

GESTION Y COORDINACION DEL PROYECTO DE LA CENTRAL NUCLEAR «JOSE CABRERA»

A. LES FLORISTAN



Alfredo LES FLORISTAN es doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, perteneciente a la promoción de 1950. Desde su graduación ha dedicado su trabajo profesional al sector eléctrico. Durante dos años prestó sus servicios en la Administración Pública. Actualmente es consejero de Unión Eléctrica-FENOSA, gerente de la Central Nuclear de Almaraz y, desde 1973, ocupa el cargo de presidente de TECNATOM, S. A..

Si consideramos el actual estado de desarrollo de la energía nuclear en España, tratar sobre aspectos aparentemente tan limitados como la gestión y coordinación del proyecto de una central de 160 MWe, contratada "llave en mano", podría parecer a primera vista como algo irrelevante.

Sin embargo, no es preciso una reflexión muy profunda para comprobar la importancia capital que tuvo no solamente la decisión de construir la primera de las centrales nucleares españolas, sino también el hecho de dar entrada en el proyecto a una empresa nacional, que en este caso fue TECNATOM, S. A., y que se encargó en principio, únicamente, de la gestión y coordinación del proyecto. Sin embargo, como posteriormente se expondrá, esta participación se fue ampliando al hilo del desarrollo del proyecto, sirviendo de núcleo para un desarrollo de capacidades que han desembocado en la conversión de TECNATOM, S. A., en la empresa de ingeniería de servicios que es actualmente.

En 1962, cuando UNION ELECTRICA MADRILEÑA (hoy UNION ELECTRICA-FENOSA, S. A.) adopta la decisión de construir una central nuclear, resuelve a su vez aprovechar la estructura ya creada de TECNATOM, S. A., y confiarle la gestión y coordinación del proyecto.

TECNATOM, S. A., como es sabido, había sido creada años antes, en 1957, precisamente como una empresa de estudios con la misión de mantener informadas a sus compañías fundadoras sobre los temas relacionados con la utilización de la energía nuclear con fines pacíficos.

Los estudios concretos sobre la posibilidad de instalar una central nuclear en España se habían iniciado en 1960, cuando UEM empezó a interesarse en el hecho de que una determinada empresa norteamericana estaba construyendo una central nuclear de 60 MWe

como ampliación de otra central de dos grupos de fuel, y que lo hacía sin ayuda ni subvención alguna dada la rentabilidad "per se" de tal instalación. Era la primera central nuclear de la que podía hacerse tal afirmación, porque los prototipos inglés y francés representaban únicamente un avance tecnológico sin una rentabilidad asegurada.

Los contactos con Pacific Gas & Electric y las visitas a la central de Humboldt Bay abrieron el camino y facilitaron la información técnico-económica precisa para efectuar las extrapolaciones al contexto español de la época. La decisión de instalar una central nuclear, cuando se estaba desarrollando un importante plan de construcción de centrales de fuel-oil, fue meditada cuidadosamente y ponderados debidamente los mayores costos por kilovatio instalado de las centrales nucleares comparados con los menores costes de combustible.

Teniendo en consideración los veinte años transcurridos desde la entrada en servicio de la central, y pensando que una buena parte del colectivo que actualmente está relacionado con la energía nuclear se encontraba a la sazón en edad escolar o universitaria, quizá merezca la pena mencionar los plazos de ejecución de hitos importantes del proyecto, tan alejados, por desgracia, de los que hoy acostumbramos a manejar y que invitan a una profunda reflexión.

La construcción se inició en julio de 1965 y, aunque en la actualidad parezca inverosímil, el 31 de marzo de 1968 se realizó la prueba funcional en caliente; en mayo, la prueba de integridad de la contención, y entre el 12 y 15 de junio, la primera carga de combustible. La primera criticidad se alcanzó el 30 de junio de 1968.

La central se acopló por primera vez a la red el 14 de julio de 1968 iniciándose una subida escalonada de potencia que culminó en agosto de 1969 con la explotación comercial.

Todo esto debe completarse con una historia de explotación realmente brillante. No es momento de extenderse sobre ello, pero, a modo de ejemplo, baste decir que el año 1969 se alcanzaba un factor de disponibilidad del 80 % y el año siguiente ya se superaba el 90 %.

Centrándonos en la participación de TECNATOM, S. A., ésta tuvo, pese a ser un proyecto contratado "llave en mano", una amplitud poco usual en este tipo de adjudicaciones.

Podemos dividir la participación en actividades previas a la adjudicación del contrato, actividades asociadas a las de gestión y coordinación del proyecto, construcción y puesta en marcha y, por último, aquellas que fueron surgiendo como necesidades derivadas

de la introducción de una nueva tecnología en el panorama energético español.

Las tareas iniciales se centraron en el desarrollo de cuatro áreas fundamentales:

- Estudios de crecimiento del mercado y necesidades de nuevas fuentes generadoras.

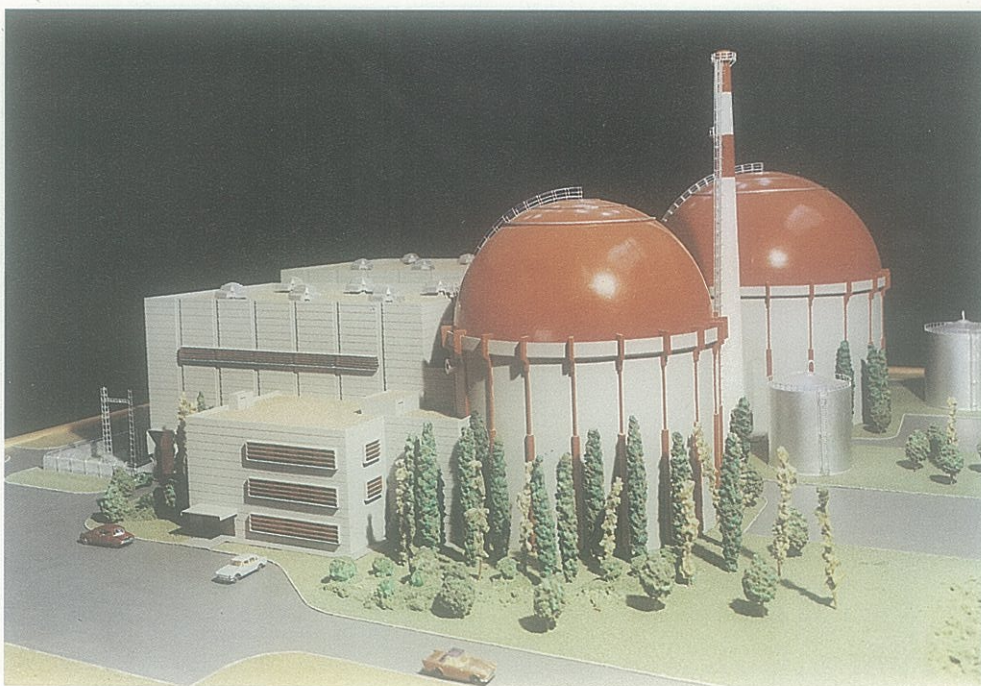
De acuerdo con los datos disponibles en UEM y los obtenidos en los contactos con compañías americanas ocupadas en proyectos similares, se realizaron los estudios justificativos del tamaño y necesidad de la central.

- Estudios de selección de emplazamiento.

Para ello se realizaron las correspondientes campañas de sondeos y

a la Administración y aprobados, respectivamente, en abril de 1963 y junio de 1964.

Cuando en 1962 se presentó el proyecto preliminar de la central, había funcionando en el mundo unos veinticinco reactores, de los que solamente el 20 % eran de agua ligera. La primera decisión a tomar era el tipo de combustible a utilizar, uranio natural o enriquecido, lo que reduciría sensiblemente el número de oferentes. La valoración se hizo sobre bases técnicas y económicas y se llegó a la conclusión respaldada por la Administración de que la tecnología más conveniente era la del agua ligera que utiliza como combustible el uranio ligeramente enriquecido, lo que condicionó la elección del tipo



Maqueta del primitivo proyecto con los dos grupos previstos

tomas de datos para los estudios hidrológicos, geológicos, meteorológicos, etc.

Todo ello, habría que recalcarlo, en un ambiente de aceptación pública, tanto a nivel local como de prensa, muy diferente al que actualmente existe.

Dentro de este capítulo cabe también destacar que, por primera vez, surgía la necesidad de un nuevo tipo de estudios, anteriormente no contemplados. Nos referimos a los "estudios de seguridad", que en sus versiones tanto preliminar como final fueron realizados por TECNATOM, S. A., en su momento.

- Preparación y redacción de los proyectos preliminar y definitivo.

Estos proyectos fueron presentados

de reactor a dos opciones: agua a presión o agua en ebullición. Una serie de premisas técnicas y económicas consideradas a lo largo de la vida de la central decidieron a UEM a seleccionar definitivamente la técnica de agua ligera a presión y, dentro de las alternativas de potencia, adoptar los 160 MWe, por razones económicas.

- Redacción de especificaciones para petición de ofertas y posterior comparación de las mismas.

Se pidieron dos ofertas alternativas, una para un grupo de 60 MW y otra para una potencia del orden del doble, por ser éstas las magnitudes normalizadas del mercado en aquel momento.

La petición de ofertas fue cursada a

GE, W, CE y Allis Chalmers, recibíendose las mismas en noviembre de 1963. En junio de 1964 la Administración dio la aprobación definitiva al proyecto y la empresa Westinghouse inició la ejecución de su contrato, que como se ha dicho era del tipo de "llave en mano".

La central nuclear, llamada entonces Zorita, era, en el momento de su construcción, la séptima encargada a la casa suministradora en distintas partes del mundo, tras: Shippingport (EE. UU.), Yankee (EE. UU.), Trino (Italia), Sena (Francia), San Onofre (EE. UU.) y Connecticut Yankee (EE. UU.). Las tres primeras se encontraban ya en explotación.

En aquellos momentos la tecnología PWR estaba en pleno desarrollo y cada

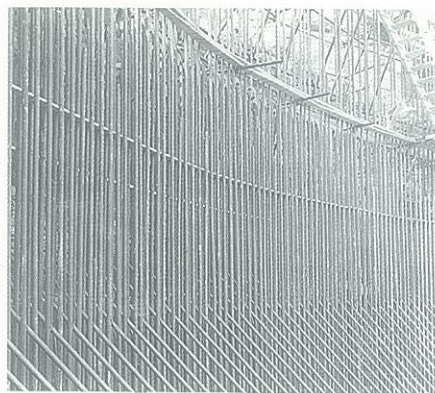
con fugas controladas y motor convencional.

- Empleo por primera vez de zircaloy en las vainas de combustible.

Llegados al tema del desarrollo en sí del proyecto, y aún con una escala diferente de la acostumbrada hasta entonces en los anteriores proyectos de carácter energético, muchas de las actividades a realizar eran similares a las que anteriormente se habían llevado a cabo.

Se abordaron otras áreas de índole económico-administrativo, tales como la gestión de importación, relaciones con la Administración y aspectos financieros diversos, muchos de ellos de carácter internacional.

Sin embargo, determinados campos



Armaduras de arranque de las paredes del edificio de contención. Octubre 1965



Estación Tarancón. Tres queridas y entrañables personalidades en la historia del Sector Nuclear español: D. José Cabrera, D. Jaime McVeigh y D. Gustavo Giménez Ramos. Agosto 1966

central incorporaba novedades técnicas importantes que, en el caso de las de agua a presión, iban encaminadas no sólo a la simplificación de componentes y a la obtención de soluciones técnicas más económicas, sino, sobre todo, al aumento de la potencia unitaria de cada circuito primario.

En el caso de CN Zorita, a modo de ejemplo citaremos como novedades técnicas más importantes las siguientes:

- Rediseño de las barras de control, lo que permitió una reducción de la altura de la vasija a sólo dos veces la del núcleo.
- Abandono de las bombas principales estancas, de alta complicación técnica, sustituyéndolas por bombas de cierres mecánicos de alta presión

nacidos con el proyecto de la Central Nuclear de Zorita supusieron una auténtica novedad. Unos fueron contemplados desde un principio y su novedad consistía en una mayor dificultad técnica en relación con experiencias precedentes; como ejemplo de éstos podemos citar la ingeniería de transportes especiales. Otros constituían novedades que podríamos denominar "absolutas", pues eran inherentes a la propia tecnología que se estaba, por primera vez, aplicando en España. Entre éstos pueden destacarse los estudios de combustible y de desechos radiactivos. Por último, ya entrados en la fase de puesta en marcha y con vistas a la explotación de la central, TECNATOM, S. A., realiza una serie de actividades cuyo desarrollo constituye la base de

partida de lo que en la actualidad es la empresa.

Tales actividades son, fundamentalmente:

- Elaboración del Manual de Operación.
- Formación y entrenamiento de personal de explotación.
- Inspección en servicio a partir de la aparición en 1970 de los requisitos del código ASME, sección XI.

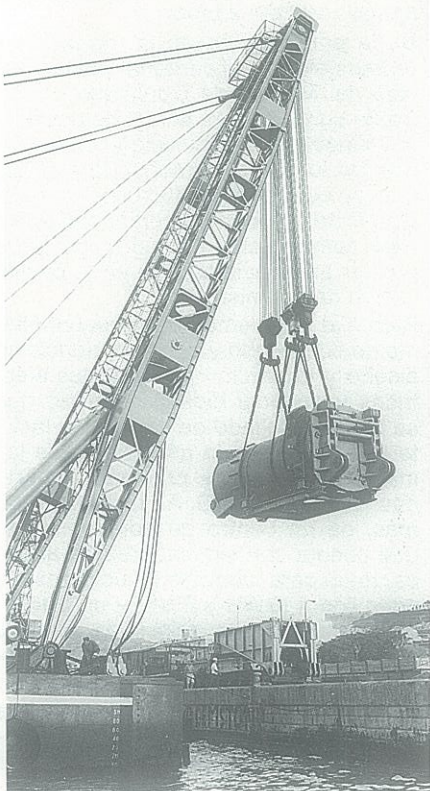
Merece, sin duda, la pena hacer cuando menos una somera reflexión sobre cada una de las actividades antes citadas.

Comenzando con la ingeniería de transportes especiales, aun cuando el tamaño y peso de la vasija del reactor, generador de vapor y estátor del alternador no alcanzaban los actualmente manejados, tampoco la infraestructura viaria y de transportes era igual a la actual, en los primeros años sesenta. En concreto, TECNATOM, S. A., en colaboración con diversos especialistas franceses y alemanes, diseñó el vagón "schnabel" que permitió el transporte



Vasija del reactor a la entrada de un túnel. Agosto 1966

de los componentes pesados desde el puerto de Cartagena, que por aquel entonces no poseía medios capaces de descarga para el tonelaje requerido, hasta la estación de Tarancón, donde se transbordó al camión que la llevaría al emplazamiento.



Aproximación de la vasija del reactor al muelle de Cartagena. Agosto 1966

Desde el flete de una grúa flotante en Yugoslavia y su traslado al puerto de Cartagena para permitir la descarga, hasta el estudio y acondicionamiento del itinerario con los correspondientes problemas de gálibos, así como la ejecución en sí del transporte, supusieron una etapa que hoy, por repetida con cierta frecuencia, no nos llama la atención, pero que en su momento constituyó un hito de indudable significado. Desde el primer momento, la Administración española mostró un notable interés por la participación en las actividades relacionadas con el ciclo del combustible.

Las razones técnicas hay que buscarlas en los deseos de la JEN de fomentar el empleo de uranio de procedencia española, potenciando la fábrica de concentrados ya existente en Andújar. Por otra parte, y aunque el impacto de la central durante su vida útil sobre la riqueza y el porvenir uranífero español era de por sí muy pequeño, no se deseaba sentar precedentes para futuras realizaciones.

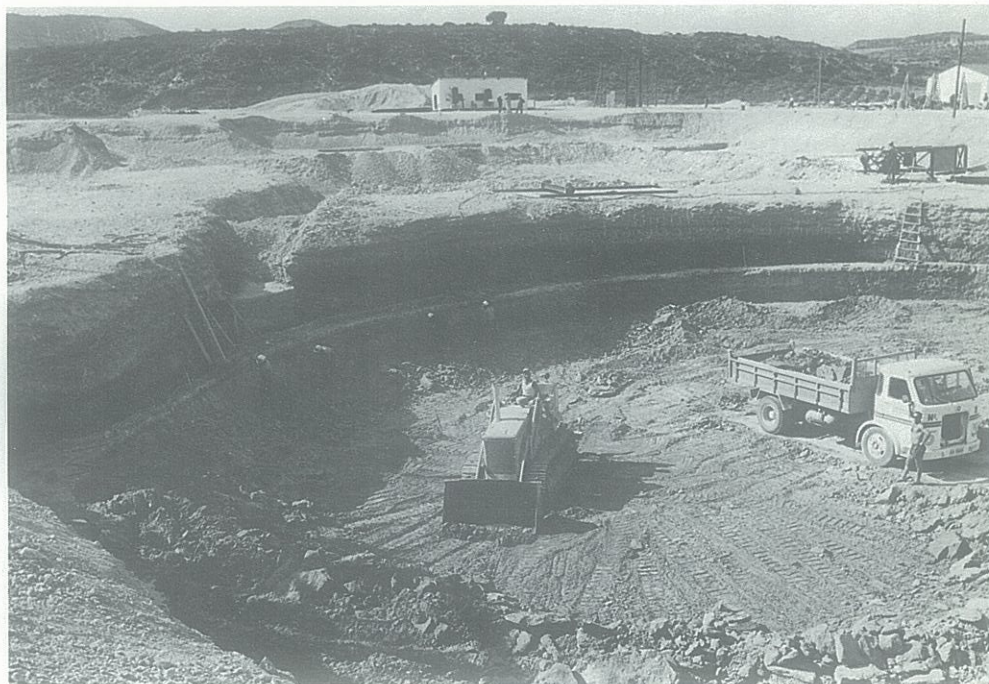
La responsabilidad de la fabricación de

los elementos combustibles correspondía a Westinghouse, pero desde la compra de los concentrados de uranio a la JEN hasta la fabricación de los elementos existió un largo camino que fue preciso coordinar. En él intervinieron las compañías norteamericanas Lucius Pitkins en el muestreo y Allied Chemical en la conversión en UF_6 , y la Comisión de Energía Atómica norteamericana (AEC), que realizó el enriquecimiento en sus plantas de difusión.

En su número de noviembre de 1967, la revista *Tiempo* dedicaba un amplio espacio bajo el título "Zorita. Átomos para la paz en España" a un reportaje en el que se hacía eco de la llegada de los primeros 71 elementos de combustible fabricados a partir de las 137 toneladas de concentrado de uranio em-

plazamiento que tenía dos objetivos concretos: de un lado, la asimilación por parte del futuro operador de las características de diseño y funcionamiento de su propia central; de otro lado se pretendía que, al mismo tiempo que el operador asimilaba de una forma sistemática el diseño de su central, colaborase en la redacción de las Instrucciones de Operación, normales y anormales, que constituyeran los procedimientos mediante los que se consigue una operación documentada, segura y eficaz de la central, y cuyo conjunto constituye el Manual de Operación.

Tradicionalmente el Manual de Operación se redactaba hasta entonces en forma de lenguaje convencional, describiéndose literalmente las maniobras necesarias para llevar un componente,



Excavación del edificio de contención. Julio 1965

barcadas en Cádiz diez meses antes. La redacción del Manual de Operación realizada por TECNATOM, S. A., como contratista de Westinghouse, en ese caso, presentó aspectos novedosos que, posteriormente, fueron utilizados en diversas centrales como Atucha y Almaraz.

Se partía de un Plan de Entrenamiento fundado en tres pilares:

- Operadores expertos procedentes de centrales térmicas.
- Entrenamiento específico en los Estados Unidos.
- Participación de los operadores futuros en la puesta en marcha de la central que más tarde habrían de operar.

El Manual de Operación se enmarcaba, pues, en un Plan Básico de Adiestra-

sistema, o la unidad en su conjunto, de un estado funcional perfectamente definido a otro igualmente definido.

TECNATOM, S. A., desarrolló un método de redacción del Manual de Operación denominado "método gráfico" o "simbólico" que presentaba claras ventajas didácticas y operativas sobre el convencional.

Para cada operación elemental quedaba clara y gráficamente expuesta la relación entre el estado inicial, las acciones a realizar por el operador, las precauciones a adoptar y el estado final, con objeto de conseguir la máxima compenetración entre el operador y los equipos a su cargo (en la nomenclatura actual se conoce como interfase hombre-máquina).

El uso, por tanto, de palabras escritas

se restringía indicando las operaciones mediante símbolos autoexplicativos. Aunque no directamente relacionada con la gestión y coordinación del proyecto, surgen al paso del tiempo de su puesta en marcha unas necesidades de inspección, que si bien se habían ya esbozado por propia iniciativa, aún no eran objeto de requerimiento normativo. Se decide entonces que sea TECNATOM, S. A., quien se prepare para acometer estas necesidades de inspección.

Estaba aún por establecer el concepto de inspección en servicio (ISI), que, como es sabido, incluye un conjunto de ensayos no destructivos, establecidos según un programa previo, que se ejecuta en su totalidad antes del arranque de la central (inspección preopera-

de Elk River en 1963, utilizando un equipo mecanizado para una inspección ultrasónica, mientras que en una fecha muy próxima a la de aparición del código en España, en la Central Nuclear de Zorita se empezaron a realizar inspecciones en servicio de los tubos del generador, con corrientes inducidas, anticipándose varios años al requerimiento de esta inspección.

El problema de la Central Nuclear de Zorita, como en todas las de su época, es que, como se ha indicado, ya estaban funcionando cuando aparecieron los requisitos del código ASME XI, y, por tanto, no fueron proyectadas para hacer las inspecciones requeridas por dificultades de acceso físico a alguno de sus componentes y, asimismo, por los niveles de radiación existentes.

amplio grupo de técnicos dedicados a la ingeniería nuclear.

En lo que se refiere a TECNATOM, S. A., en el desarrollo de la gestión y coordinación del proyecto surgieron, como ya se ha mencionado, diversos temas que trascendieron esas funciones y que a la larga han configurado el actual perfil de la empresa.

De la participación en la formación y entrenamiento del personal y la realización del Manual de Operación de CN Zorita surge el área actual de actividades didácticas y simulación con la función de formar al personal de explotación de centrales productoras de energía eléctrica, tanto de combustibles fósiles como nucleares, así como la de prestar asistencia técnica en la planificación de las mismas.

Para ello se cuenta con personal altamente cualificado y con experiencia en diseño y operación de centrales eléctricas y material didáctico propio que se ha desarrollado de forma que facilite a los alumnos la asimilación de las materias teóricas y prácticas impartidas. TECNATOM, S. A., dispone, además, de un centro de adiestramiento que cuenta con simuladores de alcance total para centrales nucleares de agua ligera (BWR y PWR) y un simulador compacto de principios básicos para centrales con combustibles fósiles.

La práctica totalidad de los operadores de las centrales nucleares actuales españolas y un importante número de operadores de centrales en el extranjero han sido formados en dicho centro de adiestramiento.

De las primeras inspecciones tras la edición de la sección XI del ASME surge el área de inspecciones y pruebas preoperacionales y en servicio mediante técnicas especiales.

Para ello se cuenta actualmente con equipos de inspección, entre ellos sistemas robotizados de manejo a distancia (muchos de diseño y fabricación propios) para el examen de áreas que, por su geometría o nivel de radiación, serían de difícil examen con sistemas convencionales, como son las soldaduras de la vasija del reactor desde el interior y bajo agua o desde el exterior, o los tubos de los generadores de vapor.

No es, sin duda, momento de extenderse sobre las actuales capacidades de TECNATOM, S. A., por otra parte de sobra conocidas dentro del sector, pero sí hacer hincapié en que la participación en CN Zorita puso la primera piedra de algo más que oficina de gestión de proyectos, de una auténtica ingeniería de servicios, concepto éste que, andando el tiempo, ha venido a ocupar uno de los lugares más importantes y destacados en el desarrollo y uso de la energía nuclear.



Inauguración de las obras. Intervención de Gregorio López Bravo, Ministro de Industria. 6 de julio de 1965

cional) y que se va repitiendo por muestreos programados en años sucesivos, utilizando preferentemente los periodos de recarga o de parada.

Se considera como principal antecedente de la inspección en servicio el encargo al Comité N45 de ANSI del desarrollo de un programa al efecto, cuya necesidad había sido puesta en la reunión del OIEA en Pilsen (Checoslovaquia) en 1966.

El año 1970 suele tomarse como punto de partida de la práctica de la inspección en servicio en centrales nucleares, por ser el año en que aparece la primera edición de la sección XI del código ASME. Sin embargo, ya se estaban realizando estas inspecciones desde años atrás, siendo uno de los primeros precedentes el de la central

Hemos procurado a lo largo de estas líneas pasar revista a los aspectos más destacados de la gestión y coordinación del proyecto de la Central Nuclear de Zorita.

Todos ellos tuvieron, en su momento, una gran importancia. No podemos olvidar la envergadura del proyecto y la inversión que suponía en los años sesenta, pero es necesario destacar por encima de los aspectos concretos la influencia que su conjunto tuvo para la industria española en general, y para TECNATOM, S. A., en particular.

En cuanto a la industria, pese a ser un proyecto "llave en mano", se alcanzó una participación nacional del orden del 40 % y, además, sirvió de "vivero" a una serie de profesionales que fueron el inicio de lo que hoy en día es un