

EMPRESAS DE INGENIERIA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

ARCHITECT-ENGINEERING AND TECHNOLOGY TRANSFER

**Antonio GONZALEZ, Juan GURBINDO,
José Luis de FRANCISCO y Simón PEREZ**

Antonio GONZALEZ LOPEZ es Ingeniero Industrial por la ETSII de Madrid y diplomado en Ingeniería Nuclear por el INSTN de Saclay (Francia). En la actualidad es Director Técnico en Empresarios Agrupados, organización en la que ha desempeñado puestos de distinta responsabilidad en la ingeniería y diseño de proyectos nucleares. Es miembro de la SNE.



Antonio GONZALEZ LOPEZ is an Industrial (Mechanical) Engineer from the ETSII of Madrid. He also holds a diploma in Nuclear Engineering from the INSTN of Saclay (France). At present he is Technical Director at Empresarios Agrupados where he has been involved in various positions of responsibility related to the engineering and design of nuclear power plant projects. He is a member of the Spanish Nuclear Society.

Juan GURBINDO GUTIERREZ, Ingeniero Industrial por la ETSII de Madrid y Diplomado en Economía de Empresa, es Jefe de la División Mecánica-Nuclear de INITEC.



En el proyecto de la Central Nuclear Ascó fue responsable del grupo nuclear. Perteneció a la Sociedad Nuclear Española, de cuya Comisión de Programas es Presidente. Asimismo pertenece a la ANS y al AIF.

Juan GURBINDO GUTIERREZ, Industrial Engineer by the Industrial Engineering Technical College (ETSII) of Madrid and Business Management Diplomate, is Chief of the Nuclear Mechanics Division of INITEC.

He was responsible for the nuclear group in the project of the Ascó Nuclear Power Plant. He is a member of the Spanish Nuclear Society and President of its Programs Commission. He is also a member of the ANS and of the AIF.

José Luis de FRANCISCO, Doctor en Ciencias Físicas, Diplomado en Energía Nuclear. Jefe de la Sección Nuclear de SENER, S. A. Anteriormente trabajó en los Centros de Estudios Nucleares de Mol (Bélgica) y de Karlsruhe (Alemania) y en la Junta de Energía Nuclear. Socio de la SNE desde su fundación, es actualmente miembro de su Junta Directiva.



José Luis de FRANCISCO, Doctor in Physics, Diplomate in Nuclear Power. Chief of the Nuclear Division of SENER, S. A. Previously he worked in the Nuclear Studies Centre in Mol (Belgium) and in Karlsruhe (FR Germany) and in the Junta de Energía Nuclear (Nuclear Power Board). He is a member of the SNE since its foundation and is nowadays in its Direction Board.

Simón PEREZ FERNANDEZ es Master of Science in Nuclear Engineering (Universidad de Michigan, USA, 1961). Ingresó en la Junta de Energía Nuclear en 1962, colaborando en programas de investigación y desarrollo de reactores experimentales. Ocupó los puestos de Supervisor de operación y mantenimiento del reactor JEN-1, Jefe del Grupo Experimental durante el primer arranque de la Central Nuclear «José Cabrera», Inspector de la JEN de centrales nucleares e instalaciones radiactivas y participó en las pruebas de arranque de la Central Nuclear de Dresden (USA). En 1974 ingresa en INYPSA como Jefe de la División Nuclear, dedicado a la dirección de proyectos y estudios de diversa índole, relacionados con las instalaciones nucleares.



Simón PEREZ FERNANDEZ is Master of Science in Nuclear Engineering (University of Michigan, USA, 1961). He entered the Junta de Energía Nuclear (JEN, Nuclear Power Board) in 1962, collaborating in experimental reactors development and research programs. He worked as reactor JEN-1 maintenance and operation Supervisor, Chief of the Experimental Group during the first start-up of the nuclear power plant «José Cabrera», JEN Inspector of nuclear power plants and radioactive installations and took part in the start-up tests of the Dresden NPP (USA). In 1974 he enters INYPSA as chief of the Nuclear Division, dedicated to the direction of various projects and studies related to nuclear installations.

En los últimos años hemos venido observando los esfuerzos de ciertos países para comenzar sus propios programas de construcción de centrales nucleares. En todos los casos, estas naciones han impuesto, como prioridad, a la hora de evaluar ofertas de países suministradores, el establecimiento de un programa de transferencia de tecnología bien organizado, que les proporcione una transición progresiva hasta alcanzar el máximo nivel de participación local compatible con las características industriales y capacidades existentes en el país.

La comunidad internacional, que se relaciona con la industria nuclear, ha mantenido un interés continuado en el programa nuclear español desde principios de los años setenta. Fue en esas fechas cuando la Administración, las compañías eléctricas y la industria nacional iniciaron un notable esfuerzo en común para alcanzar el máximo nivel de participación nacional en las áreas de ingeniería, diseño, fabricación de equipos, construcción de centrales y apoyo a plantas en operación, de tal forma que, aunque el diseño de sistemas de generación de vapor nuclear (NSSS) se importa, básicamente de dos países —Estados Unidos y Alemania—, la generación de centrales nucleares actualmente en construcción en España alcanzará una participación local, en porcentaje de la inversión total, de aproximadamente el 85 %.

Las empresas de ingeniería han contribuido de manera importante al programa nuclear español. Hoy día, prácticamente el 100 % de los servicios de ingeniería y supervisión de construcción para las centrales nucleares que se están construyendo en España están siendo desarrollados por empresas españolas, utilizando recursos y capacidades nacionales. Este artículo describe algunas de las áreas en las que se debería de concentrar un programa de transferencia de tecnología en el campo de la ingeniería y diseño de proyectos nucleares para acelerar el período de transición hacia una razonable autosuficiencia en los trabajos de ingeniería de proyecto y asegurar la consolidación del «know-how», importado de forma que se pueda utilizar de nuevo en futuras centrales. Asimismo, se analiza la contribución positiva que las empresas de ingeniería españolas, trabajando conjuntamente con la industria local, han tenido para hacer máxima la fabricación de equipos en España y elevar el nivel general de nuestra industria, tanto en áreas nucleares como no nucleares.

ACTUACION DE LAS EMPRESAS DE INGENIERIA EN EL PROGRAMA NUCLEAR ESPAÑOL

Las tres primeras centrales nucleares españolas fueron construidas durante los años sesenta mediante contratos llave en mano. Para el resto de las unidades nucleares contratadas a partir de 1971, actualmente ya en operación o en etapas diferentes de construcción, la solución contractual adoptada ha sido la denominada «por componentes», siendo el proyecto desarrollado mediante gestión directa por la empresa eléctrica.

Dentro de este esquema organizativo general, que por otro lado se ha convertido en el procedimiento estándar en nuestro país, la empresa eléctrica establece con el suministrador principal un contrato para el NSSS y el turboalternador. La ingeniería y el diseño, así como el resto del equipo y la construcción, es decir, el resto de la central, es contratado directa y separadamente por la empresa eléctrica propietaria.

Para desarrollar el proyecto, la empresa eléctrica española contrata los servicios de una ingeniería para el diseño de la planta completa. La gestión de compras, supervisión de construcción, pruebas y puesta en marcha de la central, pueden ser también asignadas a la empresa de ingeniería o, por el contrario, ser desarrolladas por la misma empresa eléctrica, dependiendo de cada proyecto en particular.

Debido al importante papel asignado a las empresas de ingeniería por la estructura organizativa del Programa Nuclear Español, el sector de las ingenierías en nuestro país se reorganizó a principios de los años setenta para hacer frente a un nuevo sistema de requisitos tecnológicos inherentes a la complejidad de la industria nuclear.

Over the past few years, we have been observing the efforts of a number of countries to begin their own program for the construction of nuclear power plants. In all cases, as a top priority in evaluating bids from supplier countries, these nations look for a well organized technology transfer program which would provide them with a progressive and smooth transition to the maximum degree of local participation, commensurate with the industrial characteristics and capabilities in the country.

The international nuclear community has maintained a continuing interest in the Spanish nuclear program since the early 70's, at which time the government authorities, electric utilities and local industry started a remarkable joint effort to maximize domestic participation in the fields of engineering, design, equipment manufacturing, plant construction, and support to plants in operation, in such a way that, although the Nuclear Steam Supply System (NSSS) design is imported from basically two sources —USA and Germany, the generation of nuclear power plants presently under construction in Spain will reach approximately 85 % total participation.

Architect-Engineering (A/E) companies have made an important contribution to the nuclear program in Spain. Today, essentially 100 % of the architect-engineering and construction management services for nuclear power plants presently under construction in our country is provided by Spanish A/E companies using local resources and capabilities.

This article describes some of the critical areas in which the transfer of technology for engineering and design should concentrate to accelerate the transition to a reasonable autonomy in A/E work and to ensure the consolidation of imported know-how for use in future applications of new plants to be constructed. We shall also analyze the positive contribution that a local A/E company, working together with domestic industry, can make to maximize equipment manufacturing and to raise the general quality level of local industry, both nuclear and non-nuclear.

THE ROLE OF A/E COMPANIES IN THE SPANISH NUCLEAR PROGRAM

Spain's first three nuclear power plants were built during the 60's on a turnkey basis. For the rest of the nuclear units contracted since 1971, which are now either in operation or at different stages of construction, the contractual approach has been «by components», with the project developed under the direct management of the electric utility.

Within this general contractual and organizational approach, which has become typical in our country, the electric utility only contracts the NSSS and the turbine-generator with the main vendor(s). The engineering and design, the rest of the equipment and the construction —the balance of plant— is contracted directly and separately by the electric utility.

To develop the project, the Spanish utility hires the services of an A/E company to perform the engineering and design of the complete plant. The procurement, construction management, preoperational testing and startup of the unit may also be assigned to the A/E company, or the utility may undertake this responsibility itself, depending on each particular case.

Because of this prominent role assigned to the A/E firms in the organizational structure of the Spanish Nuclear Program, local A/Es reorganized themselves in the early 70's to face a new system of technological requirements inherent to the complexity of the nuclear industry.

Las empresas de ingeniería españolas, apoyadas por las empresas eléctricas, y basándose en los recursos disponibles en nuestro país en el área de ingeniería y diseño, trabajaron conjuntamente o en paralelo con empresas de ingeniería extranjeras que poseían un historial acreditado de experiencia en proyectos nucleares. Como resultado de este esfuerzo de desarrollo tecnológico, se alcanzó a mediados de los años setenta un razonable grado de suficiencia en las áreas de tipo general y convencional del proyecto nuclear. El proceso de adquisición de tecnología se concluyó hacia finales de los años setenta. Desde entonces, prácticamente el 100 % de la ingeniería, diseño, gestión de compras, supervisión de construcción, pruebas y puesta en marcha de las centrales nucleares en estado de construcción en España es llevado a cabo por empresas de ingeniería españolas, utilizando recursos y capacidades locales.

ÁREAS DE INTERES ESPECIAL EN EL DESARROLLO DE CAPACIDADES DE INGENIERÍA

Cuando se observa el proceso de aprendizaje seguido por las ingenierías españolas, desde la perspectiva que proporciona el tiempo transcurrido y la experiencia adquirida, se pueden identificar ciertas áreas técnicas especializadas de un proyecto nuclear como prioritarias en cualquier programa de transferencia de tecnología que conduzca a la obtención de capacidades reales locales en trabajos de ingeniería. Estas áreas tienen relación con las características tecnológicas que son específicas de los proyectos nucleares. Su dominio habrá de proporcionar un alto rendimiento en la participación local y contribuirá a obtener realmente en el país la capacidad de desarrollar la ingeniería del proyecto. A continuación, se analizan brevemente estas áreas de interés especial.

1. *La gestión de proyectos nucleares* es, quizá, la actividad más importante a desarrollar por la ingeniería para asegurar un uso eficaz de la experiencia y recursos de la empresa, así como la terminación del proyecto dentro del programa y presupuesto establecidos. La gestión de cada proyecto deberá centralizarse en la persona de un director de proyecto con total responsabilidad y autoridad para tomar decisiones que afecten al proyecto dentro del marco establecido por el cliente. Trabajando con el director de proyecto existirá un equipo de ingenieros con experiencia en los aspectos de gestión de ingeniería de planta, compras, construcción y pruebas.

Todo plan para establecer una empresa de ingeniería deberá fijar como prioridad el potenciar la formación de capacidades de gestión de proyecto, incluyendo áreas tales como elaboración y aplicación de procedimientos, planificación y programación de actividades, control de cambios, control de interfases, técnicas de coordinación general, control de costes y de avance del proyecto, etc.

2. *Los sistemas de gestión de bases de datos* por ordenador constituyen una herramienta moderna para el desarrollo de trabajos de ingeniería y gestión de los proyectos nucleares. Estos sistemas proporcionan un almacenamiento, integración, procesamiento y acceso rápido, fiable y eficaz para el gran volumen de datos de ingeniería y gestión que han de ser manejados en un proyecto nuclear. El acceso a las bases de datos del proyecto se realiza desde terminales diseminados en diferentes lugares de trabajo, y conectados a un ordenador central.

3. En el campo de la *ingeniería civil-estructural*, además del personal responsable de los trabajos de diseño convencional, interesa constituir un grupo experto en dinámica estructural que proporcione apoyo a sus actividades. Este grupo deberá dominar las técnicas de análisis de estructuras de hormigón y de acero sometidas a cargas dinámicas y extremas, disponer de una variedad suficiente de programas de ordenador y de un apoyo adecuado de servicios informáticos.

4. *El diseño de sistemas mecánicos*, incluyendo la preparación de diagramas de flujo, diagramas de proceso, descripciones de sistemas, dimensionamiento de equipos, cálculos de proceso, etc., es una actividad básica a ser desarrollada, pues-

Encouraged by the electric utilities, and based on available local engineering and design resources, they worked together or in parallel with foreign A/E companies with an accredited record of experience in nuclear projects. As a result of this technology development effort, a reasonable degree of autonomy was already obtained in the mid-70's in the more general and conventional areas of nuclear projects. The technology acquisition process concluded at the end of the 70's. Since then, virtually 100 % of the engineering, design, procurement, construction management, preoperational testing and startup of nuclear power plants presently under construction in Spain is performed by Spanish A/E firms using local resources and capabilities.

DEVELOPING A/E CAPABILITIES: AREAS OR SPECIAL INTEREST

When the learning process followed by Spanish A/Es is reviewed from the perspective of time gone by and experience acquired, one can identify certain specialized technical areas of a nuclear project as priority items in any technology transfer program, leading to the achievement of real local capabilities in A/E work. These are related to the technological characteristics specific to nuclear projects. Their command will provide major payoffs in local participation and contribute to achieve real nuclear engineering capabilities in the country. Let us enumerate and briefly discuss these areas of special interest.

1. *The management of nuclear projects* is, perhaps, the most important activity to be developed by the A/E to ensure efficient use of company expertise and capabilities, and completion of the project within the schedule and budget.

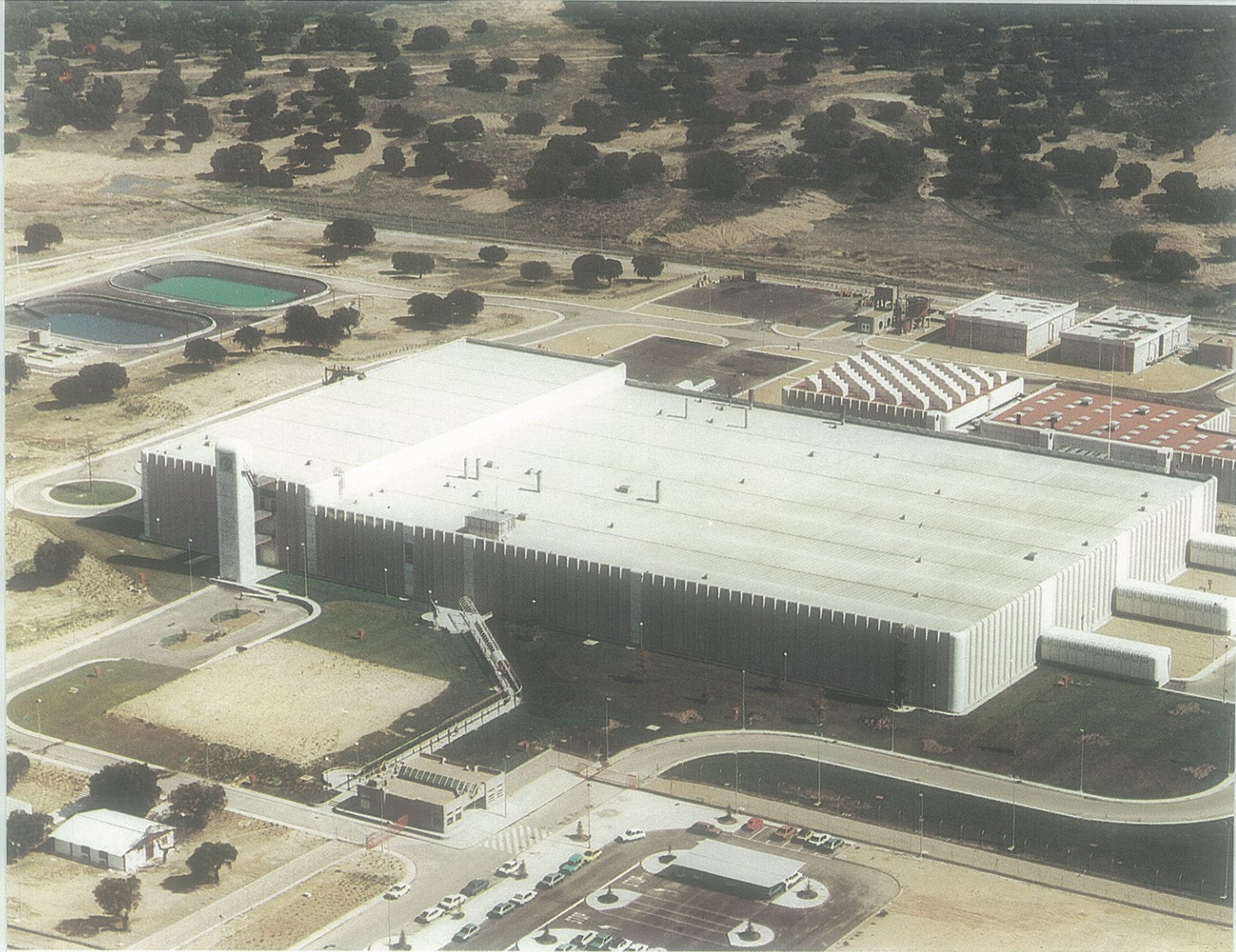
The management of each project should be centralized in the person of a Project Manager, with total responsibility and authority to take decisions affecting the project, within the guidelines established by the Client. Working under the direction of the Project Manager, there shall be a strong team of engineers with experience in the general management of plant engineering and design, procurement, plant construction, testing and startup.

Developing project management capabilities is a priority in any plan to establish an A/E company, including matters such as writing and implementing project procedures, planning and scheduling, interface and change control, general coordination techniques, progress and cost control, etc.

2. *Computer data base management systems* are a modern tool for developing A/E work and management of nuclear projects. They provide efficient and reliable storage, integration, processing and access to the large volume of engineering, design and project management data to be handled in a nuclear project. Access should be through interactive work stations distributed throughout the various project groups, all of them connected to the mainframe computer.

3. In the field of *civil-structural engineering*, in addition to the engineering staff responsible for the more conventional design activities in the civil project, it is essential to constitute a strong structural dynamics group to serve as a basic support to their work. This group should have a command of techniques for analysis of concrete and steel structures under dynamic and extreme loading conditions, with wide access to computer programs and adequate computer service support.

4. *Mechanical system design*, including the preparation of system flow diagrams and process diagrams, system descriptions, equipment sizing, process calculations, etc., is a basic capability to be developed, because it constitutes a key input to



FUEL MANUFACTURING PLANT IN JUZBADO, SALAMANCA, SPAIN



ENUSA

EMPRESA NACIONAL DEL URANIO, S.A.

Santiago Rusiñol, 12. Phone 2336207. Telex 43042 URAN E. 28040 MADRID (SPAIN)

to que la documentación y datos generados son clave para realizar otras disciplinas del proyecto.

5. *El diseño de componentes mecánicos* constituye un área especializada del proyecto nuclear que, además de ingeniería y diseño mecánico convencionales, requiere el dominio del análisis mecánico-estructural, propiedades de los materiales, mecánica de fractura y estudios de corrosión, así como familiarizarse con los requisitos de diseño establecidos en la Sección III del Código ASME, u otros similares según la normativa aplicable al proyecto. Son tareas típicas de este grupo de trabajo, el desarrollo del diseño de detalle y análisis de tensiones de componentes tales como soportes de la vasija del reactor y de los generadores de vapor, vasijas de contención primaria, forros metálicos estancos (*liners*) para contenciones de hormigón y piscinas de combustible, penetraciones mecánicas de la contención, depósitos de almacenamiento y recipientes a presión, etc. El proceso de trabajo incluye la preparación de especificaciones y planos del componente, evaluación de ofertas de fabricantes, seguimiento del proceso de fabricación y pruebas, y elaboración de los correspondientes informes de tensiones/diseño exigidos por los códigos aplicables al proyecto. Un grupo de esta naturaleza puede aportar capacidades de diseño y análisis avanzado que la industria local puede necesitar, contribuyendo de esta forma a aumentar el porcentaje de fabricación de equipos en el propio país.

6. En el área que, de forma genérica, podríamos denominar *mecánica aplicada*, es preciso promover el dominio de los análisis termohidráulicos que posibilite el estudio de transitorios de operación y análisis de accidentes en sistemas de fluidos, análisis de rotura de tuberías y diseño de las protecciones necesarias contra los efectos de dichas roturas, etc. Este es un campo de trabajo especializado y muy característico de los proyectos nucleares, que requiere el uso de técnicas avanzadas de análisis y complejos programas de ordenador.

7. *El análisis de tuberías y diseño de soportes* para proyectos nucleares constituye una actividad que requiere un elevado número de horas-hombre de ingeniería y diseño. Por otro lado, se trata de un área del proyecto con un enorme potencial de impacto —favorable o adverso, según sea el planteamiento que se realice— en el programa de construcción de la central. El volumen de trabajo asociado a estas tareas puede, y debe, realizarse con un alto rendimiento, mediante el uso de técnicas de diseño e ingeniería asistidos por ordenador (CAD/CAE). Ello implica el adquirir, o desarrollar, paquetes de programas de ordenador para el manejo interactivo, modular y gráfico de grandes bases de datos de ingeniería y diseño, que permitan integrar y automatizar de forma total el proceso de análisis de tuberías, diseño de soportes, producción de isométricos, mediciones y listas de materiales en los sistemas de tuberías de la central.

8. La formación de un *grupo de diseño de planta* favorecerá la integración y coordinación de las diferentes especialidades de diseño en el proyecto relacionadas con el buen uso del espacio físico en la central, tales como disposición general de edificios, trazado de tuberías, conductos de ventilación, bandejas de cables, etc. La utilización por dicho grupo de una maqueta de diseño construida a escala (por ejemplo, 1:25 ó 1:15), se ha convertido en una práctica habitual en proyectos nucleares.

9. *El diseño eléctrico y de instrumentación y control* es otra área del proyecto nuclear en la que la utilización de técnicas CAD/CAE es altamente recomendable. La gran cantidad de listados de ingeniería, diagramas de control, esquemas eléctricos de naturaleza repetitiva, típica de estas disciplinas, las señalan como particularmente idóneas para el empleo de métodos de diseño e ingeniería asistidos por ordenador.

10. *La protección radiológica*, incluyendo el cálculo y diseño de blindajes radiológicos, cálculo de dosis durante operación normal y accidente, estudios para la reducción de dosis (ALARA), es una especialidad característica de los proyectos nucleares en la que se deberá alcanzar con relativa rapidez completa suficiencia por la ingeniería local.

proceed with the engineering of other disciplines in the project.

5. *Mechanical component design* is a specialized area of the nuclear project that, in addition to conventional mechanical design experience, requires command of mechanical-structural analysis, material properties, fracture mechanics and corrosion studies, as well as familiarity with the design requirements established by the ASME Code, Section III, or other similar codes, depending on the regulations applicable to the project. This group should be capable of performing detail design and stress analysis of reactor pressure vessel and steam generator supports, steel containment vessels, concrete containment and fuel pool liners, mechanical penetrations, pressure vessels, etc. It shall prepare component drawings and specifications, evaluate bids, follow up the manufacturing process and produce stress reports. This engineering group is essential to supplement the design capabilities of local equipment manufacturers and promote domestic participation.

6. In the field which could be generically designated as *applied mechanics*, an effort should be made to develop abilities in the area of thermohydraulic analysis, including studies of operational transients and accident analyses in fluid systems, analyses of pipe rupture and protection against the effects of such ruptures, etc. This is a very specialized area of nuclear projects requiring the use of advanced analysis techniques and computer codes.

7. *Piping stress analysis and support design* for nuclear plants is an activity which involves a significant quantity of engineering and design man-hours in the project and which has the potential for a strong impact on the construction schedule. The considerable amount of work associated with these activities can be performed with a greater degree of efficiency through the use of CAD/CAE techniques. This implies the implementation of large, interactive, modular, graphic, three-dimensional engineering, design and data base management systems, to fully integrate and automate the process of piping analysis, support design, isometric production, material take-off and listing.

8. A *plant design group* shall be established to integrate and coordinate the various design disciplines (e.g. plant layout, piping, ventilation ducts and cable trays) related to the proper use of the physical space in the plant. The use by this group of a plant design model (scales 1:15 or 1:20) is highly recommendable and has, in fact, become common practice in nuclear projects.

9. *Electrical and I & C design* is another area where the adoption of CAD/CAE techniques is highly recommended. The large amount of data, engineering lists, and control and electrical diagrams typical of these disciplines make them particularly suitable for computer-aided design and engineering.

10. *Radiation protection*, including radiation shielding, radioactive effluent release and accident dose calculations, design of health physics facilities, etc., is a discipline essential to nuclear projects, making extensive use of computer programs for which autonomous capabilities should promptly be developed by the local A/E.

11. Otra disciplina también específica de los proyectos de centrales nucleares es la *seguridad nuclear*, que servirá de apoyo a otras especialidades de la ingeniería del proyecto al establecer criterios de seguridad, llevar a cabo revisiones de diseño interdisciplinarias desde el punto de vista de la seguridad y contribuir a la optimización del diseño de la central mediante el uso de técnicas de análisis probabilistas de riesgos para identificar puntos débiles en el diseño.

12. Los requisitos reguladores aplicables a los proyectos nucleares, exigen que se establezca un programa de *garantía de calidad* para el desarrollo de las actividades de ingeniería y diseño del proyecto. Como parte de este programa, todos los documentos de diseño relacionados con aspectos de seguridad de la central, habrán de someterse a un proceso de *revisión de diseño independiente*, ejecutado por un grupo de ingenieros con experiencia en la materia correspondiente con el fin de asegurar la calidad de diseño producido.

13. Finalmente, tras la puesta en operación de la Central, la empresa de ingeniería deberá estar preparada para continuar prestando sus servicios en apoyo de la explotación en áreas tales como mejora y modificación de la central, mantenimiento, recarga de combustible, pruebas y análisis de funcionamiento, etc.

LA EMPRESA DE INGENIERIA COMO PROMOTORA DE LA PARTICIPACION DE LA INDUSTRIA LOCAL DE FABRICACION DE EQUIPOS...

Anteriormente hemos identificado algunas de las áreas básicas que habrán de estar cubiertas por todo programa de transferencia de tecnología encaminado a establecer capacidades locales en la ingeniería de proyectos nucleares. A continuación veremos de qué forma esta tecnología adquirida por la empresa local de ingeniería tiene un efecto multiplicador sobre las capacidades y posibilidades de la industria de fabricación de bienes de equipo del país, que se supone sin experiencia previa en el suministro de componentes para centrales nucleares.

Mediante la exposición de algunos casos prácticos, analizaremos el papel que la empresa de ingeniería puede desempeñar, contribuyendo a hacer máxima la participación local en la fabricación de componentes nucleares:

La ingeniería puede constituirse en una importante fuente de información para la industria local, actuando de la forma siguiente:

- La decisión de promover la creación de una empresa local de ingeniería permite un conocimiento de primera mano y un contacto directo con la industria del país, difíciles de lograr cuando la ingeniería y el diseño del proyecto se llevan a cabo únicamente por una empresa extranjera. Esta proximidad facilita el conocimiento de la estructura y capacidades reales de la industria local. Asimismo ayuda a identificar aquellos fabricantes con potencial para convertirse en suministradores de equipos nucleares.
- Para promover la fabricación local de equipos es más conveniente desarrollar las especificaciones técnicas y establecer el tipo y alcance de los contratos adaptándose a la realidad de la industria local. Para ello es de gran utilidad el conocimiento directo que de la industria del país tiene la empresa local de ingeniería que le permitirá organizar las especificaciones de equipo por paquetes o, por el contrario, prepararlas para cada componente individual o grupo de componentes homogéneos, dependiendo de lo que en cada caso sea más conveniente y se ajuste mejor a las capacidades y estructura reales de la industria del país.
- El contacto directo con la industria local permitirá mantener reuniones previas a la petición de oferta, en las que la empresa de ingeniería adelantará a los fabricantes locales información relativa al alcance del suministro, requisitos técnicos de las especificaciones, etc. Esta

11. We should mention the area of *nuclear safety*, also specific to nuclear power plant projects, which supports other design disciplines by establishing safety design criteria, performing inter-disciplinary safety reviews, and developing design optimization through probabilistic risk analysis techniques to identify weak links in the design of the project.

12. It is a requirement in nuclear A/E work to develop the safety-related engineering and design activities under a *quality assurance* program consistent with applicable regulatory requirements. As part of this program, all safety-related design documents are subject to an *independent design review* process by experienced engineers, ensuring the quality of the design product.

13. Finally, and to continue its engineering support to the electric utility once the plant has been brought into operation, the A/E should develop capabilities to provide services in areas such as plant improvements, backfitting, maintenance, refueling outages, performance testing and analysis, etc.

THE A/E COMPANY AS A PROMOTER OF LOCAL MANUFACTURE

In the preceding part of this article, we have reviewed some of the basic areas to be covered by a technology transfer program directed towards establishing local A/E capabilities in nuclear projects. We shall now examine how the technology transferred to the local A/E has a spin-off effect on the capabilities of domestic industry, supposedly without previous experience in the supply of equipment for nuclear power plants.

The following are some examples which demonstrate the role a local A/E may play to maximize local manufacture of equipment for nuclear projects:

The A/E acts as a source of information for the local industry, in the following ways:

- The decision to establish a local A/E company permits direct knowledge and contact with domestic industry, which is difficult to achieve if the engineering is only performed by a foreign company. Therefore, an optimum opportunity exists to discover the potential equipment suppliers, the structure of local industry and its real capabilities.
- The specifications, type and scope of contracts may be better adapted to the reality of local industry. The equipment specifications are organized in packages or, otherwise, prepared component-by-component, depending on what is more suitable in each case and on the capabilities of potential domestic manufactures.
- Direct contact with the local industry allows meetings to be held prior to the bid request stage, in which the A/E provides advance information to the potential bidders regarding the scope of each contract and the technical specification requirements. This allows them time to

Proyecto, suministro e instalación de Centrales generadoras de energía eléctrica: Nucleares, Hidráulicas, Térmicas y Solares

MONTAJES ELECTRICOS.

Subestaciones de transformación y rectificadoras.
Redes de distribución.
Alumbrados.
Iluminaciones.
Electricidad naval.
Instalaciones industriales, de edificios comerciales y viviendas.

HIDRAULICA

Estaciones de bombeo.
Riegos.
Abastecimiento de aguas.
Control y automatismo.

LINEAS

De transporte y distribución.
Redes trenzadas.
Tracción eléctrica.
Señalización y comunicación de ff.cc.

MONTAJES MECANICOS

Diseño y montaje de tuberías y soportes.
Barras blindadas de aluminio aisladas y agrupadas.
Equipos pesados rotativos y estáticos.
Estructuras.

TELECOMUNICACIONES

Telefonía, Telemática y Telecomunicación.
Seguridad y Control.
Señalización viaria
Ayudas meteorológicas.

FABRICACION

Cabinas de MT.
Cuadros de mando y control.
Equipos de seguridad para C. Nucleares.
Conductos de barras.
Centro de Control de Motores.

MANTENIMIENTOS

De instalaciones eléctricas.
De instalaciones de tracción.
De instalaciones de Seguridad y Control.

OTROS SERVICIOS

Diseño y suministro de equipos de seguridad para C. Nucleares.
Grupos Diesel de emergencia.
Excitaciones para generadores.
Baterías y cargadores, etc.

Con 22 Delegaciones en el territorio español
y 8 filiales en el exterior

ABENGOA A

OFICINA CENTRAL: Avda. Carlos V, 20. Tf. (954) 42 20 11. Telex: 72121 ABEME. 41004 SEVILLA
OFICINA MADRID: Eloy gonzalo, 27-3.º. Tf. (91) 448 22 12. Telex: 22772 ABEME. 28010 MADRID
TALLERES: Pol. Ind. Ctra. Amarilla, C/. Manuel Velasco Pando, s/n. Tf. (954) 57 19 30
Telex: 72741 ABET-E. 41007 SEVILLA

información permitirá a los suministradores de equipo disponer de tiempo para adaptar sus procesos de fabricación o establecer, cuando sea necesario, acuerdos de apoyo técnico y de transferencia de tecnología, fabricaciones mixtas, etc., con empresas extranjeras, de manera que puedan responder positivamente a la futura petición de ofertas con la mayor participación local posible en cada caso.

- Por último, la estrecha relación entre la ingeniería local y la industria del país facilita las consultas e interpretaciones que puedan surgir sobre los requisitos de los códigos, normas y especificaciones técnicas aplicables, así como la pronta resolución de posibles desviaciones a estos requisitos. En todo caso, a la hora de elaborar las especificaciones de equipo, o de resolver solicitudes de desviación, la ingeniería local tendrá presente la necesidad de acomodarse a las características de cada fabricante, estableciendo procedimientos alternativos para obtener los resultados que se deseen, adaptándose como criterio básico en estas situaciones el no reducir los criterios de aceptación y el nivel de calidad aplicable para cada componente.

La ingeniería complementa la capacidad de diseño de la industria local. Al menos en las etapas iniciales de un programa de construcción de centrales nucleares, es habitual encontrarse con situaciones en las que el suministrador de un equipo sabe cómo fabricarlo y probarlo, pero no siempre es capaz de analizarlo, calcularlo y cualificarlo para cumplir con los requisitos de los códigos y normas nucleares. En estos casos, la ingeniería tiene ante sí las siguientes oportunidades típicas de apoyo a la industria local:

- Poner a disposición de los fabricantes de equipo sus capacidades de análisis avanzado, especialmente en las áreas de análisis dinámico de componentes, análisis estructural de equipos mecánicos, preparación de informes de tensiones, etc., que permitirán la cualificación del diseño de equipos existentes en la industria local, de forma que se pueda mostrar formalmente el cumplimiento con los requisitos de diseño establecidos por los códigos y normas nucleares.

Ejemplos típicos de esta actuación de la empresa de ingeniería son el diseño y cálculo de depósitos de almacenamiento y recipientes a presión de categoría sísmica I, análisis dinámico de grúas o de bastidores de almacenamiento de combustibles, etc., que necesitan ser analizadas para probar su resistencia frente a las cargas dinámicas a las que se verán sometidas. Estos análisis pueden ser realizados por la ingeniería, estableciéndose el reparto de responsabilidades en las especificaciones del componente.

- Una segunda forma que tiene la ingeniería de complementar las capacidades de la industria local, es proporcionar a los suministradores de equipos con un paquete completo de documentos de diseño, fabricación y pruebas, incluyendo planos de fabricación del componente, que permitirán a dicho suministrador proceder sin más trabajo intermedio con la fabricación del componente. En estos casos, la ingeniería desarrolla el diseño de detalle completo, mientras que el suministrador se concentra en la fabricación propiamente dicha.

Como ejemplos de este tipo de actividad se puede mencionar la contención de acero, las penetraciones mecánicas de contención, forros metálicos de piscinas de combustible o de contenciones de hormigón, etc., para los cuales el suministrador recibe de la ingeniería verdaderos planos de fabricación, construcción y/o montaje.

Mediante este reparto de trabajos, que puede ser más típico de las primeras centrales dentro de un programa nuclear, se inicia por parte del fabricante un proceso de aprendizaje que le permitirá, trabajando en colaboración con la empresa de ingeniería local, desarrollar totalmente el análisis, diseño de detalle y cualificación requeridos para cada componente en los proyectos subsiguientes. El proceso terminará con el suministrador capacitado

prepare their manufacturing processes and to establish foreign technology assistance agreements, when required, so that they may respond to future requests for bids.

- Lastly, the local A/E's direct contact and familiarity with the domestic industry facilitates consultation on code interpretations and prompt resolution of deviations from the technical requirements called for in the applicable codes. The specifications provide for realistic adjustment to each manufacturer's characteristics or establish alternative procedures to meet a particular requirement, in all cases without reducing the acceptance standards and the quality level.

The A/E complements local industry's design capacity. It is commonly found that local suppliers know how to manufacture the equipment, but do not always know how to design it or qualify it to meet nuclear requirements. Where this is the case, the A/E has the following typical possibilities open to support local manufacturing:

- Provide advanced analysis capabilities, especially in the area of component dynamic analysis, mechanical equipment structural analysis, preparation of design reports, etc., which permit qualification of the design of equipment already existing in domestic industry so that it complies with the design requirements of nuclear codes and standards.

Typical examples are the design and calculation of Seismic Category I pressure vessels, storage tanks, cranes, fuel storage racks, etc., which need to be analyzed to prove their resistance to dynamic loads. These analyses may be performed by the A/E and may thus be accounted for in the scope of the technical specifications accompanying the bid request.

- A second way of complementing manufacturers' capacity is to supply them with a design documentation and drawing package which will allow them to proceed with equipment or component manufacture. In these cases, the A/E carries out the entire detail design and the supplier limits himself to manufacture.

Examples of this type of activity are the steel containment, mechanical penetrations, fuel pool liners, etc., for which the supplier may receive actual manufacturing, construction and/or erection drawings. With this approach, which may be typical in the first plants to be constructed in a nuclear program, a learning process is initiated by the local manufacturer so that, working together with the A/E on future plants, he will be able to develop by himself the detail design and the required analysis and qualification for the equipment to be manufactured. The process may end up with the local manufacturer being responsible for the complete design, fabrication and qualification process, starting from a basic/functional design and specification package issued by the A/E.

para hacerse responsable del alcance completo de diseño, fabricación y cualificación del componente, partiendo de un paquete de especificaciones funcionales, básicas, elaborado por la ingeniería.

La ingeniería contribuye a sistematizar el Control de Calidad (CC) y la Garantía de Calidad (GC) de la industria local, mediante el desarrollo de las siguientes actividades:

- Preparación de una lista de suministradores potenciales a los que se somete a un proceso de cualificación, cuyo resultado es una lista de suministradores aprobados para suministrar componentes nucleares. Durante dicho proceso de cualificación, la ingeniería lleva a cabo una serie progresiva de auditorías a los fabricantes, evaluando todos los aspectos de sus sistemas de CC y GC, identificando los defectos detectados para que se proceda a su corrección, colaborando con los fabricantes en la preparación de los manuales de GC y de los procedimientos de fabricación, ensayos no destructivos, inspección y pruebas.
- Durante el proceso de fabricación de un equipo dado, la ingeniería realiza inspecciones en el taller en aquellas etapas del proceso especificadas en el Programa de Puntos de Inspección que se elabora para cada componente. Dichas inspecciones permiten al inspector de la empresa de ingeniería seguir cerca el programa de GC correspondiente, comprobando su correcta aplicación y, cuando se requiera, emitiendo los correspondientes informes de no-conformidad que establecen las acciones que habrá que tomar para corregir las deficiencias encontradas, así como las fechas para las cuales habrán de ser corregidas asegurándose, finalmente, de que las anomalías detectadas se han eliminado.

CONCLUSIONES

En un país que inicie un programa de construcción de centrales nucleares, el promover la creación de una empresa de ingeniería que tenga como objetivo a medio plazo el uso de los recursos locales para realizar de forma autosuficiente los diversos trabajos de ingeniería, diseño y gestión de un proyecto nuclear, permite acelerar y hacer máximo el proceso de transferencia de tecnología, asegura la consolidación del *know-how* obtenido para uso en futuras aplicaciones, estimula la participación local en la fabricación de equipos y contribuye a elevar el nivel de calidad de la industria local.

La experiencia española muestra que mediante un esfuerzo interno de desarrollo complementados inicialmente por acuerdos de colaboración con empresas de ingeniería extranjeras de acreditada experiencia en proyectos nucleares, se puede adquirir la necesaria capacitación en la ingeniería y diseño de estos proyectos antes de que concluya la construcción de la primera de las centrales que constituyan el programa nuclear del país. La asistencia técnica recibida debería concentrarse en una serie de áreas específicas y características del proyecto nuclear, así como en establecer la estructura organizativa y desarrollar las técnicas de gestión de proyectos que permitan una participación progresivamente decreciente de la ingeniería extranjera y la consolidación de los conocimientos adquiridos para uso en los proyectos siguientes por la ingeniería local así constituida, utilizando solamente los recursos humanos existentes en el país.

El esfuerzo de desarrollo realizado por las empresas de ingeniería en España los ha dotado de un profundo entendimiento del proceso de transferencia de tecnología: problemas que hay que afrontar, áreas en las que concentrar prioritariamente los esfuerzos y errores que hay que evitar.

The A/E makes a positive contribution to the systematization of local industry's quality control (QC) and quality assurance (QA) by means of the following activities:

- Preparation of a list of potential suppliers who are then subject to a qualification process, resulting in a final list of suppliers approved for manufacturing nuclear components. During this process, the A/E performs progressive audits on the manufacturers, assessing all aspects of their QC and QA systems, advising them to correct any defects detected, collaborating with them in the preparation of QC and QA manuals, as well as manufacturing, examination, inspection and testing procedures.
- Performance, during the manufacturing process, of the specific inspections scheduled in the Inspection Points Program for each equipment item. During these inspections, the A/E company's inspector constantly follows up the established QA program, checking its correct application, ensuring the elimination of anomalies detected and, where applicable, issuing non-compliance reports which establish actions to be taken to correct the deficiencies found and the scheduled dates by which they should be corrected.

CONCLUSIONS

Establishing an A/E company in a country initiating a nuclear power plant construction program, having as a medium-term objective the use of local resources to cover the various technical and managerial aspects of nuclear projects, permits the transfer of technology to be maximized, ensures the consolidation of the know-how obtained for use in future applications, stimulates domestic participation in the manufacture of equipment and raises the general level of quality of domestic industry.

The experience of Spain shows that, by an internal development effort aided initially by collaboration with foreign A/E companies, the necessary engineering and design know-how can be obtained before concluding the construction of the first of those plants comprising the nuclear program. The assistance received should concentrate on well-selected technical areas specific to nuclear projects, as well as on establishing the organizational structure and management techniques that would allow a progressively decreasing foreign A/E participation and the consolidation of imported know-how for use by local resources in subsequent plants.

The development effort made by the A/E companies in Spain has provided them with an in-depth understanding of this technology transfer process. They are now in a unique position to offer solutions for the problems usually encountered, select the areas where major effort should be concentrated and identify the mistakes to be avoided.