



PROYECTO GIRALDA

D. MOLINA

Diego MOLINA ORERO es Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Granada (1979). Inició su actividad profesional en la Junta de Energía Nuclear (JEN), de donde pasó al Instituto Tecnológico de Postgraduados (ITP) participando en proyectos de Física de Reactores y Planificación Energética. En 1983 se incorporó al Departamento de Ingeniería y Análisis Nucleares de Hidroeléctrica Española desarrollando funciones de Diseño Nuclear y Gestión del Combustible de C.N. Cofrentes. Desde la formación de Iberdrola, en 1992, se responsabilizó del licenciamiento de los códigos y métodos de cálculo nuclear dentro de la Unidad de Gestión de Combustibles. En la actualidad es el Jefe de Combustible Nuclear de Iberdrola.

INTRODUCCIÓN

Como explotador de una central nuclear, Hidroeléctrica Española consideró conveniente desarrollar su capacidad de ingeniería nuclear dotándose de los medios humanos y materiales que le permitieran desempeñar su labor de la forma más responsable posible. Un área de especial relevancia a estos efectos fue el diseño nuclear y termohidráulico del núcleo del reactor, para poder evaluar el comportamiento de los elementos combustibles y optimizar

técnica y económicamente su funcionamiento.

Uno de los objetivos estratégicos de Iberdrola es la diversificación de sus suministros de materias energéticas y ello en el caso de la Central Nuclear de Cofrentes requiere disponer de un suministrador alternativo al actual para fabricar su combustible.

A mediados de 1993, la Unidad de Gestión de Combustibles de Iberdrola puso en marcha una iniciativa de desarrollo tecnológico, denominada Proyecto GIRALDA, cuyo

FI

PROYECTO GIRALDA : REFERENCIAS

	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Yankee Atomic Electric Company (*)	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Commonwealth Edison (*)	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Omaha Public Power District	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Entergy Operations	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Florida Power & Light	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
American Electric Power	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
GPU Nuclear Co.	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Texas Utilities Electric	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Northern States Power Co.	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Gulf States Utilities	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Duke Power	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Illinois Power	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Southern California Edison	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Pennsylvania Power & Light (*)	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Philadelphia Electric Co.	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Tennessee Valley Authority (*)	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Vattenfall (*)	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Tractebel	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Iberdrola (antes de GIRALDA)	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Iberdrola (después de GIRALDA)(*)	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Tokyo Electric Power Co. (*)	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico
Kansai Electric Power Co.	Estudio de recargas	Optimización de recargas	Optimización del quemado	Licenciamiento de recargas	Licenciamiento genérico

(*) Prioritariamente aplica a BWRs.

IBERDROLA
Generación

CUADRO 1

propósito fundamental es facilitar la diversificación del combustible de C.N. Cofrentes asumiendo las responsabilidades necesarias en el diseño, análisis y licenciamiento de sus futuras recargas.

Adicionalmente, el proyecto presenta el potencial de contribuir a la optimización del quemado del combustible en otros reactores cuya explotación es del interés de Iberdrola, o incluso de poder ofertar a terceros, en el escenario europeo, unos servicios cualificados de asesoría técnica en materia de combustible nuclear.

Las siglas que dan nombre al proyecto reflejan, no sin cierta fortuna, la línea estratégica a la que se encamina: "Gestión Independiente de Recargas: Análisis y Licenciamiento de Diseños Avanzados". Se trata del Proyecto GIRALDA.

AMBITO DE ACTUACIÓN

La gestión del combustible nuclear, con las concepciones actuales de combustibles avanzados y ciclos a la medida, exige un alto grado de integración entre las actividades de ingeniería, fabricación, licenciamiento y explotación. Es difícil concebir hoy en día el desarrollo por parte de un determinado suministrador de una recarga de combustible nuclear "llave en mano", por lo ineficiente que resultaría desligar los conocimientos, habilidades y experiencias del diseñador y del fabricante de los del licenciador y del explotador. Se produce entonces una separación flexible de roles entre suministradores y explotadores en la que cada uno complementa las capacidades del otro bajo una dirección integrada única.

Tan frecuente como era hace algún tiempo que el suministrador del combustible proporcionara los servicios de apoyo a la operación a través de programas específicos de gestión del ciclo empieza a serlo ahora que el explotador del reactor proponga el diseño del núcleo, lidere los programas de licenciamiento y establezca las estrategias de operación.

Surge así una iniciativa bastante generalizada entre los explotadores de reactores de desarrollar y mantener metodologías propias de análisis nuclear a través de las cuales el operador juega un papel de interlocutor cualificado con el suministrador del combustible, participa en el diseño garantizando el mejor ajuste posible con sus planes de producción, define sus estrategias de operación, y finalmente, verifica los análisis de seguridad y asume todas las responsabilidades en materia de seguridad y licencia ante el organismo regulador. El proyecto GIRALDA es un ejemplo de ello.

Por otra parte, en lo referente a servi-

cios de fabricación, asistimos a una carrera competitiva entre los fabricantes de combustible por ofrecer nuevas líneas de producto mejor adaptadas a las expectativas de cada reactor en un mercado mundial cada vez más abierto. En este ámbito de la fabricación del combustible nuclear se está produciendo una clara evolución internacional desde las concepciones fuertemente proteccionistas que promovían el empleo exclusivo de las capacidades nacionales hacia unos conceptos de mercados mucho más abiertos y competitivos. Buena prueba de ello son las importantes reestructuraciones y alianzas producidas recientemente entre los principales fabricantes de combustible PWR:

- El grupo francés Framatome-Cogéma se ha asociado a Babcock Wilcox (BW) en la sociedad americana BW Fuel Company (BWFC).
- La alemana Siemens con su división KWU en Alemania y Siemens Power Corporation (SPC) -anteriormente Advanced Nuclear Fuel Corporation (ANF)- en Estados Unidos.
- La sueco-suiza Asea Brown Boveri (ABB) con su filial americana Combustion Engineering.
- La española ENUSA se ha asociado con British Nuclear Fuel Limited (BNFL) y Westinghouse para formar el European Fuel Group.

La nueva estructura del mercado de los servicios de fabricación conduce también a una evolución de las concepciones tradicionales asumidas por sus responsables: aceptar las reglas de competencia, buscar las mejores alternativas disponibles siguiendo estrategias claras de optimización técnico-económicas, flexibilizar los papeles que desempeñan suministradores y clientes procurando concentrar cada uno sus esfuerzos en las actividades que integran sus competencias esenciales.

Es en este ámbito donde se encuadra el Proyecto GIRALDA, y es bajo estas expectativas de evolución del mercado como se espera rentabilizar: el desarrollo y mantenimiento de metodologías independientes para la gestión del combustible nuclear permite evaluar objetivamente las propuestas de mejora incorporadas por los fabricantes a los nuevos combustibles, gestionar núcleos mixtos que se benefician de la pluralidad tecnológica disponible y fomentar la calidad y la competitividad como reglas de oferta.

La respuesta internacional en iniciativas de desarrollo tecnológico similares al GIRALDA refleja un crecimiento continuo de las capacidades independientes para la gestión del combustible nuclear. En la figura I hemos destacado algunos ejemplos internacionales que evidencian nuestras afirmaciones incluso en empresas con menor im-

plantación nuclear que las españolas. Los organismos reguladores, y en especial la NRC, muestran actitudes inequívocas de apoyo a que las empresas que explotan reactores desarrollen y mantengan sus propias capacidades en la gestión de su combustible nuclear porque con ello contribuyen a un mejor conocimiento de su central y a una mejor comprensión de su respuesta ante el amplio espectro de situaciones que se postulan en las evaluaciones de seguridad del combustible. El efecto sobre la seguridad es obvio.

ALTERNATIVAS DE ALCANCE

Como es lógico suponer, el alcance de un proyecto de estas características puede ser enormemente variado, tanto como los objetivos estratégicos que se persigan.

Utilizando una terminología comúnmente aceptada, se pueden asociar los distintos niveles de desarrollo alcanzables a alguna de estas cinco categorías:

I Estudio de Recargas

La empresa eléctrica desarrolla conocimientos y capacidades básicas, implanta códigos de cálculo, planifica y aprende. El suministrador del combustible es responsable de identificar y realizar todas las actividades de ingeniería de las recargas.

II Optimización de Recargas

La empresa eléctrica realiza el seguimiento de las actividades del suministrador, adquiere credibilidad y confianza en sus propios métodos de cálculo, identifica las necesidades y plantea sugerencias. El suministrador lo complementa dirigiendo y liderando los aspectos técnicos y de licencia.

III Optimización del Quemado

La empresa eléctrica proporciona el soporte operativo a la central, valida sus métodos independientes de cálculo, dirige y asesora técnicamente. El suministrador del combustible actúa como agente licenciador.

IV Licenciamiento de Recargas

La empresa eléctrica realiza sus propias evaluaciones de seguridad en soporte de las recargas de combustible, dispone de códigos y métodos aprobados y es responsable del licenciamiento del núcleo. El suministrador del combustible revisa técnicamente sus evaluaciones.

V Licenciamiento de Aspectos Genéricos

La empresa eléctrica es capaz de modificar

las bases de diseño, dispone de lo más actualizados y es responsable del licenciamiento de la central. El suministrador asesora bajo demanda. El nivel alcanzado por las empresas utilizadas como referencia se observa en el cuadro 1. El proyecto GIRALDA permitirá a IBERDROLA elevar al nivel IV su actuación en C. N. Cofrentes.

MARCO CONCEPTUAL

Las bases de licencia y los criterios de seguridad empleados en el diseño del reactor se encuentran detallados en el Estudio Final de Seguridad (EFS) que, estructurado en 15 capítulos, describe todos los sistemas de la instalación. Su alcance es genérico y, normalmente, responde al estado del proyecto al principio de su vida.

Cualquier modificación que se lleve a cabo en la instalación, y que pueda afectar los criterios de seguridad del

EFS, deberá evaluarse con los métodos apropiados y reportarse al Consejo de Seguridad Nuclear en un Informe de Seguridad que, de hecho, constituye una adenda al EFS, o bien se incorpora en su interior en la siguiente revisión periódica.

La recarga de combustible es la ocasión en la que mayor número de cambios de diseño se introducen en el proyecto; el más importante, sin duda, la disposición de un nuevo núcleo con parámetros de comportamiento diferentes del anterior. Dado el carácter periódico y programado de las recargas de combustible, los suministradores suelen disponer de métodos aprobados por los organismos reguladores para abordar un Estudio de Seguridad de la Recarga con una cobertura limitada y razonable, que básicamente sigue esta lógica:

Dado que el EFS, y los sucesivos Informes de Seguridad de cada recarga, contienen los análisis de todos los sucesos requeridos para el licenciamiento, se entenderá que dichos análisis siguen siendo válidos para la siguiente recarga a menos que se dé alguna de estas circunstancias:

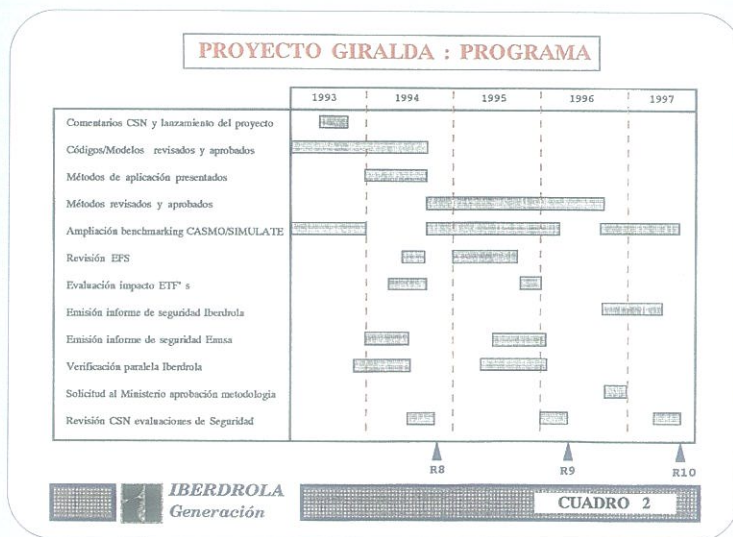
- Se descubren errores sustanciales en dichos análisis.
- Ha cambiado la normativa aplicable.

- Se han realizado modificaciones en la planta que pueden influir en los resultados de los análisis anteriores.

- Los resultados del análisis son sensibles al diseño del núcleo.

- Los resultados del análisis han sido utilizados para fijar algún límite en Especificaciones Técnicas.

Todos estos criterios se cumplen siguiendo las dos normas siguientes en cada evaluación de recarga:



F II

- Todos aquellos sucesos que no son sensibles a la configuración del núcleo, y además no son limitativos, sólo deberán reanalizarse si se descubren errores en los análisis previos, si cambia la normativa vigente o si se realizan modificaciones significativas en el NSSS.

- Todos aquellos sucesos que son sensibles a la configuración del núcleo, o han propiciado un límite en las Especificaciones Técnicas, deben ser evaluados en cada recarga.

La aplicación práctica de estas dos normas se lleva a cabo mediante el chequeo de una lista de parámetros clave para los análisis de seguridad, cuya modificación respecto de los valores del ciclo previo indica la conveniencia del reanálisis.

Un caso de "modificación significativa", que conviene resaltar, es el cambio de la metodología para el análisis de los sucesos. En tal caso debería evaluarse el impacto sobre los resultados previos contenidos en el EFS del propio cambio de metodología, y a continuación fijar, en un documento base de licenciamiento, el alcance de las evaluaciones a realizar en las recargas sucesivas en las que se mantenga la misma metodología. Esta es la aproximación del proyecto GIRALDA.

En principio, puede preverse la necesidad de realizar una revisión completa del Estudio Final de Seguridad (EFS) a la luz de la nueva metodología de análisis, que previamente debe haber sido licenciada. Los temas básicos a considerar son los siguientes:

Evaluación del Diseño

- Diseño Mecánico del Combustible: evaluación que proporciona una actualización al capítulo 4.2 del EFS y que debe ser realizada por los propios suministradores por su relación inherente con las garantías del combustible. De aquí surgen los límites mecánicos del combustible.

- Diseño Nuclear: evaluación que permite actualizar el capítulo 4.3 del EFS y que sería realizada con medios y métodos propios. Incluye todos los análisis de Física del Reactor, y produce resultados tales como Coeficientes de Reactividad, Modelo de carga del núcleo, Valores de barras e Incertidumbres de cálculo.

- Diseño Térmico-hidráulico: constituye una actualización del capítulo 4.4 del EFS, a realizar con medios propios, donde se contemplan parámetros globales del sistema (potencia del núcleo, presión, caudal,...) así como valores relativos al elemento y la varilla mas limitativos. Se especifican las incertidumbres de la instrumentación y del modelo, así como los márgenes de diseño a los límites térmicos.

Evaluación de Seguridad

- Estado Estacionario: se evalúa, con métodos propios, la respuesta del núcleo recargado ante transitorios y accidentes susceptibles de ser analizados con métodos de estado estacionario. En esta categoría se sitúan la pérdida de calentamiento de agua de alimentación, los errores de extracción de barras y los errores de carga de combustible.

- Transitorios y Accidentes: Se fija el límite de operación de MCPR (Razón Mínima de Potencia Crítica) mediante la adición al límite de seguridad del mayor incremento experimentado por el resultado de analizar los transitorios del capítulo 15 del EFS, incluyendo al menos el rechazo de carga sin bypass, el disparo de turbina

sin bypass, la pérdida de calentadores de agua de alimentación, la iniciación inadvertida del HPCI (Inyección de Alta Presión), el cierre de las válvulas de aislamiento de vapor principal, el fallo del controlador de agua de alimentación y el error de extracción de barras a potencia. Además se demostrará que el núcleo diseñado cumple con todos los criterios de seguridad y que el sistema es estable. Respecto de los accidentes, se debe analizar la caída de una barra de control, rotura de una línea de vapor principal, pérdida de refrigerante, accidentes de manipulación de combustible y, finalmente, accidentes de carga de combustible.

Cambios a Especificaciones Técnicas y Puntos de Tarado

Si, como consecuencia de las evaluaciones previamente definidas surgiera la necesidad de modificar alguna condición límite de operación se definirán los cambios requeridos en las Especificaciones Técnicas y los cambios de Puntos de Tarado que garanticen el cumplimiento de las hipótesis de Seguridad con las que se realizaron las evaluaciones.

Pruebas de arranque

Para validar los análisis de seguridad realizados se especifican las pruebas de arranque pertinentes, que suelen consistir en medidas de fricción y tiempos de scram de las barras de control, verificación del margen de parada y anomalías de reactividad.

Evaluaciones adicionales

Se analizarán los restantes capítulos del EFS que pudieran resultar afectados por el cambio de metodología (4,6,9 y 15) y se demostrará que, con la operación prevista, se satisfacen los criterios y límites de diseño de los elementos combustibles, incluyendo la densidad de potencia lineal en función del quemado y tiempo de residencia y los quemados máximos admisibles. Para ello, no sólo se analizará el ciclo objetivo, sino también los subsiguientes en los que permanece el mismo combustible.

PROGRAMA DE ACTUACIÓN

La figura II presenta los hitos más significativos para el desarrollo del proyecto

GIRALDA y su sincronismo con las recargas 8, 9 y 10 de CN Cofrentes. Se prevé una secuencia de licenciamiento por etapas o bien una serie de pronunciamientos favorables del CSN culminados con licencias específicas de aplicación.

En cualquiera de los casos se comienza con la revisión y aprobación de los códigos y modelos fundamentales: CASMO-3 para análisis neutrónico de celdas, SIMULATE-3 para análisis del núcleo, FROSSTEY para análisis termomecánico, SLICK para acoplamiento cinético, FIBWR para hidráulica de estado estacionario y RETRAN-3 para análisis de transitorios.

El paso siguiente es la revisión y aprobación de los métodos de aplicación plasmados en seis informes de licenciamiento. Bajo ellos subyacen todos los procedimientos de detalle y una amplia experiencia de contrastación de resultados que permite cerrar el proceso con un pronunciamiento sobre la cualificación del usuario.

El programa, tal y como se resume en este artículo, ha sido presentado al CSN y al Ministerio de Industria, considerándose viable, tanto en su alcance como en su programación temporal, por todos los interlocutores involucrados.

viene de la página 33

en la medida de lo posible, los procesos fundamentales de diseño; b) aumentar el valor añadido de los productos de Ingeniería; y c) complementar la línea de servicios que ENUSA ofrece a sus clientes con diversos productos informáticos. Algunos de los frutos de aquel planteamiento son ya una realidad, y hoy contamos en ENUSA con algunos sistemas informáticos que automatizan partes del diseño. Y en lo que concierne al desarrollo de cara al exterior, hay ya varios programas comercializados por ENUSA que están funcionando en Centrales Nucleares españolas; uno de ellos es SAPORO.

REQUISITOS DEL PROGRAMA

El programa debe ser alimentado ciclo a ciclo con los ficheros de datos que contienen la información del IDN. Estos ficheros los suministra ENUSA junto con el documento en papel. Existe un fichero por cada figura o tabla del IDN, y están agrupados en directorios, siguiendo el criterio de poner juntas todas aquellas figuras que son de un mismo tipo; por ejemplo : aquellas que son de coeficientes o de bancos, etc.. Pero el usuario puede hacer cualquier

otro tipo de ordenación que prefiera, o que le sea más útil.

ENUSA instala el programa en los ordenadores de la Central, imparte unos cursos sobre el mejor uso del programa, y, como es lógico, entrega un Manual de Usuario que explica ampliamente, mostrando numerosas pantallas de trabajo, como instalar y usar el programa. Además se ha incorporado como una opción más de aquél una Ayuda interactiva, para facilitar su consulta.

Uno de los objetivos que nos marcamos a la hora de desarrollar el programa fue que éste debería de poderse ejecutar en cualquier tipo de PC, en el que obviamente se pudiera usar Windows. Como es lógico, y más tratándose de un programa gráfico, cuanto más potente sea el ordenador mejores prestaciones conseguiremos. Los requisitos mínimos para poder ejecutar SAPORO son :

- Ordenador Personal (IBM compatible), con procesador 286.
- Coprocesador matemático.
- Ratón.
- Windows 3.1.

Sin embargo, la configuración del ordenador más recomendable es :

- Procesador 386 SX (con coprocesador) o superior.

- 4 Mb de memoria,
- Monitor en color.
- Impresora Láser.

CONCLUSIONES

Para terminar este artículo quisiéramos transmitir a los lectores las dos ideas básicas que están detrás de SAPORO :

- SAPORO es el resultado de una estrategia de ampliación del uso de las tecnologías de la información para mejorar los procesos de diseño, racionalizar, simplificar y automatizar los sistemas auxiliares de la Ingeniería de ENUSA y ofrecer una nueva posibilidad a nuestros clientes dentro del área de servicios que hoy ya ofrecemos : el desarrollo de programas informáticos.

- SAPORO nació con la vocación de cubrir todas aquellas actividades de la operación y el seguimiento de los Reactores de Agua a Presión que estén relacionadas con la información de Diseño Nuclear. Pero no necesariamente se va a quedar ahí, porque además de las nuevas capacidades que nosotros mismos vamos a introducirle, SAPORO acabará siendo aquello que nuestros clientes necesiten.