

VICTOR ALBET - ENRIC PLA

LA OPERACIÓN DESPUÉS DE LA OPERACIÓN

ANTECEDENTES PARA LA HISTORIA

En octubre de 1964, el ministro francés de Investigación y Asuntos Nucleares y Espaciales, señor Palewski, durante un viaje que hizo a Madrid, se entrevistó con el ministro de industria español Gregorio López Bravo. En el transcurso de esta reunión evocaron la posibilidad de construir una central nuclear en Cataluña de tecnología francesa con la participación de Électricité de France, empresa nacional francesa de producción y distribución de energía eléctrica. En enero de 1965, se constituyó en Madrid un grupo de trabajo, que presidió D. Pedro Duran Farell, para examinar las distintas cuestiones presentadas entorno de este proyecto. En enero de 1966, este grupo de trabajo llegó a las conclusiones siguientes:

- Después de haber analizado algunos emplazamientos en los términos municipales de Pals, Ascó y Vandellós, entre otros, el que parecía más adecuado era el de Vandellós, junto al mar, a 30 km al sur de Tarragona.
- Para llevar a cabo el proyecto, se constituir a una sociedad anónima de derecho español con sede en Barcelona. En esta empresa, 75% de las acciones se repartirían entre las empresas eléctricas catalanas y Électricité de France (EDF) participaría con un 25%.
- La construcción de la central se haría con importantes créditos franceses a bajo interés.

En mayo de 1966, el Ministerio de

Industria dio el acuerdo a las conclusiones del grupo de trabajo.

En agosto de 1966, se pidió un presupuesto a la Agrupación de Constructores franceses de centrales nucleares.

Al mismo tiempo, el Commissariat à l'Energie Atomique y la Junta de Energía Nuclear estudiaban algunos aspectos del suministro de la primera carga de combustible y la utilización del uranio de las minas españolas.

NACE HIFRENSA Y CON ELLA VANDELLÓS 1

Una de las tareas del grupo de trabajo fue comparar los precios de un proyecto grafito-gas, incluida la economía del ciclo del combustible, con los de un proyecto con reactor de agua ligera de igual potencia, e incluso con un CANDU.

Las conclusiones del estudio confirmaron lo que los especialistas de las empresas eléctricas ya sabían: el coste de la energía producida sólo sería competitivo si la financiación del proyecto podía hacerse con unos intereses suficientemente

bajos. Por este motivo, el gobierno francés, que estaba interesado en exportar la tecnología, estableció unas condiciones bastante favorables.

Debido a que la central de Saint-Laurent-des-Eaux, que debía servir de referencia, todavía no funcionaba cuando se firmó el contrato, y que en la década de los sesenta había unos incrementos de consumo anuales superiores al 10%, se negoció un convenio paralelo con EDF que prevea el suministro de energía de sustitución en el caso que, por algún inconveniente, no se obtuviese de la nueva central la energía esperada.

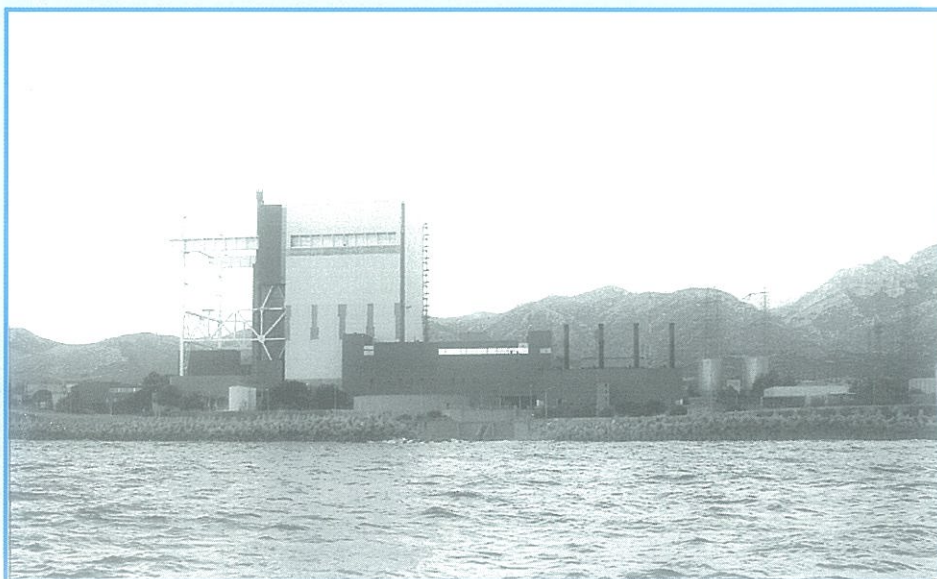
Un aspecto que en aquellos momentos valoraron positivamente los responsables de la política energética española fue que el reactor francés permitía aprovechar fácilmente las reservas españolas de uranio.

No obstante, al margen de estas consideraciones, hubo dos motivos que contribuyeron a cerrar este proyecto:

Por una parte, el deseo que había en los medios más dinámicos de la economía catalana de abrir ventanas hacia el exterior y promover proyectos que constitu-

yesen relaciones con las naciones industriales de Europa occidental, para preparar de esta manera una integración futura de España a las estructuras económicas del mercado común. Por otra parte, con la excusa de las necesidades técnicas, el proyecto de Vandellós 1 constituía una experiencia interesante para las empresas productoras de energía

Vista exterior de la central desde el mar.



eléctrica de Cataluña, en lo que se refería a la modernización de las estructuras económicas. En efecto, la obtención de energía a precio reducido implicaba la construcción de centrales de potencia elevada, lo cual se traducía en inversiones importantes, que no estaban al alcance de las empresas si actuaban de forma individual.

En noviembre de 1966, se constituyó la empresa HIFRENSA, siglas de Hispano Francesa de Energía Nuclear, S.A., con un accionariado que se modificó en el consejo de administración que se celebró un mes después, en diciembre de 1966, para la elección del primer director general. La participación de las distintas empresas ha evolucionado en la forma indicada en la Tabla I.

En febrero de 1967, un decreto de la Presidencia de Gobierno autorizaba la participación de EDF para la construcción de una central nuclear en Cataluña. Por otra parte, el gobierno español daba la garantía necesaria a los distintos créditos franceses, a la vez que precisaba las modalidades de ejecución.

El 21 de abril de 1967, una resolución de la Dirección General de la Energía autorizaba a HIFRENSA para comenzar las obras preliminares.

El 8 de junio de 1967 se firmaban en París dos contratos: uno entre HIFRENSA y la Agrupación de Constructores y otro entre HIFRENSA y el Commissariat à l'Énergie Atomique para el suministro de la primera carga de combustible. El contrato se consideró aplicable con fecha 28 de junio de 1967.

En la Agrupación de Constructores de la Central Nuclear de Vandellós (por aquel entonces todavía no llevaba el número 1 en su denominación) se asociaron 24 de las firmas ms importantes de la industria francesa, las cuales constituyeron una entidad llamada SOCIA, que ejerció de mandatario y, a la vez, hizo de arquitecto industrial para la coordinación del conjunto de la obra.

EXPLOTACIÓN DE LA CENTRAL

La primera criticidad del reactor de la central nuclear Vandellós 1 fue a las 3^h 12 del 11 de febrero de 1972.

La primera sincronización con la red eléctrica se realizó a las 13^h del 6 de mayo de 1972.

La operación comercial se desarrolló entre el 8 de junio de 1972 y el 19 de octubre de 1989, en que un incendio en un grupo turboalternador desencadenó el proceso de cierre de la Central. Con una potencia eléctrica neta nominal de 480 MW, la producción fue de 55647 GWh, lo que representó un factor de carga total del 72,3 %. El

reactor tuvo un factor de disponibilidad del 92,2 % a lo largo de toda su operación.

Un elemento muy importante, al que conviene atribuir una buena parte del éxito de la explotación es el potencial humano.

Aunque suele considerarse que el éxito de un proyecto es debido al trabajo de un buen equipo de personas, conviene no perder nunca de vista la calidad de las personas individualmente. La completa formación que recibió el personal de explotación, junto con su gran profesionalidad y su "memoria histórica" contribuyeron de forma notable, por no decir decisiva, a la obtención del factor de carga acumulado, que situó la Central en una posición destacada dentro del concierto mundial.

Al haberse construido en la modalidad de "llaves en mano", el constructor fue el responsable total de la puesta en marcha y explotación de las instalaciones hasta la recepción provisional. Pero, antes de producirse ésta, desde el inicio de los ensayos, se convino que el personal de la plantilla de HIFRENSA estar a a disposición del constructor, con la finalidad de auxiliario durante el período de puesta a punto. Durante este tiempo, el personal técnico y operario fue conociendo con detalle, y desde el principio de la puesta en marcha, la totalidad de los componentes de la Central, los ajustes y las correcciones necesarias para satisfacer los protocolos de ensayos. Previamente a esta fase, el personal titulado superior, los técnicos que tenían que ser supervisores u operadores de la sala de control, así como otros técnicos y operarios de ramas específicas, como ordenadores de proceso (TICA), dispositivo principal de manutención del combustible (DPM) o almacén de uranio y piscinas, hicieron estancias entre dos meses y un año en las instalaciones de la central de referencia, que ya estaba en explotación, integrándose a los diferentes equipos de trabajo.

Durante los diecisiete años y medio de explotación hubo una gran estabilidad del personal, y es interesante observar que más del 90 % de la plantilla de HIFRENSA que estaba en activo el 19 de octubre de 1989 llevaba más de 10 años en la explotación y el 80 % ya estaba en el emplazamiento en la puesta en marcha de la Planta.

ORDEN MINISTERIAL 18822 DE 31 DE JULIO DE 1990

El 13 de noviembre de 1990, HIFRENSA emitió el informe del incidente ocurrido el 19 de octubre anterior, calificado posteriormente de nivel 3 en la escala INES, e inició un proyecto de reparación de las instalaciones, que preveía su nueva

puesta en marcha en tres o cuatro años.

En el desarrollo de este proyecto se tenían en cuenta los requerimientos del Consejo de Seguridad Nuclear, que, en abril de 1990, hizo público su informe final del incidente.

Después de analizar la posibilidad de recuperación, el elevado coste, considerando un tiempo de utilización de 10 años, unido a la suficiente capacidad de generación eléctrica, hizo que la inversión no fuese aprobada por el Ministerio de Industria y Energía e HIFRENSA aceptó formalmente la parada definitiva de la Central.

Una Orden Ministerial de 31 de julio de 1990 enunciaba los términos en que debía desarrollarse la nueva etapa de clausura y la transferencia de la explotación responsable a ENRESA.

Las actividades requeridas a HIFRENSA en esta Orden Ministerial se referían, básicamente, a la descarga y evacuación del combustible del reactor y al acondicionamiento de los residuos generados durante la operación, con un condicionado que implicaba la elaboración de una serie de estudios y documentos, para garantizar la parada segura de la Central.

El condicionado queda resumido en los puntos siguientes:

- Elaboración de un plan de retirada del combustible del emplazamiento.
- Elaboración de un plan de retirada de los productos tóxicos y peligrosos existentes en el emplazamiento.
- Elaboración de un plan de tratamiento y acondicionamiento de los residuos generados durante la explotación de la Central.
- Revisión de los documentos reglamentarios aplicables a la situación de parada segura de la Planta, en tanto exista combustible en el reactor y/o en el emplazamiento.
- Los documentos contemplados en esta disposición fueron:
 - Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.
 - Reglamento de Organización y Actuaciones para el Cierre Definitivo (Reglamento de Funcionamiento).
 - Manual de Protección Radiológica.
 - Plan de Emergencia Interior.
 - Plan de Seguridad Física.
 - Manual de Garantía de Calidad.
 - Especificaciones Técnicas de Protección contra Incendios.
 - Manual de Cálculo de Dosis (Este documento sustituyó a las Especificaciones Técnicas Radiológicas).

El anexo de la Orden Ministerial también determinaba que HIFRENSA tenía que proporcionar a ENRESA cuanta documentación e información necesitase ésta, para la elaboración del Plan de Desmantelamiento y Clausura.

Finalmente, el punto 5º del anexo concretaba el paso siguiente en el cierre definitivo de la central nuclear Vandellós 1, con el texto transcrito a continuación:

"De acuerdo con lo dispuesto en los artículos 2º y 7º del Real Decreto 1522/1984, de 4 de julio, una vez aprobado por este Ministerio, previo informe favorable del Consejo de Seguridad Nuclear, el Plan de Desmantelamiento y Clausura de C.N. Vandellós 1, a presentar por ENRESA, ésta asumirá la condición de explotador responsable a los efectos previstos en la legislación vigente."

Tabla I

	Nov. 66	Dic. 66	Actual
ENHER (Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorçana, S.A.)	25%	23%	23%
PECSA (Fuerzas Eléctricas de Cataluña, S.A.)	25%	23%	29%
HECSA (Hidroeléctrica de Cataluña, S.A.)	25%	23%	
EDF (Électricité de France)	25%	25%	25%
FHS (Fuerzas Hidroeléctricas del Segre, S.A.)		6%	
IBERDROLA			23%

DESCARGA DEL REACTOR

HIFRENSA presentó un plan de descarga del núcleo del reactor y un calendario de transportes del combustible a la fábrica de reprocesamiento. En abril de 1991, después de recibir la autorización de la Dirección General de la Energía, se inició la descarga, que terminó en octubre de 1994. El reactor de la central nuclear Vandellós 1 estaba constituido por 3072 canales cargables, distribuidos en una malla hexagonal de un apilamiento de grafito. Cada canal contenía 15 elementos combustible compuestos por un cartucho de 10,25 kg de uranio natural en forma metélica, sostenido por una camisa de grafito.

A lo largo de la explotación, la configuración iba evolucionando en función del grado de quemado medio y zonal, por lo que, en el momento de pararse, el 19 de octubre de 1989, el reactor contenía 43628 elementos combustibles, 18 elementos absorbentes, 50 elementos inertes y 2344 elementos de grafito, todos ellos distribuidos en 2913 canales.

Los elementos combustibles presentaban un espectro de grado de quemado muy amplio. Recuérdese que la recarga del combustible se efectuaba de manera continua y con el reactor en potencia, y dos días antes del incidente se había concluido el programa mensual de renovación, por lo que había elementos prácticamente nuevos y otros que estaban llegando al final de su ciclo de irradiación, que era de 6500 MWd/t.

El plan de descarga y evacuación del combustible se elaboró apoyado en estudios neutrónicos y termodinámicos que analizaban la evolución del núcleo con la descarga de los canales.

En estos estudios se tuvieron en cuenta los aspectos siguientes:

- la refrigeración de los canales pendientes de ser descargados
- la evolución de la reactividad potencial del núcleo,
- la capacidad de refrigeración de las piscinas.

Las premisas consideradas en la primera versión del plan de descarga fueron:

- En primer lugar, los canales del reactor tenían que descargarse en orden creciente de su caudal de refrigeración. (Cada canal está provisto de un limitador de caudal definido en el diseño del núcleo).

- Durante la descarga debía mantenerse la simetría triangular, debido a la geometría del emplazamiento de las cámaras neutrónicas. (Este criterio se había respetado siempre durante la explotación).

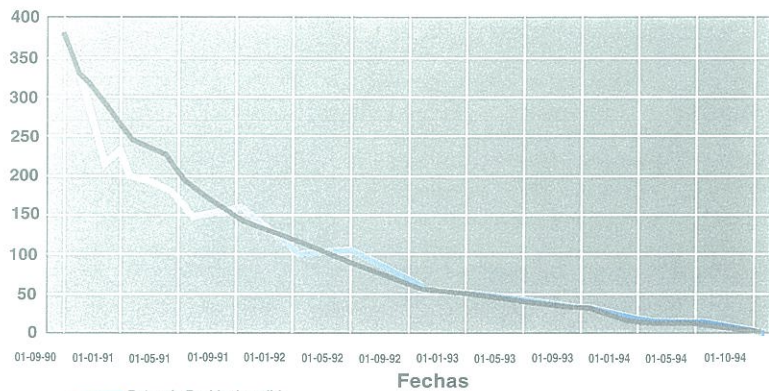
- Evitar variaciones importantes del grado de quemado medio del combustible pendiente de ser descargado, con el fin de minimizar los cambios en la reactividad potencial del núcleo, a la vez que se procuraba que ésta se mantuviese al valor más bajo posible.

La potencia residual del reactor se calculó con muy buena aproximación mediante la ecuación:

$$\frac{P_r}{P_0} = [0,1(T_f \cdot 10)^{-0,2} - 0,087(T_0 - 2 \times 10^7)^{-0,2}] - [0,1(T_f + T_0 + 10)^{0,2} - 0,087(T_f + T_0 + 2 \times 10^7)^{-0,2}]$$

F I

Potencia Residual kW



, donde:

P_s es la potencia residual en el instante T_s ,
 P_0 es la potencia que tenía el reactor en el momento de pararse,
 T_0 es el tiempo que estuvo el reactor a la potencia P_0 antes de la caída de barras.

Esta ecuación ya se citaba en el libro: "Nuclear reactor experiments" del Argonne National Laboratory, editado por D. Van Nostrand Company Inc. en 1958.

La figura 1 representa la evolución de la potencia residual medida por balance térmico del aire de ventilación y la calculada con esta ecuación, considerando el estado de la carga del reactor en cada momento.

Se estableció un programa global de descarga del reactor por campañas. Cada campaña consistió en la descarga de seis canales por celda, como máximo.

Una vez la máquina contenía los 90 ($=6 \times 15$) elementos extraídos, se descendían a las piscinas, donde se procedía a separar la camisa de grafito del cartucho de uranio irradiado.

Dos años después de la parada del reactor, y cuando se llevaban ocho meses descargándolo, se revisaron las prioridades de las premisas anteriores. Evitar posibles variaciones positivas de reactividad potencial se hizo más importante que la evacuación de la potencia residual.

El nuevo orden de prioridades, que permitía acelerar el decrecimiento de la reactividad potencial, fue el siguiente:

- Descargar 12 "super celdas" de la zona intermedia.
- Mantener la simetría triangular.
- Descargar los canales en orden creciente de su caudal de refrigeración.
- Descargar los canales con menor grado de quemado.

La revisión del plan con estas prioridades fue aprobada y aplicada a partir de junio de 1992, es decir 15 meses después de haber iniciado la descarga.

ACONDICIONAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE OPERACIÓN

Los residuos generados durante toda la opera-

ción de la Central, y que han sido acondicionados por HIFRENSA en esta primera fase del desmantelamiento, se resumen a continuación.

RESIDUOS SÓLIDOS DE BAJA ACTIVIDAD

Compactables: 700 bidones de 220 l
 No compactables: 150 bidones de 220 l
 Filtros de líquidos: 25 bidones de 220 l

RESINAS + CEOLITAS

35 m³ cementados en 670 bidones de 220 l

PIEZAS IRRADIADAS

1,71 m³ con una actividad total de $4,44 \times 10^{18}$ Bq a 31-12-93

CAMISAS Y CILINDROS DE GRAFITO

Y ABSORBENTES

1100 toneladas de grafito triturado en 240 contenedores de 6,5 m³
 2 toneladas de alambres de acero inoxidable asociados a las camisas de grafito en 74 bidones de 220 l
 492 elementos absorbentes en 19 bidones de 220 l

Durante la operación, los residuos sólidos de baja actividad fueron almacenados en bidones de 220 l. En 1977 y 1983 se autorizó a HIFRENSA la colocación de estos residuos en el silo 1. En 1990 se autorizó una planta de compactación de bidones, equipada con una prensa de 40 toneladas.

Para el acondicionamiento de los efluentes líquidos, Vandellós 1 ha utilizado indistintamente resinas orgánicas o ceolitas. En total, al final de la explotación, se habían acumulado 35 m³ de esta mezcla, que fueron cementados en bidones de 220 l. Si bien el acondicionamiento de las resinas orgánicas es una actividad conocida, la presencia de las ceolitas dificultó notablemente la operación, que fue resuelta mediante una instalación móvil suministrada por EQUIPOS NUCLEARES.

Las piezas irradiadas son, esencialmente, partes de la máquina de carga y descarga del combustible.

Un residuo que es característico de las centrales de grafito-gas es el soporte de los cartuchos del combustible nuclear que está constituido por una pieza de grafito, denominada camisa (o sleeve

en inglés), que tiene en su base un estribo donde se apoya el elemento combustible.

Durante la explotación de la Central, las camisas de grafito, después de separarlas del cartucho de uranio, se han almacenado provisionalmente en los silos de grafito.

El emplazamiento de Vandellós 1 dispone de tres silos de grafito.

El número 1 ha contenido un variado tipo de desechos, ya que, además de 36.123 camisas, descargadas en él entre 1973 y 1977, ha albergado 4834 cilindros de grafito, procedentes del "cebado" del reactor en 1972-73, 210 elementos absorbentes, 3 culatas, desechos equivalentes a 929 bidones de baja actividad, un prototipo de máquina de descamisar y dos cartuchos de uranio poco irradiado.

El silo número 2 ha contenido 106666 camisas de grafito, 54 cilindros de grafito, 282 absorbentes y 1 limitador de caudal de un canal del reactor.

El silo número 3 sólo ha contenido las 43628 camisas procedentes de la descarga del reactor.

Como el peso medio de cada camisa es del orden de 5,5 kg, el grafito total a tratar es de unas 1100 toneladas.

Para llevar a cabo esta operación, HIFRENSA hizo una petición de ofertas internacional, basada en unas especificaciones técnicas y unos plazos de ejecución. El proyecto tenía que realizarse en la modalidad "llaves en mano". Se presentaron cuatro proyectos, de entre los cuales se eligió el elaborado por el Consorcio formado por EQUIPOS NUCLEARES y FRAMATOME.

El desarrollo de esta actividad ha tenido que hacer frente a las dificultades propias de una instalación prototipo, sin referencias exteriores. Los países que poseen o han poseído centrales de grafito-gas (Francia, Reino Unido, Japón, Italia) han visitado y seguido con interés esta operación, que algún día también tendrán que realizar.

PROSIGUIENDO LA OPERACIÓN

La operación de las instalaciones de una central nuclear continua incluso después de su parada definitiva. Como se ha indicado, la Orden Ministerial requirió la revisión de la documentación oficial, pero no su abolición. A lo largo de todo este período de actividades de predesmantelamiento, la Central ha sido sometida a las mismas exigencias de seguridad que una instalación en funcionamiento y, en particular, se ha regido por unas Especificaciones Técnicas que han ido evolucionando con el tiempo y el estado de las instalaciones.

Las sucesivas revisiones de las Especificaciones Técnicas emitidas con motivo de la Orden Ministerial se han caracterizado por las definiciones y requisitos siguientes de la Tabla II.

Asimismo, la Central ha seguido con un supervisor y un operador a turno, con licencia del CSN, y los auxiliares de operación necesarios para cubrir las rondas de la instalación, un jefe de Protección Radiológica, el programa del Plan de Vigilancia Radiológica Ambiental, los ejercicios trimestrales de protección contra incendios y los simulacros anuales del Plan de Emergencia. También los informes mensuales y los de otras

MODO OPERATIVO

Potencia residual < 1 MWt
Núcleo con combustible
(Reactor refrigerado con aire)

Potencia residual < 30 kWt
<50 % del combustible en el núcleo
(Reactor refrigerado con aire)

Núcleo sin combustible
(Reactor sin circulación de aire)

Tabla II

EQUIPOS DISPONIBLES

1 ventilador en servicio + otro disponible
2 acondicionadores del aire en servicio
1 alimentación eléctrica exterior
2 calderas auxiliares en servicio
2 turbogeneradores auxiliares en servicio
1 generador de vapor de 4 disponible
1 turbosoplante de 4 disponible
1 ventilador en servicio + otro disponible
2 acondicionadores del aire en servicio
1 alimentación eléctrica exterior
1 diesel
1 caldera de calefacción
1 ventilador auxiliar para mantener el reactor en depresión
1 alimentación eléctrica exterior
1 diesel

periodicidades han continuado emitiéndose.

Las relaciones con el CSN no se han modificado ni reducido con respecto a cuando la Central estaba en funcionamiento, y este Organismo ha mantenido su inspector residente.

En resumen, durante esta etapa previa al desmantelamiento de las instalaciones, HIFRENSA ha continuado con la operación después de la operación.

Y DESPUÉS... EL DESMANTELAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

Siguiendo la pauta de los tres niveles de desmantelamiento propuesta por el OIEA, con la transferencia de la explotación responsable del emplazamiento de HIFRENSA a ENRESA, se iniciará el nivel 2, consistente en el desmantelamiento tanto

de las partes convencionales como de las radiológicas.

ENRESA presentó un Plan de Desmantelamiento y Clausura (PDC) al Ministerio de Industria y Energía en el que se contempla el desmantelamiento total de las instalaciones convencionales, excepto la toma de agua de mar, la línea de 400 kV, la alimentación y almacenamiento de agua dulce y el enlace ferroviario.

En cuanto a las partes radiológicas, durante la ejecución del nivel 2, no se emprenderá el desmantelamiento de las partes internas del cajón del reactor. Sin embargo, el desmantelamiento de las demás permitirá recuperar, al final del nivel 2, un 80% de la superficie del emplazamiento.

A continuación, seguirá una fase de latencia antes de emprender el nivel 3, después de haber decrecido suficientemente la actividad de las estructuras internas.



Víctor ALBET es Ingeniero Industrial por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona (1974) y Graduado en Dirección de Empresas por el IESE (1991). Ingresó en 1974 en FECSA, en el Departamento de Planificación y Desarrollo, ocupando en 1982 la Jefatura de Estudios de Red y en 1987 la Jefatura de Planificación de dicha empresa. Desde 1994 es Director General de Hispano-Francesa de Energía Nuclear, S.A. (HIFRENSA). Desde 1996 es Presidente de la Comisión de Comunicación Nuclear de UNESA y miembro de la Comisión de Dirección del Foro Nuclear. Desde 1996 ostenta asimismo la Dirección de Asuntos Nucleares de FECSA. Desde principios de 1997 es Vicepresidente de la Junta de Administración de la Asociación de Desarrollo Tecnológico Nuclear (DTN).



Enric PLA es licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Barcelona (1962) y doctor Ingeniero por la de Grenoble (1968). Pertenece a la plantilla de HIFRENSA desde 1967, donde ha participado, desde el inicio, en el proyecto, construcción, puesta en marcha y explotación de la central nuclear Vandellós 1, en calidad de Jefe de la Sección Ensayos y Medidas, Jefe del Servicio de Control Técnico y Director Adjunto de Central, sucesivamente. En 1991, iniciadas las actividades previas al desmantelamiento y clausura, fue nombrado Director de Emplazamiento, cargo que ocupa actualmente.