

LAS CENTRALES NUCLEARES EN EXPLOTACIÓN Y EL MEDIO AMBIENTE

C. IZQUIERDO

Todo proceso industrial repercute en su entorno medioambiental a través, fundamentalmente, de los efluentes y residuos que inevitablemente se producen. Se trata de un hecho que la sociedad ha venido aceptando sin protestas desde hace decenas de años. Sin embargo, el profundo cambio cultural que afecta a nuestra sociedad ha modificado radicalmente el concepto y el tratamiento de todo lo relacionado con el medio ambiente, replanteándose los criterios de gestión que se han venido utilizando en el pasado al proceder a la evacuación de muchos de estos subproductos.

Como se viene señalando en los últimos tiempos, dos criterios se pueden aplicar para el tratamiento de residuos. El llamado criterio "DD", que consiste en la Dilución del residuo y su Dispersión al medio ambiente, y el criterio "CC", que consiste en su Concentración y Confinamiento.

En aplicación del primer criterio, en muchas zonas de Europa y del resto del mundo pueden verse grandes cantidades de residuos procedentes de la industria minera o metalúrgica, otros se han evacuado a ríos y mares sin haberse tomado interés por evaluar sus consecuencias para el medio ambiente y para las generaciones futuras. Por lo general, sólo tras observarse un considerable aumento de los contaminantes en el medio ambiente se han adoptado medidas para limitarlos.

En el ámbito de la industria nuclear para la generación de energía eléctrica, la situación ha evolucionado de manera distinta. Tal vez por la forma en que la humanidad tuvo conocimiento de las capacidades de la energía nuclear, a través de los efectos devastadores producidos por su utilización militar, esta forma de energía quedó etiquetada como "de alto riesgo". Esta conciencia se vio acrecentada por los efectos biológicos de las altas dosis de radiación y por la dificultad de evaluar con precisión los correspondientes, a largo plazo, a las bajas dosis.

La concepción de alto riesgo de la in-

dustria nuclear contribuyó, sin duda, a que ya desde sus orígenes, a finales de los años 50, las centrales nucleares de producción de energía eléctrica nacieran en todo el mundo con la especial preocupación por un aspecto que las diferenciaba de las demás, que es su potencial impacto radiológico sobre el medio ambiente. Ésto se ha traducido en la implantación desde su concepción de eficaces sistemas para la reducción al máximo de los vertidos radiactivos, tanto líquidos como gaseosos, y de sus residuos radiactivos sólidos. Asimismo, la preocupación por estos últimos las han llevado a aplicar el segundo criterio antes señalado, "Concentración y Confinamiento", y a ser uno de los primeros tipos de industria que incluye en el coste de su producto los costes originados por el posterior almacenamiento adecuado de los residuos que genera.

EL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL EN LA LEGISLACIÓN NUCLEAR ESPAÑOLA

Como ejemplo de lo anterior, cabe mencionar que España antes de incorporar la tecnología nuclear en los años 60 inició su marco legislativo. En Diciembre de 1959 se promulgaron las "Normas para la protección contra las radiaciones ionizantes", que se completan y aclaran con ordenes ministeriales de Febrero de 1960 y Julio de 1962, recogiendo las recomendaciones vigentes de la Comisión Internacional de Protección Radiológica. Posteriormente, la Ley 15/1964 sobre Energía Nuclear, aún vigente, establece entre sus objetivos "la protección de vidas, salud y haciendas de los peligros derivados de la energía nuclear y de los efectos derivados de las radiaciones ionizantes", adquiriendo rango de Ley lo que hasta entonces era la práctica.

Esta misma Ley encomendaba a la entonces denominada Junta de Energía Nuclear, creada en 1951, las tareas de vigilancia y control de los preceptos en

ella contenidos. Dicho organismo optó por requerir el cumplimiento de la normativa aplicable en los países de origen de los proyectos de las centrales nucleares. De este modo se incorporaban, en la práctica, al ordenamiento normativo español las exigencias existentes en otros países en materia nuclear y, entre ellas, las relacionadas con el impacto medioambiental.

El Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas de 1972, al referirse a la documentación requerida para obtener las autorizaciones y licencias pertinentes, requiere la presentación del Estudio de Seguridad, que deberá contener el *Estudio Analítico Radiológico* en el que se justifique de modo razonable que la instalación reúne las debidas garantías para la salud y seguridad de la población, tanto en régimen de funcionamiento normal como en caso de accidente, exigiendo además el estudio del emplazamiento y de sus características geológicas, sismológicas, meteorológicas, hidrológicas, ecológicas, físicas y demográficas.

En 1980 se crea el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) como único organismo competente en materia de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica, transfiriéndole las competencias que sobre esta materia venía desempeñando la Junta de Energía Nuclear. En su Ley de creación se introduce un mayor énfasis en los aspectos medioambientales de las radiaciones ionizantes, explicitándose entre sus funciones las tareas de control y vigilancia radiológica en el interior y en el exterior de las instalaciones nucleares y radiactivas. Tras la creación del CSN se publicó, en 1982, el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (revisado en 1992) actualizando las normas de 1959 y recopilando y derogando otras dispersas que sobre esta materia existían anteriormente.

De este modo, cuando se publica el Real Decreto 1302/1986 de *Evaluación de*

Impacto Ambiental, que regula el impacto ambiental de cualquier actividad industrial, aporta como única novedad para la industria nuclear la exigencia de una coordinación entre el CSN y el Ministerio de Medio Ambiente, para la elaboración de la "Declaración de Impacto Ambiental" que ha de emitirse con anterioridad al funcionamiento de la instalación industrial correspondiente.

LAS FUENTES DE IMPACTO AMBIENTAL DE LAS CENTRALES NUCLEARES

Las centrales nucleares, como plantas que transforman energía térmica en eléctrica, generan algunos tipos de impacto ambiental comunes a las centrales térmicas clásicas. Entre ellos se pueden citar el térmico, el químico el climático de las torres o embalses de refrigeración, el acústico, el visual o el social. No obstante, no generan el principal impacto ambiental de este tipo de instalaciones, normalmente el más conocido, que procede de las partículas y gases de combustión que se descargan al entorno y de las reacciones químicas que éstos producen al ponerse en contacto con la atmósfera.

En las centrales nucleares no hay combustión química sino que el calor que se produce al romperse los núcleos de uranio se transforma en energía eléctrica. Los nuevos núcleos atómicos que se generan en el proceso de fisión, la activación de otros por absorción de neutrones y otras partículas atómicas sobrantes constituyen la fuente del impacto radiológico ambiental de las centrales nucleares. Las centrales están diseñadas para que estos subproductos, en su mayoría radiactivos, quedan confinados en su interior disponiéndose de varias barreras que los separan del medio ambiente. No obstante, pequeñísimas cantidades de estos productos pueden llegar a atravesarlas siendo sometidas a procesos de tratamiento de los que se derivan unos residuos sólidos y unos efluentes líquidos y gaseosos que se emiten al exterior de forma controlada.

Una vez que comienza la operación de una central, se efectúa, por una parte, un seguimiento continuo y exhaustivo de los niveles de radiactividad en sus sistemas y componentes, de los niveles de descarga de los efluentes y de su grado de contaminación, así como de la situación y condiciones de todos y cada uno de los residuos sólidos generados. Por otra, se vigila el impacto radiológico que los efluentes producen en el entorno mediante Programas de Vigilancia

Radiológica Ambiental (PVRMA). De los efluentes descargados y de los resultados de su impacto radiológico en el exterior se informa periódicamente al CSN para su evaluación y control.

LOS EFLUENTES GASEOSOS Y LÍQUIDOS

La operación de las centrales nucleares se efectúa de acuerdo con unos límites establecidos de descarga de efluentes, que se derivan de los límites de dosis para los trabajadores y para el público, basados en los siguientes principios esenciales: (1) no se adoptará ninguna práctica que involucre una exposición a la radiación a menos que su introducción represente un beneficio neto positivo para los individuos expuestos o para la sociedad, (2) todas las exposiciones se mantendrán en niveles tan bajos como razonablemente sea posible, teniendo en cuenta factores sociales y económicos (objetivo ALARA) y (3) la dosis equivalente individual no excederá los límites recomendados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica.*

Adicionalmente a lo anterior, se dispone de unos Niveles de Referencia que, si bien no son límites en sí mismos, constituyen un índice de conocimiento de la situación existente, desde el punto de vista radiológico, en la zona objeto de control.

El artículo 55 del Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes establece: *"Toda evacuación de desechos y residuos radiactivos al medio ambiente requerirá autorización administrativa expresa y se efectuará en las condiciones en que en dicha autorización se especifiquen"*.

Así, en la práctica, las centrales nucleares españolas disponen de unos límites autorizados de vertido y unos niveles de referencia que se recogen en las Especificaciones de Funcionamiento y que se detallan en el Manual de Cálculo de Dosis al Exterior. Dicho documento recoge, en síntesis: (1) los límites de concentración de los efluentes y las dosis máximas permitidas en el exterior, como consecuencia del vertido de los efluentes, (2) los requisitos de operación y de mantenimiento de los instrumentos que vigilan las descargas, (3) el programa de recogida de muestras y, en general, todo el programa de control de efluentes radiactivos, (4) una descripción detallada de las vías de emisión y de su vigilancia y (5) la metodología de cálculo empleada tanto para establecer los puntos de tarado de los instrumentos de vigilancia como para el cálculo de las dosis en el exterior.

LA VIGILANCIA Y EL CONTROL DE LOS EFLUENTES

La vigilancia y control de los vertidos se efectúa, de forma complementaria, desde la doble vertiente de los propios efluentes radiactivos y del medio ambiente receptor de los mismos. El *sistema de vigilancia de efluentes* permite controlar el nivel de actividad de los efluentes gaseosos y líquidos antes de su descarga al exterior. El *sistema de vigilancia radiológica ambiental* mide los niveles de radiactividad en el medio ambiente circundante a la instalación.

Las medidas de vigilancia y de control de efluentes de las centrales nucleares tienen entre sus objetivos los siguientes:

- Verificar el cumplimiento de los límites autorizados,
- Permitir la evaluación del comportamiento de la central, especialmente de los sistemas de tratamiento de residuos y de efluentes.
- Permitir la evaluación del impacto radiológico ambiental y la estimación de las dosis anuales potenciales al público y a los trabajadores de la central,
- Disponer de una información precisa sobre la identidad y cantidad de elementos radiactivos específicos en los efluentes emitidos,
- Detectar e identificar inmediatamente la naturaleza y proporción de cualquier emisión anómala,
- Activar sistemas de alarma y respuesta cuando se superan unos límites previamente establecidos.

Con el fin de asegurar que se cumplen los objetivos indicados, se establece un programa minucioso que permite asegurar la vigilancia permanente de las emisiones continuas y medir e identificar las características del efluente previamente a su descarga en el caso de las emisiones discretas. El programa (1) establece la situación de los puntos de vigilancia de forma que se controle todo camino de emisión y asegura que se identifica, de forma rápida, cualquier emisión anormal, (2) asegura que los datos obtenidos son representativos y (3) considera los contaminantes más significativos.

A fin de cumplir con los objetivos y el programa, las centrales nucleares disponen de métodos de vigilancia de efluentes entre los que caben destacar:

- *Los sistemas de vigilancia radiológica de áreas y de procesos:* Permite medir y controlar el nivel de contaminación de las diferentes áreas de la central y de los fluidos que circulan por las tuberías y conductos de los diferentes sistemas a fin de conocer la necesidad de procesarlos por los sistemas de tratamiento de

*Estos límites se encuentran recogidos en el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes, incorporándose de este modo a los preceptos reglamentarios de nuestro país.

	LIQUIDOS			GASES			
	TRITIO	GAS.	TOTAL SIN TRITIO NI GAS. DISU.	GASES NOBLES DISU.	HALÓGENOS	PARTÍCULAS	TRITIO
JOSÉ CABRERA	2,43 E+12	3,58 E+09	8,45 E+07	1,49 E+13	2,17 E+08	2,26 E+06	3,06 E+10
GAROÑA	6,28 E+11	<LID	1,06 E+09	4,47 E+12	8,05 E+07	1,67 E+07	4,02 E+11
ALMARAZ (I+II)	6,74 E+13	4,40 E+07	1,10 E+10	9,71 E+12	4,74 E+07	1,45 E+06	7,58 E+12
ASCO (I+II)	5,22 E+13	8,60 E+08	1,28 E+10	1,52 E+13	1,05 E+07	1,53 E+07	2,02 E+12
COFRENTES	5,43 E+10	<LID	6,13 E+07	7,91 E+12	1,78 E+09	2,41 E+07	2,48 E+12
VANDELLOS II	3,35 E+13	3,73 E+08	9,49 E+09	1,15 E+10	4,47 E+06	1,27 E+05	5,16 E+11
TRILLO	8,12 E+12	<LID	5,60 E+08	3,51 E+12	2,19 E+09	2,13 E+06	7,88 E+11

TABLA 1. EFLUENTES RADIATIVOS DESCARGADOS EN 1998 POR LAS CC.NN. ESPAÑOLAS. (Becquerelios).

residuos correspondientes, líquidos, gaseosos o sólidos, así como la eficacia de éstos. A su vez permite generar actuaciones automáticas o señales de alarma cuando los niveles de contaminación superan unos valores predeterminados.

- *La toma de muestras y el análisis radiológico.* Con el fin de asegurar que la descarga de los efluentes cumple con los límites establecidos, regularmente se efectúa la toma de muestras y su posterior análisis radiológico. Esta toma de medidas es complementaria a la vigilancia realizada por los sistemas de vigilancia de áreas y de procesos, que detectan actividad radiactiva global. El análisis de muestras permite conocer cada uno de los elementos radiactivos que contiene el efluente.

- *Los controles administrativos.* Aseguran que cada emisión de efluentes cuenta con el correspondiente Permiso de Descarga. Su objetivo es verificar el cumplimiento con los límites autorizados y asegurar la obtención de datos para la evaluación del impacto ambiental y la disponibilidad de registros exhaustivos de las emisiones realizadas.

En la tabla 1 se recoge, a título de ejemplo, los efluentes descargados en 1998.

A partir de toda la información disponible sobre las descargas se efectúa la evaluación de su impacto radiológico al exterior estimándose las dosis que podría recibir la población del entorno y asegurando que no se superan los límites establecidos. Los resultados de dicha estimación se presentan periódicamente al CSN para su evaluación.

LOS PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL

Adicional e independientemente de la vigilancia y control de los efluentes descargados por las centrales nucleares, éstas disponen de *Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental* que se aplican a la zona comprendida en un radio de 30 Km alrededor del emplazamiento. Su objetivo es vigilar el impacto radiológico que se produce en el entorno, midiendo los niveles de contaminación del aire, las aguas, los suelos y los alimentos.

En la zona comprendida en el radio de 30 Km alrededor de cada central, se seleccionan de 30 a 40 puntos en los que se realiza la vigilancia. La selección se efectúa en todas las direcciones y teniendo en cuenta las características demográficas, los usos de la tierra, los cultivos y ganaderías existentes en la zona, las

aguas superficiales y/o subterráneas, las direcciones predominantes de los vientos y, en general, considerando todas las posibles fuentes de contribución a las dosis que podría recibir la población tanto por los hábitos de consumo como por los hábitos recreativos o usos industriales.

El acceso a los diferentes puntos de vigilancia y muestreo se establece a través de rutas seleccionadas, que permiten optimizar la

recogida periódica de datos y muestras. En función de los tipos de datos o muestras a recoger la periodicidad varía entre una y varias semanas. Las muestras recogidas se analizan posteriormente con el fin de identificar los niveles de contaminación radiactiva y la composición de los elementos radiactivos que la componen.

Aualmente cada una de las centrales registran datos directos y recogen un promedio de 1.300 muestras. En la tabla 2 se indican las recogidas en 1998. De cada una de ellas se efectúan uno o varios análisis que generan un volumen de datos superior a los 5.000 por central. Adicionalmente, se recogen muestras de "control de calidad" que permiten contrastar los resultados de los análisis efectuados con el fin de asegurar que éstos son correctos. El CSN, por su parte, recoge sus propias muestras que le permiten comprobar los resultados obtenidos por el explotador de la central.

A partir de los datos recogidos y

		J. CABRERA	GAROÑA	ALMARAZ	ASCÓ	COFRENTES	VANDELLOS II	TRILLO
ATMÓSFERA	PARTÍCULAS DE POLVO	451	336	312	412	364	371	312
	YODO EN AIRE	452	312	312	256	312	371	312
	DOSÍMETROS LECT. DIR.	350	255	82	80	75	96	82
	VAPOR DE AGUA	63	-	-	-	-	-	-
AGUAS	AGUA DE LLUVIA	64	66	59	48	56	32	44
	AGUA POTABLE	287	96	78	104	156	4	154
	AGUA SUPERFICIAL	40	48	127	208	130	-	104
	AGUA SUBTERRÁNEA	-	24	12	8	8	29	-
	AGUA DE MAR	-	-	-	-	-	69	-
SUELOS	SEDIMENTOS	7	12	20	8	12	7	14
	ARENA DE PLAYA (RÍO)	3	-	-	-	-	7	-
	SUELOS	11	6	7	11	7	10	2
ALIMENTOS	LECHE	85	96	260	52	96	70	65
	PESCADO	8	6	16	2	4	5	6
	MARISCO	-	-	-	-	-	4	-
	CARNE, AVES Y HUEVOS	16	12	33	12	20	10	21
	CULTIVOS	22	32	58	29	57	12	20
	MIEL	3	-	2	-	-	2	2
	ORGANISMO INDICADOR	19	38	11	6	6	7	18
	VEGETALES DE RÍO	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL		1881	1339	1389	1236	1303	1106	1156

TABLA 2. NUMERO DE MUESTRAS TOMADAS EN 1998 POR LAS CC.NN. ESPAÑOLAS.

	TASA DE DOSIS MEDIA mSv/h	ESTIMACIÓN DOSIS ANUAL mSv
Huelva	0,12	1,05
Motril (Granada)	0,13	1,10
Sevilla	0,17	1,49
Tarifa (Cádiz)	0,11	0,92
Jaca (Huesca)	0,17	1,45
Teruel	0,13	1,14
Avilés (Asturias)	0,14	1,18
Palma de Mallorca	0,16	1,36
Sta. Cruz de Tenerife	0,13	1,10
Santander (Cantabria)	0,15	1,27
Quintanar de la Orden (Toledo)	0,17	1,45
Almazcara (León)	0,15	1,31
Autilla del Pino (Palencia)	0,14	1,23
Saelices el Chico (Salamanca)	0,16	1,40
Soria	0,19	1,66
Badajoz	0,12	1,05
Valdecaballeros (Badajoz)	0,15	1,27
Lugo	0,13	1,10
Pontevedra	0,19	1,66
Madrid	0,21	1,80
Murcia	0,13	1,10
Andújar (Jaén)	0,13	1,14
San Sebastián	0,13	1,14
Agoncillo (Rioja)	0,14	1,23
Cofrentes	0,13	1,14
Pedrones	0,13	1,14
Jalance	0,13	1,10
Cortes de Pallás	0,13	1,14

TABLA 3. VALORES MEDIOS DE LA TASA DE DOSIS Y DOSIS ANUAL EN PUNTOS VIGILADOS POR LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS DEL CSN A TRAVÉS DE LA RED "REVIRA" (Estaciones con valor significativo).

mediante códigos de ordenador se calculan las dosis equivalentes que recibe la población de la zona de influencia de las centrales. Los resultados obtenidos indican que en un período anual:

- La dosis externa de radiación varía de unos emplazamientos a otros situándose en el entorno de 1 mSv por año.

- La dosis interna de radiación varía de unos emplazamientos a otros situándose en el entorno de 0.005 mSv por año.

Estos valores están muy por debajo de los niveles que se consideran inocuos para el ser humano y similares a los valores correspondientes al fondo natural. En la tabla 3 se muestran los valores medidos por las estaciones de vigilancia de la red REVIRA, del CSN, que ilustran los datos, fundamentalmente, del fondo natural existente en nuestro país al no estar dichos puntos, en su mayoría, en las proximidades de instalaciones nucleares.

Las centrales informan periódicamente al CSN sobre el desarrollo de los programas, enviándose anualmente los resultados en un informe específico. El CSN a su vez, tras su revisión y aceptación, informa al Congreso y al Senado en sus informes semestrales. En las conclusiones de los informes emitidos el CSN ha venido señalando que:

"Los resultados obtenidos indican que la calidad del medio ambiente, en las zonas vigiladas alrededor de las instalaciones nucleares y del ciclo, se mantiene en condiciones inalteradas desde el punto de vista radiológico, sin que exista riesgo radiológico como consecuencia de la influencia de la operación de las mismas"

LOS RESIDUOS RADIATIVOS SÓLIDOS

Durante el funcionamiento de las centrales nucleares se generan residuos radiactivos sólidos, entendiéndose por tales cualquier material que contiene o está contaminado con elementos radiactivos en concentraciones superiores a las establecidas por las autoridades competentes, y para el que no está prevista ninguna utilización posterior.

Dado que estos residuos no tienen prevista ninguna utilidad, el destino último es su confinamiento en un almacenamiento definitivo, centralizado y controlado. Por ello, el tratamiento que recibe cada uno de ellos en las centrales nucleares va dirigido a su preparación de modo que se encuentre en las condiciones adecuadas para su retirada y almacenamiento definitivo. La responsabilidad de la retirada y gestión final en España de este tipo de residuos recae en la "Empresa Nacional de Residuos Radiactivos" (ENRESA)

Los Residuos Radiactivos De Baja y Media Actividad

Los residuos de baja y media actividad son aquellos que tienen una actividad específica baja, que contienen elementos emisores de radiaciones beta-gamma con períodos de semidesintegración inferiores a 30 años y un contenido limitado en elementos emisores alfa de vida larga, por lo que su actividad va decayendo hasta alcanzar niveles de inocuidad en unos pocos decenios.

El tratamiento dado por las centrales a los residuos de baja y media actividad consiste, básicamente, en su acondicionamiento e inmovilización en bidones de acuerdo con criterios que se han establecido con ENRESA y el CSN para que su almacenamiento definitivo sea aceptable. Los bidones producidos se almacenan temporalmente en las centrales en recipientes específicamente diseñados para este fin, hasta el momento en que son retirados por ENRESA para su transporte y gestión definitiva.

El acondicionamiento se efectúa mediante tratamientos específicos que les dan unas adecuadas características físicas y químicas. La inmovilización mediante su mezcla con un agente aglomerante, normalmente cemento, les da estabilidad e impide su dispersión. Posteriormente, el producto resultante se introduce en bidones que, normalmente, tienen una capacidad de 180 o 220 litros. Existen otros bidones de mayor capacidad que resultan de procesos de reacondicionamiento de bidones existentes previamente que han podido sufrir algún tipo de deterioro o de actividades de supercompactación desarrolladas. Las centrales efectúan un control exhaustivo de los bidones existentes mediante fichas de cada uno de ellos en las que se registran todas las características y datos necesarios para su gestión y posterior transferencia a ENRESA cuando son retirados de la central.

El volumen total de residuos radiactivos de baja y media actividad que se genera anualmente por el funcionamiento del conjunto de las centrales nucleares españolas ha venido disminuyendo en los últimos años como puede verse en la figura adjunta. En 1990 se generaron algo más de 1400 m³ y en 1998 el volumen total ha sido de poco más de 600 m³, incluido el agente aglomerante. Estas cantidades se pueden considerar insignificantes frente a la producción de energía eléctrica producida por dichas centrales, que supone el 30% de la producción total del país. Su evolución demuestra la voluntad de las centrales por minimizar el potencial impacto ambiental que los residuos sólidos pudieran producir en el entorno, tanto durante su almacenamiento temporal en las mismas, como en el de su almacenamiento definitivo.

Los Residuos Radiactivos De Alta Actividad

Los residuos radiactivos de alta actividad son aquellos que tienen una elevada actividad específica, contienen elementos emisores alfa de vida larga en concentraciones apreciables y producen cantidades significativas de calor. En las

centrales nucleares están constituidos por los elementos combustibles gastados. La tecnología actual permite su reprocesamiento para extraer algunos de los componentes que los constituyen y reutilizarlos en otros usos. No obstante, la política de gestión adoptada por España ha sido la de renunciar al reprocesamiento de combustible, como se refleja en el artículo primero del Real Decreto 1899/1984 de 1 de Agosto sobre ordenación de actividades del ciclo de combustible nuclear.

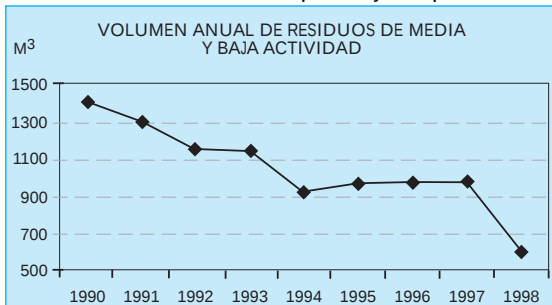
Antes de proceder al almacenamiento definitivo de este tipo de residuos, es necesario que permanezcan en un almacenamiento intermedio con el fin de que se produzca su enfriamiento previo. Durante este tiempo se produce a su vez un decaimiento de la actividad de los elementos radiactivos que contienen. Este almacenamiento previo y temporal

se realiza actualmente en las piscinas existentes en las propias centrales, permaneciendo en ellas hasta que llegue el momento de su transferencia o retirada por ENRESA para su almacenamiento definitivo.

Ante la ausencia actual de instalaciones centralizadas de estos residuos y las limitaciones existentes en las capacidades de almacenamiento propias, las centrales han efectuado modificaciones destinadas a la ampliación de las mismas. También se han dedicado importantes recursos para licenciar en España técnicas de almacenamiento en seco que están siendo actualmente utilizadas en otros países.

El volumen total de residuos de alta que se generará por la totalidad de las centrales nucleares españolas actuales durante una vida de funcionamiento de 40 años es de 11.700 m³, según se recoge en el Cuarto Plan General de Residuos Radiactivos.

El impacto radiológico ambiental de los residuos radiactivos sólidos durante su tiempo de permanencia en las centrales es prácticamente nulo y queda incluido en lo expuesto en apartados anteriores, ya que la vigilancia y resultados descritos comprenden el impacto total de lo existente en el interior de las mismas.



Carlos IZQUIERDO ROCHA es Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Valladolid y Diplomado en tecnología Nuclear por el Instituto en Estudios Nucleares. Comenzó su carrera profesional en INITEC en 1976 como ingeniero de Licenciamiento del proyecto de Vandellós II, participando también en otros proyectos nucleares de la empresa. En 1985 fue nombrado Jefe del Grupo Nuclear de la ingeniería del proyecto de Vandellós II siendo responsable de las áreas de Seguridad y Licenciamiento, Análisis de riesgos, Protección Radiológica y Análisis de Accidentes. En 1987 pasa a desempeñar su actividad profesional en UNESA siendo responsable de las tareas de coordinación de las centrales nucleares españolas en actividades de Seguridad y Licenciamiento, Medio Ambiente, Planificación de Emergencias y Comunicación Nuclear.