



Rogelio de HARO LOZANO

## SERVICIOS DE INGENIERIA DE APOYO DEL SISTEMISTA A LA EXPLOTACION DE CENTRAL NUCLEAR DE ALMARAZ

R. DE HARO

### INTRODUCCION

Los datos estadísticos acumulados indican que las centrales nucleares en operación requieren servicios de ingeniería de apoyo a la explotación encaminados a aumentar su disponibilidad y optimizar su operación.

La participación en los servicios de ingeniería de apoyo a la explotación de las organizaciones involucradas en el diseño, construcción, pruebas y puesta en marcha de la central, adecuadamente dirigidas y coordinadas por el Propietario, asegura el mantenimiento de la experiencia aportada y adquirida en estas fases, con el consiguiente beneficio para la optimización de la operación de la central.

La función del sistemista principal en los servicios de ingeniería a las centrales en operación es fundamental por su conocimiento detallado del diseño original y por el constante desarrollo tecnológico de productos y servicios que realiza en función de la experiencia acumulada a través del estudio de datos reales de operación, inspección y mantenimiento, que reflejan el comportamiento de equipos y sistemas de casi un centenar de reactores en operación.

La aportación de su experiencia en el diálogo con el organismo regulador del país de origen del diseño, sobre temas de licenciamiento y seguridad, es un activo a considerar.

Central Nuclear de Almaraz adjudicó a Westinghouse, en mayo de 1986, un contrato por tres años para el suministro de servicios de ingeniería de apoyo a la explotación. Este contrato cubre la prestación de servicios de ingeniería relativos a los componentes y sistemas del suministro original de la empresa y a continuación se van a exponer los aspectos más significativos de su or-

ganización, alcance y trabajos realizados hasta la fecha.

### ORGANIZACION

Los servicios de ingeniería de apoyo a la explotación requieren la comunicación constante con los departamentos de ingeniería y operación del Propietario, con objeto de conocer las incidencias de operación, y una respuesta rápida de las demandas derivadas de estas incidencias.

Westinghouse Electric Corporation, sistemista de las centrales nucleares de Almaraz I y II, dispone de numerosos recursos en el campo nuclear, distribuidos principalmente por la geografía americana y organizados en divisiones responsables de diferentes alcances dentro del área nuclear, tales como Nuclear and Advance Technology Division, responsable de la ingeniería del Sistema Nuclear de Generación de Vapor y de todos los desarrollos tecnológicos relacionados, incluyendo el diseño de reactores avanzados; Nuclear Fuel Division, responsable del diseño y fabricación de combustible; Nuclear Components Division, responsable del diseño y fabricación de equipos como Generadores de Vapor, internos del reactor, celdas de combustible, etc.; Electro Mechanical Division, responsable del diseño y fabricación de las bombas principales, mecanismos de accionamiento de las barras de control, válvulas, etc.; Nuclear Services Division, responsable de la ingeniería de diseño asociada a los servicios a plantas en operación y su aplicación directa en planta.

La rama europea, responsable de la implementación de servicios de ingeniería y planta en centrales europeas, tiene su sede en Bruselas bajo la denominación de Westinghouse Energy Systems International.

Para que esta, en principio compleja, organización pueda suministrar servicios de ingeniería de apoyo a la explotación, se requiere una localización cercana al emplazamiento y al Propietario, que pueda dar respuesta ágil y adecuada a los problemas derivados del día a día de la explotación, apoyándose en los recursos necesarios de la Corporación en cada caso. Esta importante función la viene desarrollando con éxito el grupo de ingeniería dedicado exclusivamente a Central Nuclear de Almaraz y localizado en las oficinas de Westinghouse Sistemas Energéticos en Madrid.

El grupo dedicado cubre las disciplinas de Ingeniería de Proyecto, Análisis de Sistemas, Instrumentación y Control, Electricidad, Mecánica y Licenciamiento y cuenta con el apoyo de los grupos funcionales de la organización de Madrid y del resto de las divisiones nucleares de Westinghouse Electric Corporation, de acuerdo con el organigrama de la figura 1.

Este grupo dedicado, con el apoyo exterior necesario, ha llevado a cabo su labor a satisfacción del Propietario, durante un período de casi tres años, realizando tareas multidisciplinarias según el alcance del contrato.

## ALCANCE

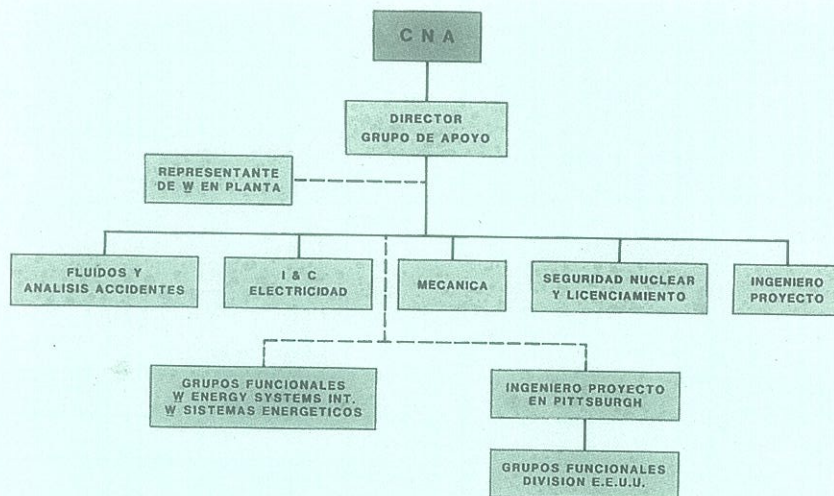
El alcance se define conjuntamente con la Propiedad para períodos de actuación que se ajusten a las necesidades específicas de la central, ya sean derivadas de la explotación, preparación de recargas, resolución de temas puntuales no programados, o bien de las necesidades del Departamento de Ingeniería del Propietario.

Central Nuclear de Almaraz definió como prioritaria la transferencia de la documentación relativa al diseño, con el fin de dar respuesta a la petición del Consejo de Seguridad Nuclear de localizar en territorio nacional toda la información del diseño original de los equipos y sistemas de la central.

Debido a la organización del Proyecto del suministro del Sistema Nuclear de Generación de Vapor durante el período de diseño, construcción y puesta en marcha, la documentación se encontraba localizada en las distintas divisiones de Westinghouse que habían participado en el Proyecto, por lo que hubo necesidad de revisar la existencia de la documentación y definir conjuntamente con los responsables de cada división un listado que facilitase el proceso de transferencia.

La documentación transferida incluye: especificaciones de equipo, descripción de sistemas, análisis de accidentes, notas de cálculo para definición de equipos y sistemas, planos de conjunto y detalle, análisis de esfuerzos, manuales de mantenimiento, recomendaciones de instalación, libros de datos

FI Organigrama grupo de apoyo a CNA



relativos a la fabricación de equipos, etc., lo que supone un estadio equivalente o superior a lo que constituye actualmente el denominado "Project Information Package (PIP)" para centrales de generaciones más recientes que Almaraz.

Con objeto de poder realizar un control riguroso de la documentación y tener facilidad y rapidez en el acceso a la misma, se ha confeccionado una base de datos procesada por un ordenador profesional y adaptada a las necesidades específicas derivadas de la organización de los archivos del Proyecto original.

Actualmente esta base de datos tiene registrados 6.323 documentos, relacionados única y exclusivamente con el diseño de equipos y sistemas del Sistema Nuclear de Generación de Vapor. La mayor parte de esta información se encuentra microfilmada, con objeto de facilitar su manejo y reducir el espacio necesario para su archivo.

Independientemente, se dispone de otro archivo microfilmado con toda la correspondencia y documentación técnica del Proyecto original no relacionada con el diseño, que permite en un momento determinado reconstruir históricamente cualquier aspecto del Proyecto.

La localización en territorio nacional de la información de diseño, ha permitido la realización en Madrid de dos auditorías solicitadas por el organismo regulador, evitando desplazamientos al exterior según era costumbre anteriormente. También se han demostrado las ventajas de la localización de la documentación de diseño a través de una respuesta más rápida en los simulacros de emergencia realizados hasta la fecha, en los que se ha hecho uso de la documentación relativa al supuesto

planteado y, en general, en todas las actuaciones necesarias debidas a incidencias en equipos y sistemas en la operación de la central.

La base de datos y los archivos se actualizan cada vez que se efectúa un cambio de diseño y periódicamente se envía a la propiedad un disco actualizado que ésta utiliza en sus oficinas por medio del mismo programa.

Además de la transferencia de diseño, actividad de carácter coyuntural, el contrato de ingeniería de apoyo a la Central Nuclear de Almaraz ha cubierto otras actividades en función de las prioridades definidas por la Propiedad, relacionadas entre otras con las siguientes áreas:

- Resolución de problemas relacionados con el funcionamiento de equipos mecánicos, eléctricos y de instrumentación y control.
- Evaluación de datos de prueba o estadísticos de operación de sistemas.
- Seguimiento de desarrollos tecnológicos en los generadores de vapor.
- Estudios de experiencias obtenidas en otras plantas en operación con objeto de identificar su aplicabilidad a la central.
- Evaluación de impactos en los análisis de accidentes de las modificaciones en las Especificaciones Técnicas y procedimientos administrativos.
- Evaluación de informes de operación y eventuales recomendaciones.
- Evaluación del impacto de fallos de equipos en sistemas y en la operación y seguridad de la central.
- Evaluación de desviaciones de los parámetros de operación durante la explotación de la central.
- Recomendaciones para mantenimiento de equipos.
- Puesta al día del PLS.

- Realización hasta el nivel de diseño conceptual de los trabajos de ingeniería solicitados.
- Recomendaciones sobre los distintos aspectos relacionados con la protección radiológica.
- Recomendaciones para stock de repuestos.
- Asistencia en la programación de paradas.
- Recomendaciones sobre modernización de equipo y sistemas de acuerdo con innovaciones tecnológicas.
- Puesta al día de desarrollos en curso que pudieran suponer beneficio a la operación y disponibilidad de la central.
- Puesta al día de las bases de datos relativas a información de diseño.
- Apoyo en temas de licenciamiento.
- Puesta al día periódica del Informe Final de Seguridad.
- Puesta al día de las Especificaciones Técnicas.
- Puesta al día sobre temas genéricos de licenciamiento (Cartas W-NRC y Unreviewed Safety Issues).
- Estudio específico de la aplicabilidad de temas genéricos de licenciamiento.
- Estudio específico de la aplicabilidad de boletines técnicos.
- Seguimiento de temas WOG y aplicabilidad a la central.

Las actividades se realizan según un plan de trabajo establecido de común acuerdo con la Propiedad, considerando las circunstancias y necesidades de operación de la central.

- Gestión y coordinación.
- Química.
- Combustible.
- Avances tecnológicos.
- Experiencia operativa.

A su vez, cada actividad asociada a estas áreas se ha relacionado, según su incidencia, con las parcelas relativas a disponibilidad de la central, mejora de la operación, relaciones con el organismo regulador, potencia, seguridad, mantenimiento y revisión de documentación.

La distribución y el número de actividades asociados a cada área se indica en la figura II.

Hay que hacer notar que las actividades incluidas en cada área pueden tener relación con otras y con más de una de las parcelas a las que se asociaban, pero para el estudio estadístico que nos ocupa se han asignado sólo a una, la que en cada caso se ha juzgado como predominante. También conviene resaltar que la asignación de una actividad a un área específica no supone un trabajo estanco realizado por un especialista o especialistas de una determinada área o disciplina de ingeniería, sino que en la mayoría de los casos existe una relación o dependencia acusada con otras áreas de la ingeniería, realizándose casi siempre un trabajo en equipo de los especialistas involucrados de las distintas disciplinas, por la interdependencia existente entre disciplinas en una tecnología del carácter de la nuclear.

La conveniencia de contrastar opiniones con los especialistas de otras disciplinas, sobre la incidencia de una modificación determinada, requiere en la mayoría de los casos un trabajo en equipo que asegure una solución global y contemple adecuadamente las ventajas e inconvenientes en el conjunto de la central y no en un área estanca. El diagrama de barras de la figura III indica el número de actividades realizadas por disciplinas de ingeniería y el porcentaje de actividades en cada área.

El diagrama circular de la figura IV indica los porcentajes de las actividades realizadas según su incidencia en las parcelas de explotación definidas anteriormente.

La realización de las 543 actividades completadas ha requerido la participación de un número considerable de personas de las distintas divisiones de Westinghouse, con el consiguiente consumo de horas-hombre.

Los servicios de ingeniería de apoyo a la explotación requieren, además de las horas de ingeniería a realizar en oficina, una frecuente comunicación con el personal de operación, que se facilita a través del residente del sistemista en la central, y desplazamientos periódicos al emplazamiento, en algunos casos con estancias prolongadas, para la celebración de reuniones, asistencia a pruebas, supervisión de trabajos, implementación de modificaciones de diseño, toma de datos de operación, etc.,

## ACTIVIDADES

Además de las actividades asociadas con la transferencia de diseño anteriormente descritas, el grupo de ingeniería de apoyo dedicado a la Central Nuclear de Almaraz ha realizado un total de quinientas cuarenta y tres actividades en el período comprendido entre el 1 de mayo de 1986 y el 31 de diciembre de 1988.

Se ha realizado un estudio estadístico para identificar estas actividades por áreas de trabajo asociadas a las mismas.

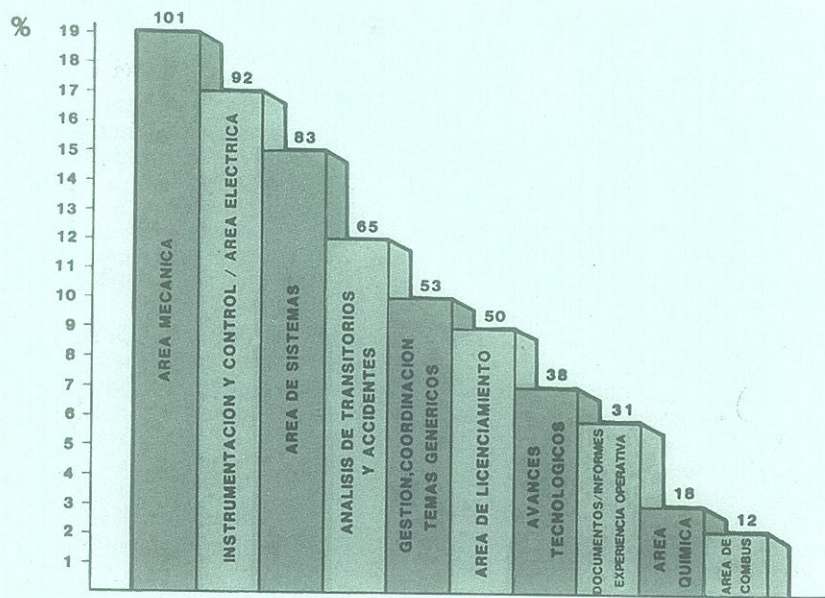
Aunque la identificación es prolija, existe un listado controlado por ordenador en el que se enumeran las tareas, una vez definidas por la Propiedad, que sirve de control de avance e identifica las personas responsables de cada actividad.

Con el fin de simplificar el estudio, el total de las actividades se ha dividido en las siguientes áreas:

- Instrumentación y control y eléctrica.
- Mecánica.
- Sistemas.
- Análisis de transitorios y accidentes.
- Licenciamiento.

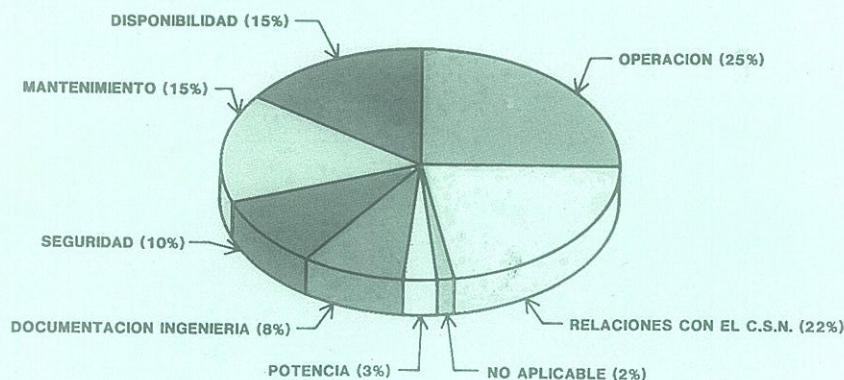
F II Actividades del grupo de apoyo

|                                            | DISPONIBILIDAD | OPERACION | POTENCIA | RELACIONES CON EL C.S.N. | SEGURIDAD | MANTENIMIENTO | DOCUMENTACION DE INGENIERIA | NO APLICABLE |
|--------------------------------------------|----------------|-----------|----------|--------------------------|-----------|---------------|-----------------------------|--------------|
| INSTRUMENTACION Y CONTROL / AREA ELECTRICA | 19             | 32        | 3        | 5                        | 4         | 24            | 6                           | 1            |
| AREA MECANICA                              | 12             | 16        | 2        | 18                       | 2         | 43            | 5                           | 3            |
| AREA DE SISTEMAS                           | 13             | 31        | 9        | 14                       | 11        |               | 3                           | 1            |
| ANALISIS DE TRANSITORIOS Y ACCIDENTES      | 10             | 11        |          | 23                       | 21        |               |                             | 1            |
| AREA DE LICENCIAMIENTO                     | 1              | 6         |          | 37                       | 2         | 2             | 1                           |              |
| GESTION, COORDINACION TEMAS GENERICOS      | 10             | 12        |          | 3                        | 9         | 2             | 11                          | 6            |
| AREA QUIMICA                               | 3              | 11        |          | 2                        |           | 1             | 1                           |              |
| AREA DE COMBUSTIBLE                        |                | 6         |          | 1                        | 3         | 1             |                             |              |
| AVANCES TECNOLOGICOS                       | 15             | 7         |          | 3                        | 1         | 8             | 4                           |              |
| DOCUMENTOS/ INFORMES EXPERIENCIA OPERATIVA |                | 5         | 1        | 13                       |           |               | 10                          | 2            |



F III Actividades del grupo de apoyo

F IV Aumento/Ayuda/Mejora



lo que incrementa considerablemente el trabajo de campo.

Como parte del estudio estadístico, y con el fin de analizar el tiempo dedicado a interfases, a través de reuniones con la Propiedad y otras organizaciones involucradas en las actividades realizadas, e identificar las estancias en planta, se han obtenido los siguientes datos:

Se han celebrado un total de 123 reuniones en Madrid con la Propiedad, suministradores, organismo regulador y otras ingenierías, lo que suma un total de 179 reuniones-hombre.

Se ha controlado un total de 120 estancias en planta con un equivalente de 277 días-hombre.

La comunicación con las divisiones de Westinghouse para obtener informa-

ción de plantas de referencia y participación en la resolución de trabajos de campo ha supuesto realizar 25 viajes a la oficina central europea y 24 desplazamientos de personal de esta oficina, así como 13 desplazamientos a EE. UU. y 21 desplazamientos de personal americano de las distintas divisiones para la asistencia a reuniones o participación de trabajos en el emplazamiento.

No está incluido en las cifras citadas el tiempo empleado en la coordinación con otros grupos de apoyo dedicados a otras centrales españolas, con el fin de asegurar un intercambio de experiencias comunes, ni las reuniones periódicas celebradas con la Propiedad en las que se revisan con carácter general las actividades realizadas, las ac-

tividades en curso y aquellas programadas para el futuro.

La descripción de cada una de las tareas realizadas, o al menos de las más significativas en cada área, sería objeto, por su extensión y contenido, de otro trabajo, pero sí merece la pena resaltar que los porcentajes de actividades cuyos resultados han supuesto una mejora efectiva en la disponibilidad de la central, optimización de la operación y ayuda al mantenimiento, han supuesto el 55 % de las actividades realizadas, lo que creemos ha contribuido a la excelente disponibilidad y factor de carga de las dos unidades en los últimos años.

Cabe destacar, por otra parte, que las actividades relacionadas con la seguridad y el organismo regulador han supuesto también un porcentaje elevado (32 %) del total.

## CONCLUSIONES

De lo anteriormente expuesto, y desde la óptica del sistemista, parece evidente que la experiencia aportada en los casi tres años de prestación de servicios de ingeniería de apoyo a la explotación de las centrales de Almaraz 1 y 2 ha resultado positiva y ha supuesto un valor añadido beneficioso para su operación.

La experiencia acumulada en el diseño de un centenar de reactores, el seguimiento diario de los problemas que se presentan en los mismos, el análisis de la base de datos obtenida de la explotación de estas centrales y el continuo desarrollo tecnológico que Westinghouse, como sistemista, realiza en el campo nuclear, incluyendo el diseño de reactores avanzados y la continua optimización de los equipos y sistemas de las centrales actualmente en operación, representan un activo tecnológico del que no se puede prescindir si se quiere obtener un grado de excelencia, como el que la industria nuclear demanda, en la explotación de las centrales.

La experiencia adquirida en los casi tres años de vigencia del contrato de servicios de ingeniería de apoyo a CNA, debe ser evaluada cuidadosamente por la Propiedad y el sistemista con el fin de optimizar los futuros servicios de este tipo a suministrar.

La comunicación entre Propiedad, sistemista y demás ingenierías involucradas en el apoyo a la explotación de la central es de vital importancia para conseguir el objetivo común de la industria nuclear en general, y española en particular, que no es otro que el de elevar aún más los excelentes niveles de explotación de las centrales españolas, reflejados en los altos porcentajes de disponibilidad y factor de carga que se están consiguiendo.