



## SERIE DE ARTICULOS SOBRE ENERGIA ALTERNATIVA: LA NUCLEAR ENTREGA N° 8

### EL ROL DEL ARQUITECTO INDUSTRIAL EN PROYECTOS NUCLEARES ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA, DIRIGIDO A PERSONAS CURIOSAS Y NO ESPECIALISTAS

OCTUBRE 2012

Autor: Ing. Jorge Bertoni

En la toma de la decisión de construir una central nuclear, es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- En forma frecuente se ha subestimado la complejidad tecnológica y de gestión de un proyecto de envergadura, como es el diseño y construcción de una central nuclear, aún en países desarrollados. Esa es la razón por la cual son frecuentes los aumentos en los presupuestos iniciales y en la prolongación de los programas de inversión.
- Las desviaciones que pueden llegar a producirse como resultado de una gestión deficiente, señalan que los factores económicos pueden y deben primar sobre cualquier otra consideración.
- La participación nacional y la transferencia de tecnológica están interrelacionados entre si, y dentro de ciertos límites tienen su ponderación económica. Ello quiere decir que es razonable promover la participación nacional en determinadas actividades que permitan la continuidad sobre bases de competitividad, y postergar aquellas que por cualquier razón supongan una carga económica o un riesgo injustificado.

Un análisis porcentual de las inversiones a realizar en una central nuclear es en forma aproximada, la siguiente:

- Sistema Nuclear de Generación de Vapor (NSSS)	15%
- Grupo Turbina-Generador	10%
- Gestión General + Ingeniería	10%
- Equipos y Sistemas	35%
- Construcción y Puesta en Marcha	30%

Con una razonable transferencia tecnológica hacia la industria nacional, es posible alcanzar una participación nacional del orden del 60%.

Se incluye en el concepto de Proyecto de una Central Nuclear el conjunto de actividades de ingeniería, fabricación de equipos, construcción y puesta en marcha que es necesario realizar desde que se decide la inversión hasta que se consigue la operación comercial de la central.

La gestión coordinada de dichas actividades tiene una importancia fundamental, no solo en cuanto al desarrollo armónico del Proyecto: calidad de lo que se realiza, plazos de ejecución y costo final



de la instalación; sino en cuanto a los aspectos no menos importantes que se deben derivar hacia la industria local: transferencia tecnológica y fomento de la participación nacional.

El éxito en la concreción de un Proyecto con la complejidad descrita, depende en gran medida de la estructura organizativa que se le de.

La modalidad mas extendida en el mundo, consiste en la realización de la Gestión General del Proyecto por la Empresa Eléctrica Propietaria, apoyada en los servicios de una Empresa de Ingeniería con experiencia específica en el tipo de NSSS contratado para la central.

Esta Empresa de Ingeniería, debe desarrollar el diseño básico del resto de la central y el de detalle de la totalidad. Dentro de estos trabajos se encuentran comprendidas las especificaciones técnicas por componenetes aislados, de todos los equipos de la central a excepción naturalmente, de los que ya están incluidos dentro del alcance del Suministro Principal.

Esta modalidad ha significado la aparición de la figura del Arquitecto Industrial o A/E (Architect Engineer) de centrales nucleares, vigente en todas partes del mundo.

El contrato del NSSS contiene además la ingeniería básica de los sistemas fundamentales, asi como los criterios para el diseño de los restantes sistemas auxiliares de la central para los cuales el NSSS pueda requerir condiciones especiales.

El Grupo Turbina Generador incluiría el suministro de ambas máquinas, asi como sus sistemas auxiliares mas directos. Este contrato incluye los criterios de diseño a tener en cuenta para el resto de sistemas auxiliares de la parte convencional que pudieran condicionar el funcionamiento del grupo.

El proceso de diseño de la central, comprende el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle en las cuatro disciplinas de la ingeniería: obra civil, mecánica, eléctrica y de instrumentación y control. En forma muy resumida:

**Obra Civil:** Disposición general de todos los edificios, resolución de problemas estructurales, diseño sísmico de acuerdo con el grado de sismicidad de la zona de emplazamiento. Diseño del recinto de contención del NSSS, no solo tiene que ser estanco sino también resistente a un impacto de avión.

**Mecánica:** Elaboración de los diagramas de flujo de todos los sistemas y descripción de los mismos, especificaciones de todos los componenetes mecánicos y su implantación. Tendido de cañerías, definición de soportes y análisis de tensiones de las mismas.

**Eléctrica:** Preparación de diagramas unifilares y criterios de proyecto. Trazado de las bandejas para cables en todos los edificios, recorrido de cables para cada uno de los sistemas.

**Instrumentación y Control:** Definición y diagramado de la Sala de Control, selección de la instrumentación para todos los sistemas, y elaboración de los criterios de control de la central completa.

Con la participación en varios proyectos previos, los A/E han logrado dearrollar una completa documentación en forma de procedimientos y estadísticas, que les permite resolver de antemano las interfases entre las distintas disciplinas, entre el diseño y la construcción y entre ésta y la



puesta en marcha. Esto hace posible eliminar o al menos reducir las interferencias que indefectiblemente aparecen durante la etapa de construcción.

También suelen disponer de un programa muy completo para el manejo de la gran cantidad de documentación que se genera en las distintas etapas del proyecto, e identificar todas las normas que son de aplicación durante la etapa de diseño..

En síntesis, el principal aporte de un A/E en un Proyecto Nuclear, es una óptima administración del tiempo requerido en todas las etapas del proyecto, para poder cumplir el cronograma elaborado al comienzo del mismo y evitar en esa forma desvíos importantes en el presupuesto total de la obra.

La experiencia previa en la construcción de centrales, y la gran cantidad de datos estadísticos disponibles hacen posible la elaboración de cronogramas muy detallados y precisos, que facilitan un seguimiento riguroso de su evolución y una detección temprana de cualquier motivo de atraso posible..

El grado de intervención directa de la Organización Propietaria en la construcción de una central nuclear, varía dependiendo de la fórmula adoptada para la Empresa de Ingeniería. Si ésta es responsable de la gestión y dirección de la obra, la Organización Propietaria se reserva funciones de supervisión y controles generales, efectuados a partir de una pequeña organización a pie de obra. Si por el contrario la Ingeniería no interviene en este tipo de actividades, la organización Propietaria debe incrementar sustancialmente sus funciones y efectivos a pie de obra.

De acuerdo con estadísticas internacionales disponibles, el proyecto de una central nuclear en términos de horas-hombre requeridas sería;

#### ALCANCE DE SUMINISTRO DE UN A/E

<b>En oficinas</b>	<b>Horas-Hombre x 10<sup>6</sup></b>
Ingeniería de Proyecto y Diseño	5
Compra de equipos	0,5
<b>En Obra</b>	
Gestión de Construcción	2,5
Diseño de detalle en campo	1,5
Pruebas y Gestion de Puesta en Marcha	0,5
<b>Total</b>	<b>10 Millones</b>

En nuestro país, habría que propiciar la formación progresiva de una empresa de Arquitectura Industrial o A/E, a través de la asociación de empresas locales de ingeniería entre si y con unl A/E de experiencia, acorde con el tipo de NSSS que se contrate. Esto sería posible solo en el caso de que se estableciera como política de estado, un programa a largo plazo de construcción de centrales nucleares.



Por citar unos pocos, en el orden internacional, diremos que BECHTEL de USA es especialista en PWR, GIBS & HIL, en BWR, LAVALIN de Canadá en CANDU, también están AREVA de Francia y EMPRESARIOS AGRUPADOS de España.

Otra alternativa que será necesario decidir respecto al proceso de optimización en el caso de la próxima central nuclear que se construya en nuestro país, es cual será la prioridad: la máxima participación nacional, o el menor costo total del Proyecto.

En la década del 80, hubo un intento de formar un A/E local, que tuvo temporalmente la responsabilidad de actuar en el proyecto de la central Atucha II. Nos referimos a ENACE, pero después de pocos años de actuación, la empresa fue disuelta.

La terminación de CNAII solo ha sido posible cuando NASA creó la Unidad de Gestión (UG CNAII), que debió asumir el papel de A/E en la etapa de finalización de la construcción y Puesta en Marcha. La experiencia acumulada en esta obra, cualifica a la UG para conducir el proyecto de la cuarta central. Aún así, es necesario tener en cuenta que se han cubierto las etapas finales de un proyecto complejo, y que no se ha podido adquirir experiencia en las primeras.

Estas corresponden a la ingeniería de diseño de detalle, y la consiguiente programación (planning & Scheduling), y para ello debería recurrirse a la colaboración de algún organismo internacional especialista en estas actividades. Esto no significaría de ningún modo transferir la responsabilidad de NASA, sino complementarla, como para alcanzar la capacidad que había logrado alcanzar ENACE, para que el país, finalmente contara con un A/E de centrales nucleares.

Empresas de ingeniería argentinas tendrían que jugar un papel importante si se quiere consolidar una infraestructura local para satisfacer la ejecución del plan nuclear argentino.