



Manuel MARCO PELEGRIN ha desarrollado su labor profesional en el proyecto de C.N. Valdecaballeros y en la puesta en marcha de las Centrales de Almaraz I, Cofrentes y Vandellós II. Asesor de la Comisión Federal de Electricidad para el arranque de C. N. Laguna Verde. Jefe del Servicio de Ingeniería y Análisis Nuclear de HE. Jefe de Apoyo a Centrales Nucleares (Unidad de Combustible - Iberdrola). En la actualidad es Director del Programa de Centrales Nucleares Pasivas.



Ramón REDON BERTOLIN inició su actividad profesional en el área de las Centrales Térmicas y fue el jefe de la puesta en marcha de la C.T. Sant Adria 3 (310 MW). En el área nuclear ha participado en el proyecto de C. N. Ascó, primero en el diseño de I & C, después como responsable de la puesta en marcha de las centrales de Ascó I y II y finalmente en la jefatura de los Servicios técnicos de Apoyo a la explotación. Actualmente en los Servicios técnicos de FECSA actuando como Director del Programa de Centrales Nucleares Evolutivas europeas.

PROGRAMA ESPAÑOL DE CENTRALES AVANZADAS

M. MARCO - R. REDON

INTRODUCCION

Las necesidades energéticas mundiales demandan una reactivación de la energía nuclear con nuevos diseños que deben satisfacer las inquietudes del público, la facilidad de operación y unos costes y plazos reducidos.

De acuerdo con el PEN y la estrategia del Sector Eléctrico se ha promovido una serie de acciones en el área de Centrales Avanzadas por las que, además de preparar futuras soluciones en el campo nuclear, se contribuye al mantenimiento de la capacidad tecnológica española.

Este esfuerzo se concentra en:

- Programa de Centrales Avanzadas Europeas.
- Programa de Centrales Nucleares Pasivas (EPRI).
- Proyecto de Reactor Rápido Europeo (EFR).
- Programa APWR-1000 del INI.

La colaboración entre las Empresas del

Sector Eléctrico y los socios industriales, con el conocimiento y apoyo de la Administración ha fructificado en un Comité de Dirección y dos Direcciones de Proyecto que gestionan y dirigen las actividades de cada uno de los proyectos, con excepción del APWR-1000, que tiene su propia organización.

El Programa de Centrales Nucleares Pasivas comprende la participación en actividades de diseño, certificación e ingeniería de detalle de:

- Proyecto de Certificación.
- Proyecto de SBWR de General Electric.
- Proyecto AP600 de Westinghouse.

La aprobación de una financiación provisional del proyecto, a la espera de la definitiva, permite trabajar la Fase I de los proyectos y negociar e iniciar la participación en el diseño de detalle.

El Programa de Centrales Evolutivas Europeas es la concreción de la colaboración con los restantes países

VALORACION DE LAS TECNOLOGIAS DE REACTORES AVANZADOS

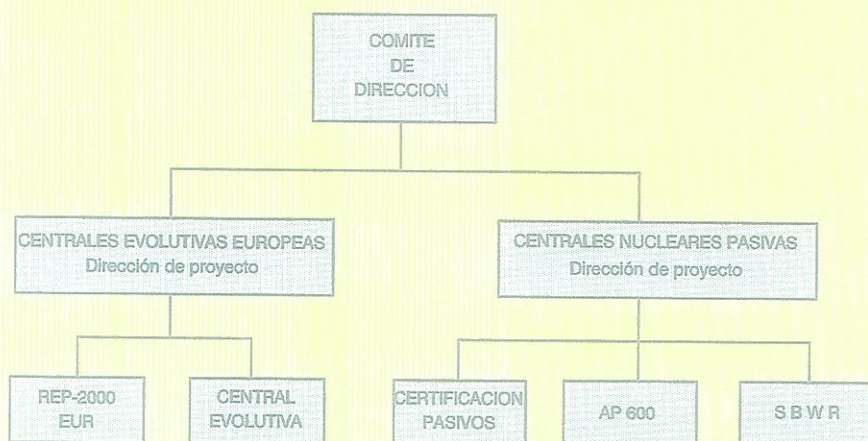
REACTOR	ECONOMIA	PERSPECTIVAS DE MERCADO	CICLO DEL COMBUSTIBLE	ESTADO DE AVANCE DEL DISEÑO	LICENCIAMIENTO	VALORACION CONJUNTA
ABWR ¹	○	○	●	○	○	○
APWR ¹	○	○	●	○	○	○
SYS 80+ ¹	○	○	●	○	○	○
AP 600 ²	●	○	●	●	○	○
SBWR ²	●	○	●	●	○	○
CANDU	●	●	●	○	●	●
SIR	●	●	●	●	●	●
MHTGR	●	●	●	●	●	●
PIUS	●	●	●	●	●	●
PRISM LMR	●	●	○	●	●	●

○ Alto ● Medio ● Bajo

¹ Reactores Evolutivos de agua ligera de tamaño grande

² Reactores Pasivos de agua ligera de tamaño medio

ORGANIZACION PARA LOS PROYECTOS DE CENTRALES AVANZADAS



F II

europeos y se define en las siguientes líneas de colaboración:

- Análisis y evaluaciones de alternativas (Trabajos de codesarrollo).
- Documento de requisitos europeos (EUR).
- Diseño de un reactor europeo (EPR).

El EUR establece los requisitos que deberán cumplir las centrales que en el futuro se instalen en Europa y participen en su preparación todos los países europeos con intereses nucleares.

La participación en el EUR adquirirá pleno sentido con la colaboración en el diseño del EPR que actualmente está en fase de negociación.

En suma el Programa de Centrales Avanzadas:

- Responde a las recomendaciones de la Administración y a la estrategia del Sector Eléctrico.
- Conserva abiertas varias opciones para las futuras centrales.
- Ayuda a mantener la capacidad tecnológica española en el área nuclear.
- Mejora las condiciones para la aceptación, por parte de la opinión pública, de la posible instalación de nuevos reactores nucleares, al mejorar aún más la fiabilidad y seguridad.
- Establece diseños estandarizados y licenciables en estadios avanzados del diseño.
- Tiene entre sus principales objetivos el conseguir una reducción del precio del kWh producido.

ANTECEDENTES

Son muchos los países industrializados que, basándose en las predicciones de la demanda eléctrica y en la presión, cada vez mayor, que ejerce la opinión pública sobre las centrales que utilizan combustibles fósiles convencionales, han iniciado programas para disponer

de los mejores diseños de centrales nucleares.

En este sentido es de destacar que en el último congreso sobre centrales avanzadas "TOPNEX-93", celebrado en La Haya, era la opinión generalizada la de que en un futuro más o menos próximo habría un relanzamiento de la energía nuclear y que éste podría ser muy acelerado. No hay que olvidar, sin embargo, que para ello la energía nuclear debe ser competitiva y que el máximo órgano de EE.UU. en relación con las centrales avanzadas ("Advanced Reactor Corporation"), ha identificado como competidor directo de la energía nuclear en los próximos años a las centrales basadas en turbinas de gas, lo que supone un importante reto a los diseños de centrales avanzadas.

De los diferentes intentos de sistematizar los diseños actualmente considerados como avanzados merece la pena destacar el realizado por la Academia Nacional de Ciencias por encargo del Congreso de los Estados Unidos, algunos de cuyos resultados se reproduce en el cuadro adjunto (Figura I). Se comprueba inmediatamente que los diseños que han obtenido la mejor valoración en este estudio corresponden a las centrales de agua ligera, tanto evolutivas como pasivas, lo que corrobora la elección española de participar en este tipo de reactores. Es de destacar el enfoque americano en el análisis y la ausencia de alguna iniciativa europea posterior a este estudio.

ACTUACION EN ESPAÑA

Posición de la Administración

La Administración española, si bien establece en el Plan Energético Nacional que no entrarán en funcionamiento centrales nucleares en su período de

vigencia, manifiesta un claro interés por el mantenimiento de la capacidad tecnológica de las empresas de ingeniería, bienes de equipo, etc., lo que unido a la necesidad de disponer de empresas que den servicio a las centrales del actual parque nuclear, de conocer en detalle los diseños de centrales avanzadas y de preparar a la industria española para que sea competitiva en el mercado nuclear internacional, crea un marco idóneo para la participación de los sectores industrial y eléctrico españoles en los programas de centrales nucleares avanzadas.

Concretamente, el Plan Energético Nacional (1991-2000) en su capítulo de "I+D en el Sector Energético", establece como prioridades de la investigación en centrales avanzadas la participación en proyectos internacionales, el fomento de la participación española en desarrollos pasivos y evolutivos, el mantenimiento de la tecnología y la obtención de diseños avanzados.

Como materialización del interés anteriormente descrito se produjo, recientemente, la financiación provisional de los proyectos de Centrales Nucleares Pasivas y REP-2000 que fue aprobada por el Consejo Directivo de OCIDE. También en este sentido, el INI participó en el proyecto APWR-1000 de Westinghouse, que culminó con la presentación de ofertas a BNFL del Reino Unido, Hungría, Checoslovaquia y República Popular China.

Estrategia del Sector Eléctrico

El Sector Eléctrico ha venido manteniendo una serie de actuaciones coherentes entre sí, que inicialmente se concretaron en el documento "Proyecto de Investigación sobre Reactores Avanzados" de Diciembre de 1988. Este texto sirvió de referencia hasta que, dentro del Grupo de Desarrollo Tecnológico y posteriormente en la Comisión de I+D, ambos de UNESA, se terminó de configurar lo que constituye el esquema que orienta las actuaciones actuales del Sector Eléctrico en este campo.

Del citado esquema (documento de estrategia), en su redacción actual, podemos destacar los siguientes aspectos básicos:

Objetivos.

-Preparar futuras soluciones en el campo nuclear, realizando un trabajo útil y aprovechable para la opción nuclear en los futuros planes energéticos.

-Contribuir durante los próximos años al mantenimiento de la tecnología nuclear y de la capacidad adquirida en España, con el fin de estar en condiciones de afrontar futuros proyectos nucleares y de garantizar el apoyo requerido a las centrales nucleares en explotación.

Bases Conceptuales.

Las bases conceptuales, que han sido asumidas en el documento de estrategia, se concretan en lo siguiente:

-Participar en proyectos de interés, donde estén presentes otras empresas eléctricas en un contexto de procedencia multinacional. Ello asegura, en cada caso de forma razonable, el interés del tema para el Sector Eléctrico y el sometimiento de ciertos enfoques a los puntos de vista de las empresas que protagonizan el proyecto y están presentes en la iniciativa.

-Realizar en esas iniciativas una participación activa en los trabajos, incorporando los representantes de nuestra aportación a los equipos y esquemas operativos establecidos en el correspondiente proyecto y colaborando en la generación del producto. Así se aseguran la generación de conocimiento, la asimilación del producto y la pertenencia digna a la vista operativa que lo hace realidad.

-Hacer participar un abanico amplio de la colección de actividades que conforman la oferta española de capacidades y conocimientos; se mantiene así la capacidad técnica y organizativa y se crean posibles oportunidades de negocio para los participantes.

-Financiar las aportaciones españolas con fondos del PIE administrados por OCIDE, facilitando así el cumplimiento ambicioso de la filosofía de aplicaciones establecidas para estos fondos y estableciendo las bases contractuales de unos derechos profesionales sobre los productos.

-Limitar nuestras participaciones a aquellos proyectos que representen las posibilidades de futuras opciones y el dominio del conocimiento para instrumentarlas con garantías de éxito.

• Acciones.

Destacamos a continuación los tres proyectos concretos en los que se materializa en la actualidad el documento de estrategia, así como un cuarto proyecto, que es el desarrollado por el grupo INI.

PROYECTO 1.- Programa de Centrales Avanzadas Europeas, que se concreta en el Proyecto de Centrales Evolutivas de Agua Ligera y que comprende dos acciones específicas:

- Participación en el Programa REP-2000

- Participación en el diseño del EPR.

PROYECTO 2.- Programa de Centrales Nucleares Pasivas (Programa EPRI), que comprende la participación española en actividades de diseño, certificación e ingeniería de detalle del Programa de Centrales Avanzadas del EPRI (programa americano). El programa español conlleva la integración en los órganos de gestión del programa internacional y contempla la participación en los siguientes proyectos:

- Proyecto de Certificación
- Proyecto SBWR de General Electric
- Proyecto AP-600 de Westinghouse

PLAN ESTRATEGICO NPOC (EE.UU.)

PRERREQUISITOS	COMPORTAMIENTO CC.NN.EN OPERACION
	RESIDUOS RADIATIVOS
	SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE
SEGURIDAD Y LICENCIA	REGLAMENTACION ESTABLE Y PREDECIBLE
	DOCUMENTO DE REQUISITOS (URD)
ACTIVIDADES ESPECIFICAS	CERTIFICACION DEL DISEÑO POR LA NRC
	EMPLAZAMIENTOS
	DISEÑO DE DETALLE (FOAKE)
	ESTANDARIZACION
ACCIONES INSTITUCIONALES	ACEPTACION PUBLICA
	FINANCIACION Y ASPECTOS ECONOMICOS
	APOYO GUBERNAMENTAL

F III

Derivado de la participación en el Proyecto SBWR y en el de Certificación, se tiene el acceso al seguimiento y el diseño del ABWR de General Electric. **PROYECTO 3.-** Proyecto de Reactor Rápido Europeo (EFR), que comprende el seguimiento de este proyecto mediante la integración como miembro asociado en el EFRUG.

PROYECTO 4.- Programa APWR-1000 (Programa INI), que comprende el desarrollo y comercialización de una central avanzada de agua a presión de 1.100 MWe. Se ha alcanzado el grado de desarrollo suficiente para poder ofertar sin grandes incertidumbres y garantizando un plazo de construcción de 48 meses. Participan en este Programa empresas del Grupo INI, junto con Westinghouse.

Otras actuaciones

Existen sin embargo otras actuaciones que, no por no haber sido consideradas específicamente dentro de la estrategia de centrales avanzadas, y sin desmerecer la labor que en este sentido se viene ejerciendo por algunas instituciones, no son menos importantes en relación a un futuro relanzamiento de la energía nuclear. Estas áreas de actuación son las siguientes:

- Aceptación pública: Colaborar a la difusión y aceptación de la energía nuclear en general, y de asuntos concretos como pueden ser los emplazamientos y la política de residuos, transmitiendo el excelente comportamiento del parque nuclear y exponiendo las ventajas adicionales de las centrales nucleares avanzadas.
- Legislación: Promover la participación

del CSN para conseguir un entorno legal simple y estable que garantice la autorización genérica de diseños estándar, y previa del emplazamiento, de modo que el propietario pueda conseguir la autorización de construcción y operación (basada en un diseño estándar y un emplazamiento prelicenciado) en un solo acto.

No se puede olvidar que el futuro de la energía nuclear está condicionado por su aceptación social, la evolución de la tecnología y su competitividad. Por tanto estas deben ser las áreas de actuación sobre las que incidir para que, de una forma equilibrada y completa, se consiga que la energía nuclear constituya una opción realista.

SITUACION ACTUAL

Estructura de los proyectos

Como consecuencia de la preocupación sentida por los principales usuarios de la energía nuclear, se han iniciado diversos programas para definir las centrales que en un próximo futuro van a cubrir el cupo nuclear de la demanda energética. De entre ellos, los propiciados por EPRI (USA) y por las empresas eléctricas europeas merecen una especial atención, tal como ya se ha destacado anteriormente.

Las etapas que se relacionan y describen a continuación son comunes a cualquier programa de desarrollo de nuevos diseños de centrales y, pese a su naturaleza evidentemente secuencial, aceptan solapes.

Establecimiento de requisitos.

Las empresas eléctricas, que serán los usuarios de los diseños finales, deben establecer cuales son sus necesidades y preferencias, indicando, en un documento, las características y condicio-

nes de todo tipo que deben cumplir los diseños resultantes.

Este documento fija los objetivos de seguridad, las características de la instalación, su comportamiento esperado y las especificaciones generales de los equipos y sistemas, logrando así la homogeneidad de las futuras centrales, una mejor aceptación por el público, plazos de construcción más reducidos y menores costes de la energía. Además debe tratar de compatibilizar las regulaciones de cada país y ser un vehículo para armonizar los diseños licenciables en cada uno de ellos.

Bases conceptuales del diseño.

Los Diseñadores de NSSS (Fabricantes y A/E), ajustándose a los requisitos establecidos por las empresas eléctricas en el documento antes indicado, definen los elementos y características fundamentales de la central. En esta fase se elabora el concepto de lo que se pretende que sea la instalación y debe ser suficiente para analizar la viabilidad de su desarrollo.

Diseño básico.

Una vez aprobado el concepto de central, se desarrolla hasta el nivel suficiente que permita disponer de un diseño apto para un licenciamiento genérico. Durante esta etapa se avanza en el proyecto y quedan definidas las características de todos los sistemas.

Diseño de detalle.

Cuando se ha alcanzado el nivel de diseño suficiente para solicitar la Certificación del mismo por parte de las Autoridades Reguladoras, se procede al diseño detallado. En esta etapa se obtiene toda la información necesaria para la construcción de la central en cuestión a excepción de aquella que

depende de las condiciones específicas del emplazamiento.

Diseño específico.

La implantación de una central en un emplazamiento concreto requiere una revisión del diseño genérico y el diseño específico de algunas partes de la misma.

La especificidad de un emplazamiento es consecuencia tanto de diferencias físicas (geológicas, hidrológicas, topográficas, sísmicas, etc.) como de aspectos de índole político o legislativo. Este último hecho reviste especial importancia en Europa donde cada estado mantiene las competencias reguladoras y no se dispone de una normativa unificada.

Esta etapa es la que permite solicitar el permiso de construcción de una central en concreto.

En el caso de Estados Unidos el proceso de "licenciamiento en un solo paso", recientemente aprobado, permitiría solicitar la autorización de construcción basándose en un diseño certificado y en un emplazamiento prelicenciado.

Organización en España

La complejidad de las actividades asociadas al desarrollo de los programas de centrales avanzadas, exige una organización que incorpore a todos los participantes.

La Administración ha impulsado y promovido la realización de estos programas e imparte criterios para su ejecución y, aunque no interviene de un modo directo, está permanentemente informada de su evolución; a través de los órganos directivos de OCIDE, tiene un papel fundamental en la aprobación de los proyectos y en la asignación de los fondos necesarios para llevarlos a cabo.

Las Empresas eléctricas, además de aportar los puntos de vista del Sector y difundir los resultados que se van obteniendo dentro de sus organizaciones, se encargan de la ejecución de los trabajos que les son propios, la coordinación global de las actividades, la participación en los órganos de dirección de los programas específicos y el seguimiento de los trabajos de los socios extranjeros.

Los socios industriales colaboran en la selección de los trabajos a realizar y en su ejecución, conforme a las necesidades globales de los proyectos que se definen de acuerdo con los socios extranjeros.

Estas ideas globales se plasman en una organización del programa de centrales avanzadas que se refleja en el organigrama adjunto (Figura II) y que está compuesta de:

•Comité de Dirección. Está formado por miembros de las empresas que participan en los proyectos y efectúan aportaciones y son, por parte del Sector eléctrico, IBERDROLA, ENDESA, SEVILLANA, UNIÓN-FENOSA y UNESA y por los socios industriales, CIE-

PRESUPUESTO ORIGINAL

(Millones de pts)

PRESUPUESTO	FASE I: CERTIFICACION	FASE II: DISEÑO DE DETALLE (FOAKE)	TOTAL
PIE	3.501	1.352	4.853
UNESA	143	50	193
PARTICIPANTES ESPAÑOLES	178	136	314
SUMINISTRADORES W y GE		1.372	1.372
TOTAL	3.822	2.910	6.732

MAT, ENSA, ENUSA, TECNATOM y los componentes de la UTE de ingenierías EE.AA. e INITEC. Los dos Directores de proyecto asisten también a las reuniones del Comité de Dirección.

•Direcciones de proyecto. Las dos Direcciones de proyecto responden a cada uno de los programas que se están efectuando y son:

- Programa de Centrales Nucleares Pasivas.
- Programa de Centrales Evolutivas Europeas.

Los Directores de proyecto se responsabilizan de la coordinación de todas las actividades y de un modo particular de asegurar que los trabajos que se asigna y realizan los socios industriales responden, por un lado al interés del conjunto de la industria española y a las necesidades del Sector eléctrico en particular, y por otro, al interés global del proyecto y a los compromisos con los socios extranjeros.

•Ingenieros Residentes. Para facilitar las tareas de coordinación con los tecnólogos extranjeros y para conseguir el adecuado seguimiento del conjunto de los proyectos, los Ingenieros Residentes actúan como representantes de los Directores de Proyecto en las oficinas centrales de los proyectos o en las de los tecnólogos.

•Equipos de trabajo. Bajo esta denominación se incluyen los grupos de personas de las empresas industriales que son socios, o contratados, y desarrollan las partes de los proyectos que se ha acordado ejecutar en España.

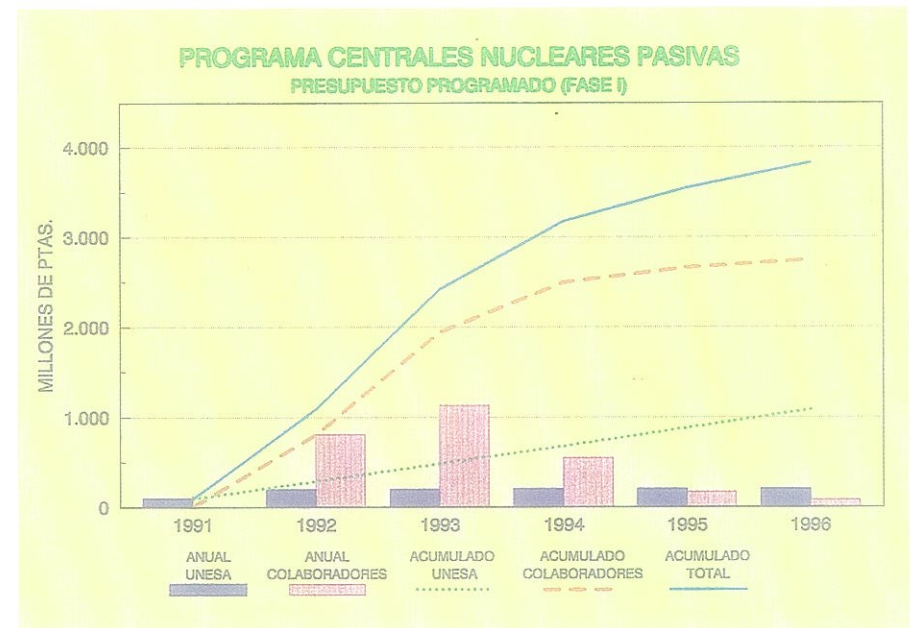
Organización proyecto APWR-1000.

La organización del Proyecto APWR-1000 tiene funciones análogas a las anteriormente descritas (en el artículo correspondiente de esta revista se resume esta organización).

PROGRAMA DE CENTRALES NUCLEARES PASIVAS

El Programa de Centrales Nucleares Pasivas comprende la participación en actividades de diseño, certificación e ingeniería de detalle del Programa de Centrales Avanzadas del EPRI (*programa americano*). La participación española conlleva la integración en los órganos de gestión del programa internacional y contempla la participación en los siguientes proyectos:

- Proyecto de Certificación. Consiste en la certificación por la NRC de diseños estándar de centrales avanzadas tanto pasivas (en los que actualmente participamos activamente) como evolutivas. Incluye la participación en el documento de requisitos americano.
- Proyecto SBWR de General Electric. Consiste en el diseño básico y de detalle de un reactor pasivo de agua en ebullición. Nuestra participación es en



FV

actividades de codesarrollo y en los órganos de gestión.

•Proyecto AP600 de Westinghouse. Consiste en el diseño básico y de detalle de un reactor pasivo de agua a presión. Nuestra participación es en actividades de codesarrollo y en los órganos de gestión.

Consecuencia de nuestra participación en el Proyecto de Certificación (documento de requisitos, órganos de gestión ...) y en el Proyecto SBWR (70% de diseño común SBWR/ABWR), y no incluido en el alcance de la Memoria del Programa, está nuestra participación en el Proyecto ABWR, que se configura como el seguimiento del diseño, certificación y construcción del citado proyecto de General Electric y que se concretaría en lo siguiente:

- Acceso a la documentación básica de diseño (SSAR, etc.).
- Participación en actividades de codesarrollo comunes al SBWR.
- Asignación de un ingeniero residente a General Electric y, posiblemente, al emplazamiento de Kashiwazaki-Kariva.

El Programa de Centrales Avanzadas del EPRI, en el cual se enmarca nuestra participación, responde al Plan Estratégico del NPOC (Nuclear Power Oversight Committee) y cuyo objetivo es la construcción de centrales nucleares en los Estados Unidos. En el siguiente cuadro se presentan las áreas de actuación de este Plan Estratégico, destacando las tres en las que existe participación española (Figura III).

PRESUPUESTO Y COMPENSACIONES COMERCIALES

Distinguimos dos fases en el Programa, Fase I (Diseño Básico) y Fase II

(Diseño de Detalle). Ambas se refieren a los reactores SBWR y AP600, y la Fase I, además, al proyecto de Certificación de los diseños por la NRC.

En ambas fases se ha planteado nuestra participación como desarrollos tecnológicos realizados por los Colaboradores españoles: UTE (INITEC, Empresarios Agrupados), CIEMAT, ENUSA, ENSA y TECNATOM, entregados como "aportación en especie" por el titular del Programa a los Promotores (Westinghouse y General Electric) y por los que se obtienen compensaciones económicas y derechos de comercialización.

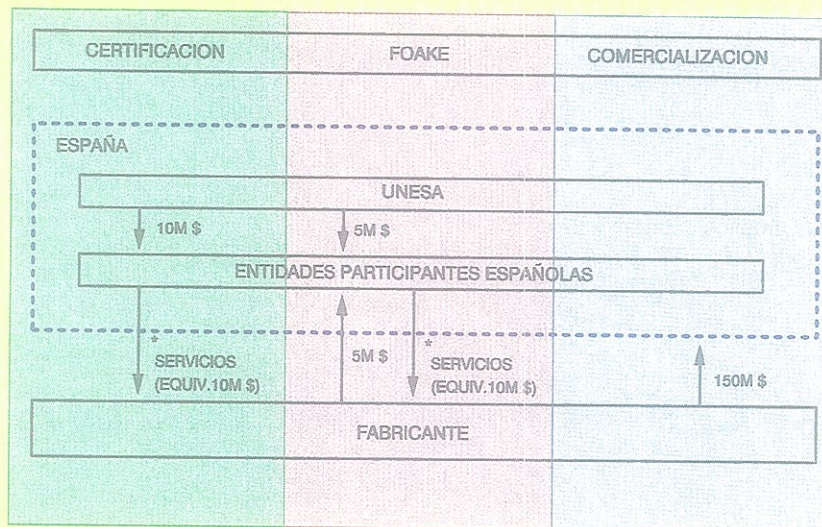
El presupuesto original propuesto en la Memoria Oficial se presenta en el cuadro adjunto (Figura IV) y su desarrollo, para la fase I, en el gráfico siguiente (Figura V). La estructura de compensaciones se muestra en el gráfico adjunto para un valor típico de 10 M\$ (Figura VI).

ÁREAS TECNOLÓGICAS DE PARTICIPACIÓN

La Fase I incluye 69 actividades repartidas entre los colaboradores en función de su especialidad y se corresponden con las áreas tecnológicas que se describen en el cuadro siguiente (Figura VII).

Se destaca que, además de las áreas correspondientes a empresas fuertemente especializadas como ENUSA (Combustible) y ENSA (Equipos del Primario), hay otras áreas en las que varias compañías realizan sus actividades, constituyendo núcleos en los cuales España podría representar posiciones destacadas. Nos referimos a las áreas de Interacción Hombre-

ESQUEMA DE COMPENSACIONES



F VI

Máquina, Análisis de Seguridad, y Contención.

En la Fase II se realizarán actividades principalmente en las mismas áreas pero con un grado de detalle mayor lo que, si bien se aparta del diseño conceptual, se acerca a la obtención de productos patentables y de posible comercialización, no sólo en las centrales avanzadas sino en las centrales actualmente en operación.

SITUACIÓN ACTUAL

Tras la presentación oficial de la Memoria a OCIDE y para no perder las oportunidades tecnológicas que se estaban presentando en ese momento, las empresas participantes comenzaron sus trabajos en la Fase I (Certificación) antes de la aprobación formal del proyecto, en la confianza de que ésta se produciría y adelantando los recursos financieros necesarios.

Finalmente, el 5 de Julio de 1993, se produjo la esperada decisión por la cual el Consejo Directivo de OCIDE aprobaba la financiación provisional del proyecto (Fase I) para las actividades programadas y realizadas hasta Diciembre de 1993 con la referencia máxima de 2.147 MPTs para el citado período y sujeto a tarifas oficiales.

Respecto a la Fase II (Diseño de Detalle), se habían comenzado a mediados de 1992 las gestiones con General Electric y Westinghouse para definir el alcance de las actividades a realizar en el "Commercialization Program" y en el "First of a Kind Engineering" respectivamente, con los criterios de continuidad con la Fase I e interés tecnológico, estando ya muchas áreas prácticamente definidas en aquella época. Esta actividad se ha relanzado tras la aprobación

anteriormente mencionada y en los próximos meses se terminará de fijar el alcance de los trabajos y se procederá a establecer los contratos correspondientes.

Es de destacar que en paralelo a las actividades del Programa de Centrales Pasivas de UNESA, el INI, tras finalizar sus actividades en el diseño del APWR-1000 de Westinghouse en Diciembre de 1992, ha dirigido sus esfuerzos a colaborar en las tareas de diseño de detalle del AP-600.

En relación con el programa ALWR de los Estados Unidos y como referencia obligada de nuestras actuaciones, merece destacarse la iniciativa del NPOC, expresada en la última revisión de su Plan Estratégico, de asignar a ARC ("Advanced Reactor Corporation") la coordinación de gran parte de las áreas de actuación, como las del FOAKE del ABWR y del AP-600, que han sido los que han recibido los fondos asignados por las empresas eléctricas de los EE.UU.

En cuanto al estado de las tecnologías pasivas, tanto General Electric como Westinghouse analizan la viabilidad de diseños pasivos, con potencias del orden de los 1.000 MWe, como respuesta a lo que consideran podría ser el mercado europeo y japonés.

PROGRAMA DE CENTRALES EVOLUTIVAS EUROPEAS

Tal como se ha indicado en los párrafos anteriores, la participación española en el esfuerzo nuclear europeo se inició colaborando con EDF en el programa REP 2000 cuyo objetivo era la definición de las características de un

reactor nuclear europeo de tipo avanzado.

Este proyecto abre tres líneas de colaboración complementarias que son:

- Análisis y evaluaciones de alternativas para el REP 2000.
- Preparación del documento de requisitos europeo EUR.
- Participación en el diseño del reactor europeo EPR.

TRABAJOS DE CODESARROLLO

Las actividades de análisis y evaluación de alternativas para el futuro reactor europeo, que inicialmente era el REP 2000 propiciado por EDF y actualmente es el European Pressurizer Reactor (EPR) impulsado por Francia y Alemania, han dado lugar a realizar en España los siguientes trabajos:

Supresión de la inyección de seguridad de media presión

Dentro de esta actividad, desarrollada por UITESA, se ha estudiado la viabilidad de la supresión del sistema de inyección de seguridad de media presión y para ello se han analizado cuatro tipos de accidentes.

- Pérdida total del agua de alimentación.
- Pequeña rotura con despresurización vía primario.
- Pequeña rotura con despresurización vía secundario.
- Rotura de tubos de los generadores de vapor.

Los resultados indican la posibilidad de dimensionar el sistema de inyección de baja presión, los acumuladores y la despresurización del primario de modo que sea viable el prescindir del sistema de alta presión.

Recuperador de corio

La cátedra de Tecnología Nuclear de la Universidad Politécnica de Madrid, con la colaboración de la UTE de ingeniería (EEAA e INITEC), han estudiado el diseño conceptual de un sistema de recuperador del corio. Para ello se ha participado en los programas experimentales del comportamiento del corio y se ha efectuado un seguimiento de los códigos de cálculo.

Los avances realizados han superado los datos experimentales disponibles, lo que ha limitado los resultados obtenidos. Cuando se disponga de un mejor conocimiento del comportamiento del corio y de códigos contrastados, se podrá proseguir este estudio, que en cualquier caso ha aportado una primera idea sobre la viabilidad del sistema.

Reducción de potencia lineal

ENUSA ha llevado a cabo un estudio sobre la reducción de la densidad lineal de potencia respecto a la actualmente habitual en los reactores de agua ligera a presión. Esta reducción tiene importantes consecuencias en el diseño del núcleo, de la vasija y de todos los com-

ponentes internos a la misma, en la duración y economía de los ciclos de combustible y, sobre todo, en los márgenes de seguridad respecto a los accidentes de diseño.

Del estudio se desprende que la utilización de una potencia lineal reducida en un 19% para pasar de un núcleo de 157 elementos a otro de 193 con la misma potencia global, produce un ahorro en el enriquecimiento requerido, que tiene un valor de 0,227% para un quemado de 45.000 MWd/tU y de 0,323% para un quemado de 60.000 MWd/tU.

DOCUMENTO DE REQUISITOS EUROPEO

Las empresas eléctricas de Alemania, Bélgica, España, Francia y Reino Unido, en el convencimiento de que es preciso conseguir una posición común frente a la futura generación de centrales, decidieron trabajar conjuntamente en la elaboración de los requisitos que deberían cumplir las centrales que, en el futuro, se instalasen en Europa.

El European Utility Requirement (EUR) se ha preparado tomando como primera referencia el documento equivalente preparado por EPRI y con el ánimo de no establecer ningún tipo de diferencias que no estuviesen justificadas, bien por una distinta aproximación técnica, bien como consecuencia de las diferencias entre América y Europa.

El primero de los cuatro volúmenes de que consta el EUR, "Requisitos Generales", contiene los principales objetivos y un esbozo de los principales requisitos que se desarrollan en los volúmenes siguientes.

El segundo volumen, "Requisitos genéricos de la isla nuclear", que más adelante se describe con más de detalle, contiene los requisitos y las preferencias de las empresas europeas relativos a la isla nuclear y que no son específicos de un diseño concreto.

El tercer volumen, "Requisitos específicos de la isla nuclear", contiene los requisitos y preferencias referidas a un diseño en concreto. Obviamente deberá haber un volumen tres para cada diseño que pueda ser ofertado dentro del mercado europeo. La preparación de este conjunto de volúmenes tres, uno por diseño, exige que los fabricantes proporcionen la información y presten la colaboración necesaria. Se ha programado en primer lugar el correspondiente al proyecto EPR de NPI.

El cuarto volumen, "Requisitos genéricos de la isla convencional", contiene los requisitos genéricos relativos a las instalaciones no nucleares de la generación de potencia.

El trabajo se ha iniciado con la preparación de los volúmenes 1 y 2, que está previsto estén escritos, revisados y aprobados en revisión "A" durante el año 1993. La definición del alcance de los volúmenes 3 y 4 se efectuará también antes de fin de año, pero su re-

dacción se extenderá a lo largo de varios años a partir de 1994.

EUR VOLUMEN 2

El volumen 2 del EUR es la parte fundamental del EUR, desarrolla las ideas del volumen 1 y ha de servir de base a todos y cada uno de los diferentes volúmenes tres. Contiene las exigencias y requisitos de todos los países europeos y han sido, en muchos casos, objeto de amplios debates y de una fuerte labor de consenso para conseguir posiciones comunes.

Consta de una introducción y de 17 capítulos tal como queda reflejado en la tabla (Figura VIII).

Los objetivos de seguridad están basados en el diseño y evaluación de los reactores actuales, haciendo pleno uso del principio de "defensa en profundidad". Los niveles de seguridad que se consideran son:

- Prevención de desviaciones de las condiciones normales de operación.
- Detección de las desviaciones de las condiciones normales de operación y la adopción de medidas para restituir las, evitando que se generen condiciones de accidente
- Prever sistemas de salvaguardias

tecnológicas para controlar de forma adecuada las condiciones de accidente.

- Prever medios y procedimientos para mitigar las consecuencias de los accidentes severos.

La metodología para establecer los requisitos de seguridad tiene en cuenta, tanto criterios deterministas como probabilistas. Requerir el uso complementario de ambos de un modo iterativo, ya durante las primeras fases de diseño, constituye un aspecto relevante del EUR. Se establece como objetivo que la probabilidad de daño al núcleo no exceda de 10^{-5} y para accidentes severos de menos de 10^{-6} .

También se especifican aquellos requisitos que no están directamente ligados a la seguridad o a la protección de la inversión, pero que son de importancia en relación a la operación y capacidad de respuesta de la central o a la exposición a la radiación del personal de operación y mantenimiento (ALARA).

La consecución de una central económica y rentable constituye un criterio importante al establecer el EUR. Esta idea conduce a un diseño lo más simple posible, unos plazos de construcción reducidos y a unos costes de

F VII

ENTIDADES PARTICIPANTES / AREAS DE ACTIVIDAD

ENTIDADES AREAS	UTE	CIEMAT	TECNATOM	ENUSA	ENSA
DISEÑO CONCEPTUAL DE EDIFICIOS					
I y C / MMI					
ANALISIS DE SEGURIDAD					
CONTENCION					
DISEÑO CONCEPTUAL EQUIP./SISTEM.					
EQUIPOS PRIMARIO					
COMBUSTIBLE					

Viene de la pág. 19

operación, mantenimiento y combustible lo más bajos posible.

Otro aspecto en el que el EUR hace hincapié es el conseguir una central que resulte "amigable" para el operador lo que está relacionado con los puntos anteriores ya que, a la evidente mejora en la seguridad, se añade una mejora de los parámetros técnico-económicos de la explotación. El aumento de los márgenes de seguridad puestos al servicio de la operación, el uso de elementos "pasivos" para funciones específicas, los sistemas orientados a una única función y la mejora de la interfase hombre - máquina, son los aspectos más relevantes con los que conseguir un diseño adecuado a la comodidad del operador.

Estos conceptos se desarrollan detalladamente en el volumen 2 del EUR y constituirán la base para la preparación de los correspondientes volúmenes 3.

REACTOR DE AGUA A PRESIÓN EUROPEO

Los estudios y documentos anteriores, que constituyen la base del proyecto de centrales evolutivas europeas, tiene como objetivo final el disponer de proyectos seguros, fiables y económicos que puedan ser construidos en cualquier país europeo. En este sentido los principales fabricantes tienen un importante papel que jugar proporcionando

EUR - VOLUMEN II

REQUISITOS GENERICOS DE LA ISLA NUCLEAR

- 2.0 Introducción
- 2.1 Requisitos de seguridad
- 2.2 Requisitos de funcionamiento
- 2.3 Requisitos de la red
- 2.4 Bases de diseño
- 2.5 Códigos y normas
- 2.6 Requisitos de los materiales
- 2.7 Requisitos funcionales : componentes
- 2.8 Requisitos funcionales : sistemas y procesos
- 2.9 Requisitos para la disposición en planta
- 2.10 Proceso de diseño y documentación
- 2.11 Requisitos para la construcción
- 2.12 Operación, mantenimiento y procedimientos
- 2.13 Garantía de calidad
- 2.14 Desmantelamiento
- 2.15 Metodología de APS
- 2.16 Metodología de evaluación de la fiabilidad
- 2.17 Metodología de evaluación de costes

F VIII

los diseños que cumplan con los requisitos fijados en el EUR.

A principios de 1992 las empresas eléctricas francesa (EDF) y alemanas (EVU), decidieron colaborar en el desarrollo de la nueva central con tecnología de FRAMATOME y SIEMENS que se conoce como European Pressurizer Reactor (EPR). Esta colaboración se ha efectuado armonizando en el EPR los conceptos básicos del diseño del N4+ de FRAMATOME y del CONVOI de SIEMENS.

El EPR nace con una innegable intención de convertirse en una de las más válidas opciones para cubrir la demanda energética de toda Europa, por lo que, ya desde un principio, se ha fijado como objetivo cumplir con todos y cada uno de los requisitos del EUR.

Otro aspecto destacable del EPR como diseño conjunto franco-alemán es la colaboración que, propiciada por acuerdos entre los Gobiernos francés y alemán, han establecido las Autoridades Reguladoras de ambos países para licenciar conjuntamente este diseño en Francia y Alemania.

Se ha completado el establecimiento de las bases conceptuales del diseño y se están sometiendo a un proceso de consolidación que está previsto finalice a principios del próximo año. A continuación se iniciará el diseño básico que se extenderá hasta finales de 1995 en que se dispondrá de un diseño apto para solicitar el permiso de construcción. A continuación se realizará el diseño de detalle se completará a mediados de 1998.

España tiene como objetivo participar en el diseño básico del EPR y en ese sentido ha iniciado conversaciones con EDF - EVU por un lado y con NPI por otro. La Administración, en diversas ocasiones, se ha mostrado favorable a la participación en los proyectos europeos. Por otra parte es la forma de dar pleno sentido a los esfuerzos realizados dentro del EUR.