente 60 veces los valores de fondo registrados. Dicha concentración de actividad fue aumentando gradualmente hasta alcanzar, al término de 2,5 hs, 97 veces los valores de fondo mencionados, tal como se muestra en la Figura 1. Cabe aclarar, según registros relevados, que este ECN presentaba originalmente altas probabilidades de contener algún defecto en la posición inferior de sus placas próximo a la boquilla. Es importante también mencionar que en todos los casos se verificó la presencia de ⁶⁰Co con distintas concentraciones de actividad, con excepción de aquellas mediciones correspondientes a la caracterización del fondo de radiación. Figuras 2, 3, 4 y 5.

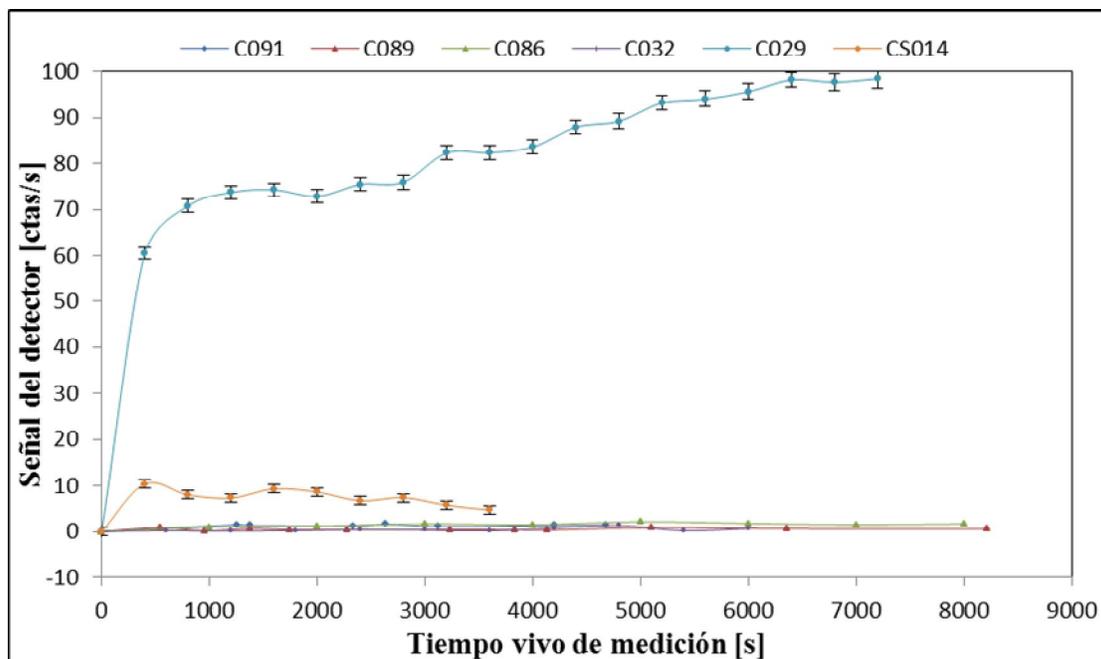


Figura 1. Respuesta del detector debido al aumento de $[^{137}\text{Cs}]$ vs. tiempo de medición.

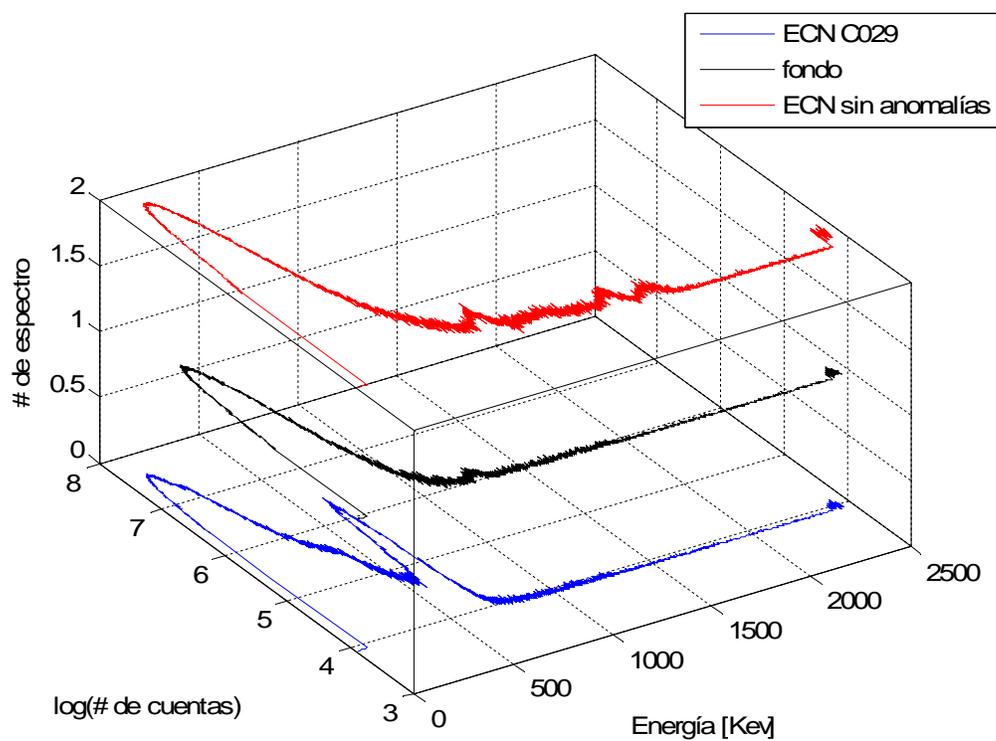


Figura 2. Comparación de espectros luego de 7000 segundos de recirculación.

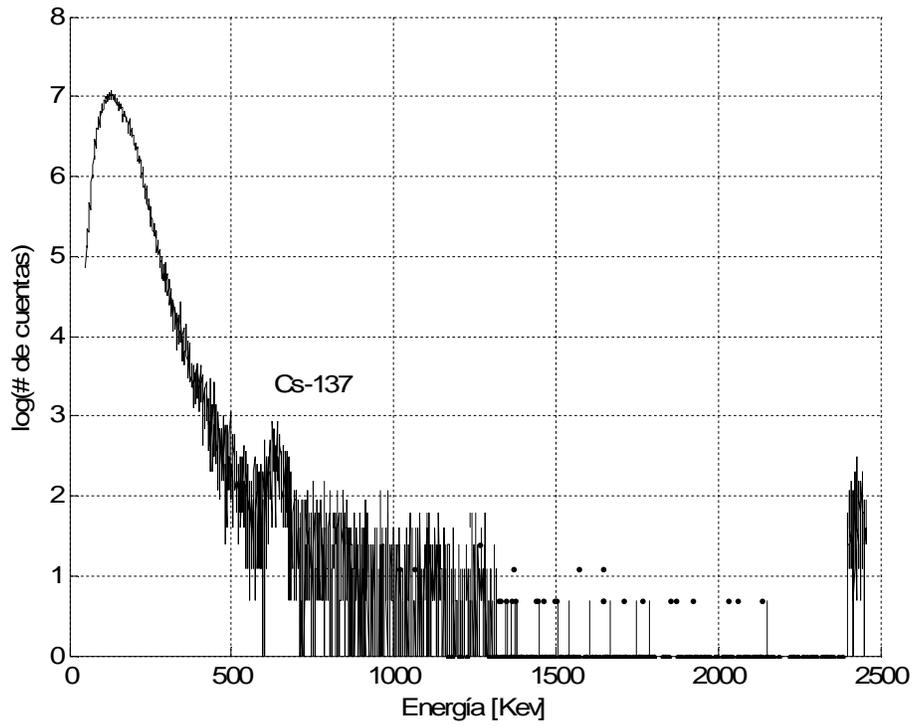


Figura 3. Fondo de radiación presente en el DCMFEI.

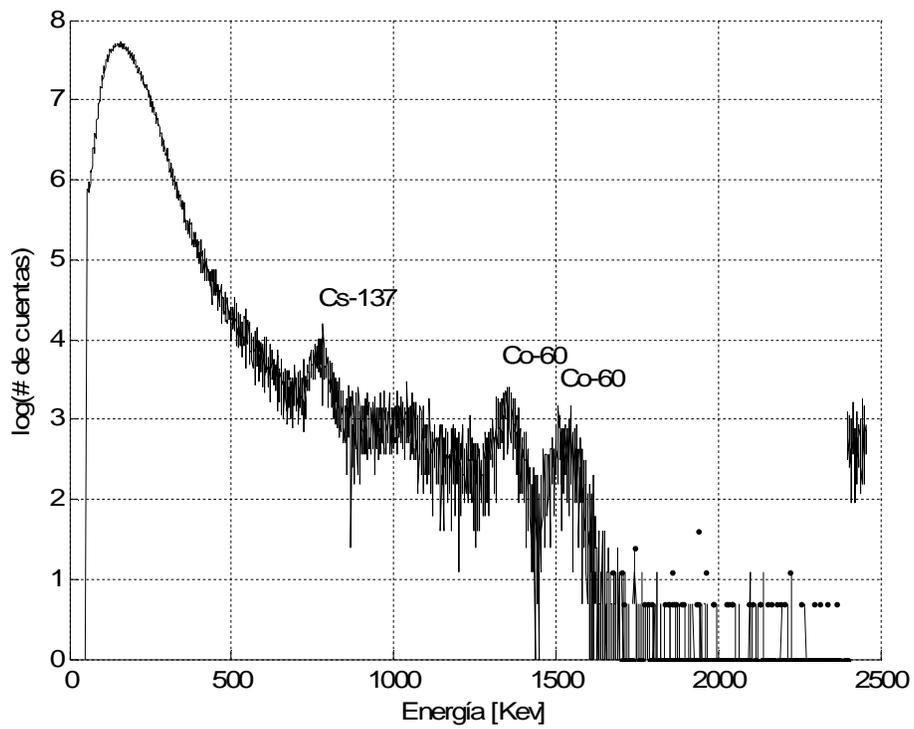


Figura 4. EC C089.

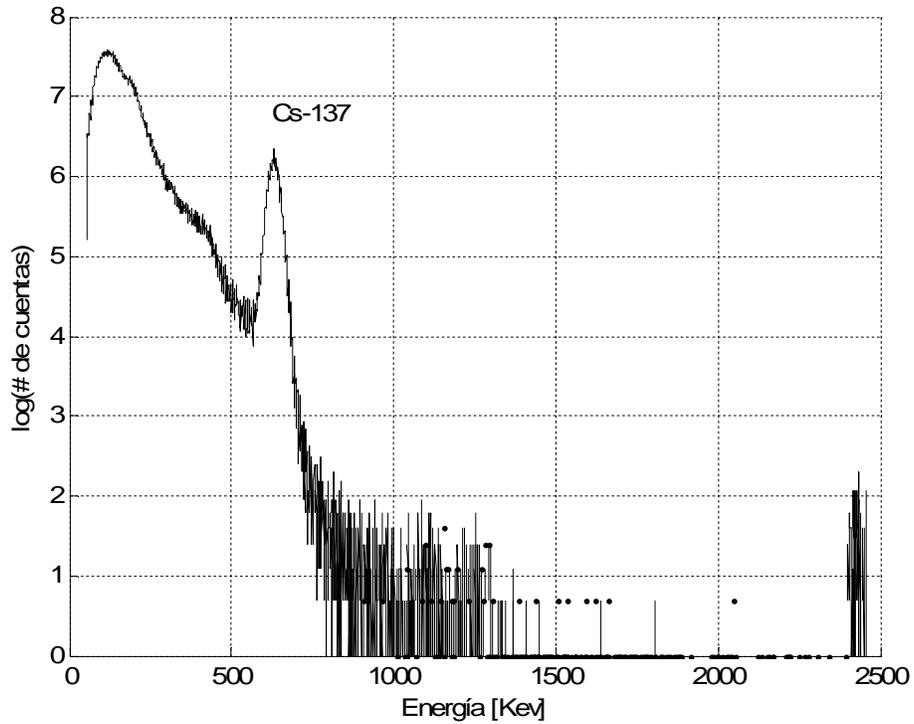


Figura 5. EC C029 con altas probabilidades de poseer anomalías.

Con respecto a la evaluación del agua de la pileta, dado que la misma fue tratada durante toda la práctica mediante el empleo de resinas de intercambio iónico, se verificó una disminución de la actividad de ^{137}Cs presente en la misma la cual se muestra en la Figura 6.

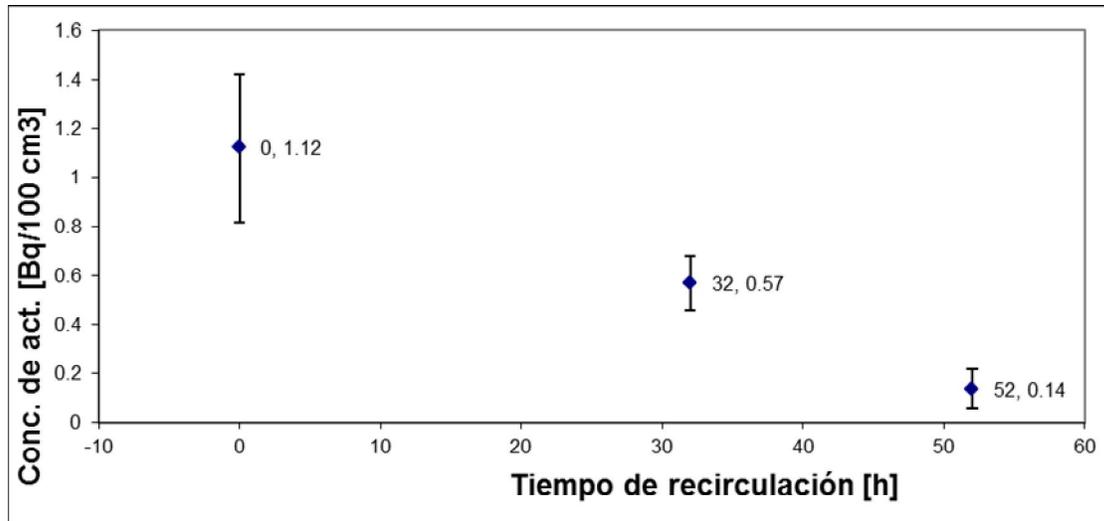


Figura 6. Variación de la concentración de ^{137}Cs presente en el agua de la pileta durante el tratamiento con resina de intercambio iónico.

Adicionalmente se midió y registró un valor de tasa de dosis levemente superior al fondo de radiación; dicho valor alcanzó los $7 \mu\text{Sv/h}$ en algunos puntos que conforman el perímetro de la columna y a una altura de 80 cm. Es importante mencionar que esta altura corresponde con el comienzo del lecho de resina.

Cabe aclarar que estos resultados conformarán la base para la determinación respecto de la necesidad de encapsular el EC del cual se sospeche la presencia de alguna anomalía.

Desde el punto de vista de la protección radiológica la práctica se desarrolló normalmente sin manifestarse incidente alguno según lo previsto en la documentación de referencia para solicitar la autorización de práctica no rutinaria. Las dosis recibidas por los trabajadores fueron tan bajas como razonablemente posibles de lograr, de esta manera se deduce que la radioprotección fue correctamente optimizada.

5. REFERENCIAS

- [1] Knoll, G. F., 1989. Radiation Detection and Measurement, John Wiley & Sons Inc., New York.
- [2] Perrotta, J. A., Terremoto, L. A. A., Zeituni, C. A., 1998. Experience on wet storage spent fuel sipping at IEA-R1 Brazilian research reactor.