

INGENIERÍA PARA EL REACTOR ITER

ENGINEERING FOR THE ITER REACTOR

FRANCISCO ALBISU - M. TERESA DOMÍNGUEZ

INTRODUCCIÓN

A medio camino entre el horóscopo y la profecía, los pronósticos sobre las perspectivas energéticas ofrecen una idea orientativa de cómo será en ese aspecto el mañana en el mundo, en Europa, etc. Se estima, por ejemplo, que el consumo mundial de electricidad se duplicará en los próximos 20 años.

Todo esto será mañana; pero ¿y pasado mañana? Hay que recordar que, excepto el carbón, los materiales energéticos clásicos se agotarán en el mundo en muy pocas décadas; que todos los procesos energéticos, salvo el nuclear y algunas de las energías renovables, producen cantidades ingentes de gases nocivos cuyos efectos ya estamos notando; y que, además, el petróleo y el gas natural son insustituibles para otros destinos más necesarios y más nobles que acabar en la hoguera. El proceso de fusión nuclear, que mantiene activas las estrellas y que aquí abajo se conoce desde hace más de cincuenta años, es el que se espera pueda cubrir las necesidades energéticas mundiales a partir de la segunda mitad de este siglo.

De entre los varios procesos de fusión teóricamente posibles, los desarrollos actualmente en marcha están basados en la reacción:



cuyo resultado se manifiesta como energía cinética de las partículas resultantes y, al menos en principio, puede transformarse en energía útil.

Quizá es adecuado recordar

aquí algunos aspectos:

- El deuterio es un isótopo no radiactivo del hidrógeno; se encuentra en cantidades inagotables en el agua (unos 35 g de deuterio por m³).
- El tritio, otro isótopo del hidrógeno, radiactivo, es artificial. En los reactores de fusión habrá que aportar la carga inicial de tritio, pero el consumo en la operación se reproducirá en la propia instalación por reacción de los neutrones con litio.
- El litio es relativamente abundante en tierra, y con una concentración de 0,1-0,2 g/m³ en el agua de mar.

Para poner en la red eléctrica un millón de kWh se necesitarían unos 7 g de deuterio más unos 100-300 g de litio. O, en otros procesos energéticos, unos 17-25 kg de uranio natural, unas 320 t de carbón o unos $2,5 \cdot 10^5$ m³ de gas natural.

Estos consumos para la misma producción eléctrica y lo que se conoce de las reservas de unos y otros materiales (la relación entre las reservas de litio y uranio es de 15 en tierra y de 50 en el agua de mar) dan fe de la disponibilidad prácticamente inagotable de combustible para la fusión nuclear cuando su tecnología esté lista. Además de esa ventaja principal, la generación de energía por fusión nuclear estará libre de producción de residuos radiactivos de muy alta actividad o de vida larga y de descargas radiactivas al medio ambiente, ni siquiera accidentales.

Dos procesos de fusión se han ido perfilando como prometedores a los largo de los años:

- La fusión por confinamiento

INTRODUCTION

Midway between a horoscope and a prophecy, forecasts on the future of energy give us a tentative idea of what prospects it has in the world, in Europe, etc. For example, it is estimated that world electricity consumption will double over the next 20 years.

This is all about the immediate future, but what about afterwards? We must remember that, except for coal, the world's traditional energy resources will be exhausted in just a few decades; that with the exception of nuclear energy and some renewable energy resources, energy processes produce huge quantities of harmful gases, the effects of which can already be felt; and that oil and natural gas are irreplaceable in more needy, more noble uses than the hearth. It is expected that the nuclear fusion process which occurs continually in the stars -and which we on Earth have known about for more than fifty years- can cover the world energy needs in the last half of this century.

Of the different fusion processes which are theoretically possible, current developments are based on the reaction



where the resultant particles carry kinetic energy which, at least in principle, can be transformed into useful energy.

At this point it would probably be as well to remember certain aspects:

- Deuterium is a non-radioactive isotope of hydrogen. It is found in inexhaustible quantities in water (some 35 g of deuterium per m³).
- Tritium, a radioactive isotope of hydrogen, is made artificially. The first tritium load has to be added to fusion reactors, but the amount consumed during operation is replaced by the reaction of neutrons with lithium inside the reactor.
- Lithium occurs in relative abundance in the ground, and with a concentration of 0.1-0.2 g/m³ in sea water.

One million kWh on the grid would require some 7 g of deuterium and about 100-300 g of lithium; or, in other energy processes, some 17-25 kg of natural uranium, about 320 t of coal or about $2.5 \cdot 10^5$ m³ of natural gas.

These consumption figures for the same electrical production, together with what we know about the reserves of other resources (the ratio of lithium and uranium reserves is 15 in the ground and 50 in sea water), give credit to the practically inexhaustible availability of fuel for nuclear fusion when the technology is ready. Apart from this main advantage, energy generated by nuclear fusion will be free of very high-level or long lived radioactive waste and

magnético, en la que los materiales reaccionantes están en forma de plasma y contenidos generalmente en un recipiente aproximadamente toroidal, cuya versión más frecuente es el llamado *tokamak*.

- La *fusión por confinamiento inercial*, en la que los materiales, en forma de una pequeñísima pastilla sólida, reaccionan bajo una presión enorme aplicada exteriormente por un sistema láser.

Del primer proceso, mucho más avanzado hasta ahora por la mayor dedicación de esfuerzo al mismo, son ejemplos grandes instalaciones en varios países, la más importante el JET (Joint European Torus) de la Unión Europea, instalado en Inglaterra; otros países europeos poseen máquinas pequeñas y medianas, muy avanzadas, que buscan desarrollar aspectos muy concretos hacia el objetivo buscado. España, con soporte financiero de la UE, ha diseñado y construido en el CIEMAT la instalación TJ-II, inaugurada hace tres años y de la que el 60% del coste corresponde a pedidos a empresas nacionales.

El proceso de fusión inercial ha ido más lento en su desarrollo por diversas razones. Hay una contribución teórica importante para ese proceso por parte del Instituto de Fusión Nuclear de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de Madrid.

EL PROYECTO ITER

Programa inicial y situación actual

El OIEA (*Organismo Internacional de Energía Atómica*, Viena) apadrinó y fomentó desde 1986 la convergencia hacia un proyecto único de fusión de los esfuerzos en marcha en Europa, EE.UU., Japón y la entonces URSS. Tal convergencia se materializó en un objetivo común al que se denominó ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*), instalación de fusión por confinamiento magnético basada en el concepto tokamak, es decir, una cámara toroidal; concepto similar, pero en mucho mayor tamaño, al del JET de la UE y a otros de varios países. Sobre esa

base se iniciaron tareas coordinadas entre las cuatro áreas geográficas.

Esa convergencia cristalizó en 1992 en la firma de un acuerdo entre los mismos cuatro socios (ya con Rusia en vez de la URSS) para el proyecto y posible construcción de tal instalación, con una potencia térmica de unos 1.500 MW; se establecieron además las tareas a desarrollar inicialmente (EDA, *Engineering Design Activities*). El propósito a medio y largo plazo era que al ITER siguiese el DEMO que, basado en la experiencia de operación de aquél, generaría energía eléctrica y sería el antecesor de las futuras centrales de fusión. El Proyecto estableció su cuartel general en San Diego (EE.UU.), con equipos de proyecto en los cuatro miembros; el europeo se situó en Garching, junto a Munich, dentro del Instituto Max Planck de Física del Plasma.

El objetivo establecido por los firmantes del Acuerdo cuatripartito era completar las tareas EDA y tomar en julio de 1998 una decisión, positiva o negativa, sobre la construcción del ITER; en el primer caso, decidiendo a la vez sobre el (o los) emplazamiento(s).

Las tareas EDA se fueron distribuyendo entre los cuatro socios firmantes del Acuerdo de 1992. Dentro del alcance asignado a la UE, y bajo la dirección técnica ubicada en Garching, los participantes han sido, por un lado, las Asociaciones (tal como la Euratom-CIEMAT en el caso español) y, por otra, la industria, protagonizada principalmente (tras concurso abierto) por el Consorcio EFET al que pertenece IBERTEF.

Se llegó a julio de 1998 con el diseño básico prácticamente completado y con una estimación del costo de la instalación del orden de 7.000 MEuros. Pero EE.UU. no firmó la extensión del Acuerdo; los otros socios acordaron continuar la fase EDA durante tres años más, definiendo las tareas a desarrollar en ese tiempo. El cuartel general del proyecto se desplazó a Garching; la participación de la UE se realiza ahora bajo el nombre de EFDA (*European Fusion Development Agreement*).

there will be no radioactive discharges to the environment, not even accidental ones.

Two fusion processes have shown promise over the years:

- Magnetic confinement fusion, in which the reactive matter is in the form of plasma and usually contained in a toroidal vessel, the most commonly used version of which is called tokamak
- Inertial confinement fusion, in which the matter—in the form of a very small solid pellet—reacts under enormous external pressure applied by a laser system

As a result of the extreme effort put into it, the former process is much more advanced and used in large facilities in different countries, the most important being the Joint European Torus (JET) of the European Union, installed in the United Kingdom. Other European countries with very advanced small and medium reactors are looking to develop very specific aspects with a view to attaining the desired goal. With financial support from the EU, Spain designed and built the TJ-II in the Research Centre for Energy, Environment and Technology (CIEMAT); it was inaugurated three years ago and purchase orders placed with national companies accounted for 60% of its cost.

Development of the inertial fusion process has been slower for different reasons. The Institute of Nuclear Fusion of the Madrid Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (College of Industrial Engineering) is making a significant theoretical contribution to this process.

THE ITER PROJECT

Original Programme and Current Situation

In 1986, the International Atomic Energy Agency (IAEA) in Vienna began to sponsor and promote the convergence of efforts being made in Europe, USA, Japan and the former USSR towards a single fusion project. This convergence materialised in the form of a common objective which was called the International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER), a magnetic confinement fusion facility based on the tokamak, i.e. a toroidal chamber. It is similar in concept to the EU JET and others in different countries, but much larger. This marked the beginning of co-ordinated tasks between the four geographical areas.

The convergence crystallised in 1992 when an Agreement was signed by the four partners (this time with Russia instead of the USSR) to design and possibly construct such a facility with a thermal power of about 1,500 MW, at the same time establishing the tasks to be carried out first (EDA, *Engineering Design Activities*). The medium- and long-term objective was for the ITER to be followed by the DEMO which, based on operating experience with the former, would generate electric power and become the predecessor of future fusion reactor plants. The project headquarters was established in San Diego (USA), with project teams in the four member countries; the European team was set up in Garching, near Munich, at the Max Planck Institute for Plasma Physics.

The objective established by the four signatories was to complete the EDA and reach a decision, positive or negative, in July 1998 regarding the construction of the ITER and, in the affirmative, to decide on the site(s) at the same time.

The EDA were distributed among the four signatories to the 1992 Agreement Treaty. Under technical direction from Garching, participants in the scope assigned to the EU have included associations

(such as Euratom-CIEMAT in the case of Spain) and industry, with the latter represented mainly (following open competition) by the EFET Consortium of which IBERTEF is a member.

By July 1998 the basic design was practically complete and the cost of the facility was estimated at around Euro 7000 million. But the USA did not sign an extension to the Agreement; however, the other members agreed to continue with the EDA phase for a further three years and defined the tasks to be carried out during this period. Project headquarters were moved to Garching and the EU now participates under the European Fusion Development Agreement (EFDA).

Since then a great deal of effort has been put into the development of an ITER with reduced objectives, but one which will still serve as the predecessor to the DEMO. Progress in the redesign seems to indicate that a facility of approximately 500 MWt can be reduced to 50% of the initial cost. It is called the ITER-FEAT (Fusion Energy Advanced Tokamak), with an estimated cost of Euro 3000-3500 million.

In parallel with the redesign and its associated economic re-evaluation, other tasks being carried out or scheduled for this phase cover general aspects of nuclear fusion: safety, environmental and radiological studies, operation and maintenance aimed at desirable power plant conditions, licensing procedures, etc.

Construction of the ITER-FEAT would extend over a period of 8-9 years from the time the construction permit is granted. It would take 1 to 3 years to obtain the construction permit and, prior to that, the site permit. With respect to the latter, the importance of which need not be pointed out, it is worth noting the following:

- During the '90s, timid proposals were made –but not maintained– by France, Italy and Sweden to locate the facility at determined locations in these countries
- In January 2000, the members of the ITER Treaty received a preliminary proposal, to be formalised in 2001, to locate the ITER on one of the nuclear sites in Canada
- During the latter half of 2000, France offered to house the ITER in Cadarache, a large nuclear R&D Centre 100 km from Marseilles
- Japan is also expected to propose a site for the ITER on its territory

The EU is studying the Cadarache site in respect of the requirements established early in the Project: electric power connections, geology, cooling, etc. The study is being carried out with a view to making decisions this year, when it will be three years since it was agreed in July 1998 to continue with the EDA extension phase.

ITER and European Industry

From the outset of the ITER Agreement the EU took great interest in associating the Project with its industry, something which was not so apparent in the case of the JET. At the start of the EDA eight years ago, the EU established that industrial participation was essential if the reactor prototypes –and later on the nuclear fusion plants– were to be conceived as large high-technology industrial facilities, achieved through the transfer of basic technology from the laboratories and associations to the industrial players, just as it has been achieved since the '50s in respect of nuclear fission plants.

Industry for its part echoed the EU's interest and promptly followed its initiatives, consisting mainly in:

- Establishing a framework contract for EDA (following the aforementioned open competition) between EFDA and a consortium of the main

El esfuerzo principal en el tiempo transcurrido ha sido el desarrollo de un ITER con objetivos reducidos, pero que siga sirviendo como etapa previa al DEMO. Se ha avanzado en ese rediseño de forma que parece poder bajarse al 50% del costo inicial, con una instalación de unos 500 MW térmicos; se le ha designado como ITER-FEAT (Fusion Energy Advanced Tokamak), con un costo estimado de 3.000-3.500 MEuros.

Otras tareas en marcha o previstas durante esta fase, en paralelo con ese rediseño y su correspondiente reevaluación económica, corresponden a aspectos generales de la energía de fusión: seguridad, estudios ambientales y radiológicos, operación y mantenimiento enfocados hacia las condiciones deseables en una central eléctrica, aspectos de licenciamiento, etc.

La construcción del ITER-FEAT se extendería a lo largo de 8-9 años a partir del permiso de construcción; antes de ello habría un período de 1 a 3 años para obtener ese permiso y, previamente al mismo, el relativo al emplazamiento. Respecto a este último aspecto, sobre cuya importancia no hace falta insistir, cabe resumir lo siguiente:

- Durante la década de los 90 hubo tímidas propuestas, que no se mantuvieron, de acoger la instalación en Europa por parte de Francia, Italia y Suecia, en sitios concretos de esos países.
- En enero de 2000 los socios del Acuerdo ITER recibieron una oferta preliminar, a formalizarse en 2001, para ubicar ITER en uno de los emplazamientos nucleares de Canadá.
- En la segunda mitad de 2000 Francia ha ofrecido alojar ITER en Cadarache, un extenso centro de I+D nuclear a 100 km de Marsella.
- Se espera que Japón proponga también un emplazamiento para ITER en su territorio.

La UE está estudiando el emplazamiento de Cadarache con referencia a los requisitos establecidos hace ya tiempo en el Proyecto: red eléctrica, geología, refrigeración, etc. Todo ello con vistas a posibles decisiones

este mismo año, al cumplirse los 3 años de la fase de extensión de EDA tras julio de 1998.

ITER y la industria europea

La UE tuvo mucho interés desde el principio del Acuerdo ITER en asociar a su industria el Proyecto, lo que no había sucedido tan abiertamente en el caso del JET. Estableció, al iniciarse hace 8 años las tareas EDA, que la participación industrial era imprescindible si se deseaba que los prototipos de reactores, y más adelante las centrales de fusión, se concibiesen como grandes instalaciones industriales de alta tecnología, mediante la transferencia de la tecnología básica desde los Laboratorios y Asociaciones a los actores industriales, tal como ha sucedido desde los años 50 respecto a las centrales nucleares de fisión.

Por su parte, la industria se hizo eco de ese interés de la UE, y respondió con presteza a las iniciativas de ésta, consistente principalmente en:

- Establecimiento, para las actividades de EDA, de un Contrato-Marco (tras el concurso abierto antes citado) entre EFDA y un Consorcio de las principales entidades industriales europeas del campo nuclear (véase "IBERTEF y el Consorcio EFET").
- Establecimiento de listas de suministradores de bienes y servicios precalificados para 17 tecnologías muy específicas de la fusión: materiales de baja activación, superconductores, equipos especiales para tritio, manejo remoto, etc.

Los resultados hasta ahora permiten afirmar que la UE está avanzando en su objetivo de asociar firmemente a su industria al Programa de Fusión; el enfoque reiterado de éste, sobre todo en los últimos años, hacia un reactor (*reactor-oriented*) para una central eléctrica constituye un objetivo sumamente atractivo, a la vez que realista, para esa participación industrial actual y futura.

Como soporte y guía del acuerdo EFDA, el Programa Europeo de Fusión ha establecido varios comités y subcomités que orientan y asesoran sobre el conjunto de sus actividades.

IBERTEF y el Consorcio EFET

EMPRESARIOS AGRUPADOS y SENER, tras analizar la coincidencia de sus intereses en el campo de la fusión, unieron sus fuerzas para el mismo constituyendo en 1993 (a partes iguales) una Agrupación de Interés Económico con el nombre de IBERTEF (*Ibérica de Tecnología de Fusión*). IBERTEF forma parte del Consorcio EFET (*European Fusion Engineering and Technology*) de importantes firmas europeas del campo nuclear, que en 1994 fue el ganador del Concurso convocado por la UE para desarrollar las tareas de ingeniería incluidas en el programa EDA (véase "ITER y la Industria Europea") y, en general, para materializar la presencia de la industria europea en el Proyecto ITER, al menos en esta etapa del mismo.

Cabe señalar que, además y al margen de su participación en EFET, IBERTEF se calificó en tres de las 17 tecnologías específicas de fusión, proceso a que se aludió en "ITER y la Industria Europea".

Tareas realizadas por IBERTEF

Contenido general

El abanico de Órdenes de Trabajo encargadas por EFDA a EFET ha sido muy amplio en cuanto a disciplinas involucradas. Y, de entre ellas, las OT en que está interviniendo desde el principio IBERTEF (con un volumen, en términos económicos, proporcional a su participación en EFET) se refieren también a casi todas esas disciplinas.

Conviene recordar que el paso del ITER original al ITER-FEAT, que constituye el diseño actual en marcha, ha supuesto una gran cantidad de cambios, reducciones en número o tamaño de componentes, reanálisis tanto técnicos como de seguridad y económicos, etc.; e, inevitablemente, el abandono de algunos diseños anteriores a favor de nuevos conceptos más adecuados para la nueva instalación.

Sin entrar en descripciones detalladas, los apartados siguientes agrupan en bloques las

aproximadamente cincuenta OT en que IBERTEF ha participado o participa ahora. Si siempre, el trabajo de IBERTEF (bien EA o SENER, o ambos) en cada OT se suma al desarrollado por otro u otros de los socios de EFET en la misma Orden.

Movimiento de componentes, mantenimiento, manejo a distancia, etc.

La complejidad mecánica de la instalación, la necesidad de mantenimiento (revisiones, reparaciones, sustituciones, etc.) de muchos componentes de gran peso y envergadura, y en la mayoría de los casos con partes activadas por la fluencia neutrónica (o con contaminación de tritio, o con ambas situaciones), el objetivo de que ITER-FEAT sea una instalación adaptable en la que puedan incorporarse nuevos sistemas o equipos a tenor de lo que vaya dictando la experiencia, etc., hacen que este bloque de actividades (ciertamente no homogéneo) haya adquirido una importancia especial dentro de las actividades de la etapa EDA. En él IBERTEF ha participado en tareas como:

- Evaluación y diseño de conceptos y sistemas para los componentes del blanket.
- Id. id. para los componentes del divertor.
- Id., id. para los sistemas de movimiento de las cassetes.
- Criterios de mantenimiento de equipos críticos: grandes bobinas, componentes internos del tokamak, etc.
- Criterios generales sobre manejo remoto.
- Diseño de equipos externos al tokamak pero singulares, especialmente grúas y transportadores.

Edificios, confinamiento, celdas calientes, etc.

Los complejos sistemas y equipos propios del ITER imponen una serie de condicionantes (además de los estrictamente económicos) a los recintos y edificios que los alojan; aquí también el paso del ITER inicial al ITER-FEAT ha incrementado las actividades en curso. Puede señalarse como grupos de tareas los siguientes:

European industrial companies in the nuclear field (refer to point "IBERTEF and the EFET Consortium").

- Establishing lists of pre-qualified goods and services suppliers for 17 fusion-specific technologies: low-activation materials, superconductors, special equipment for tritium, remote handling, etc

The results to date affirm that the EU is progressing towards its objective to firmly associate its industry with the Fusion Programme. The approach of the Fusion Programme, especially over the past few years, towards a reactor-oriented power generating plant constitutes a very attractive and realistic objective for current and future industrial participation.

In support of and as a guide to the EFDA Agreement, the European Fusion Programme has set up different committees and sub-committees to determine the direction of its activities and assess them as a whole.

IBERTEF and the EFET Consortium

After analysing their common interests in the nuclear fusion field, EMPRESARIOS AGRUPADOS (EA) and SENER (SR) joined forces in 1993 and established a 50-50 Economic Interest Grouping under the name of IBERTEF (*Ibérica de Tecnología de Fusión*). IBERTEF forms part of the EFET (*European Fusion Engineering and Technology*) Consortium of important European companies in the nuclear field. In 1994, this Consortium won the EU contract to develop the engineering tasks in the EDA programme (refer to point "ITER and European Industry") and to generally build up the presence of European industry in the ITER Project, at least in that particular stage.

In addition to its participation in EFET, it should be noted that IBERTEF is qualified in three of the 17 fusion-specific technologies referred to in point "ITER and European Industry".

Tasks performed by IBERTEF

General Content

The Work Orders (WO) assigned by EFDA to EFET have involved a very wide range of disciplines. Furthermore, the WO in which IBERTEF has actively taken part from the beginning (with a volume, in economic terms, proportional to its share in EFET) cover nearly all these disciplines.

It should be noted that the transition from the original ITER to the ITER-FEAT, which is the current design under way, has given rise to numerous changes, reductions in the number or size of components, the repetition of technical, safety and economic analyses, etc., and the inevitable shelving of some previous designs in favour of new concepts that are more suited to the new facility.

Without going into detail, the WO in which IBERTEF has participated or is currently participating - which total approximately fifty- are grouped into the blocks of activities listed below. In almost every case, the work of IBERTEF (either EA or SENER, or both) on each WO is added to the work carried out by the other EFET member(s) involved in the same WO.

Movement of Components, Maintenance, Remote Handling, etc

The mechanical complexity of the facility, the need for maintenance (inspections, repairs, replacements, etc.) of many components that are heavy and bulky and in the majority of cases have parts which are activated by neutron flux or are contaminated with tritium, or both, the objective that ITER-FEAT

become an adaptable facility into which new systems or equipment can be incorporated as and when experience dictates, etc., have caused this block of activities (which is certainly not homogeneous) to attain great importance among the tasks in the EDA stage. In this block, IBERTEF has been involved in such activities as:

- Evaluation and design of concepts and systems for the blanket components
- Ditto for the divertor components
- Ditto for the cassette handling systems
- Maintenance criteria for critical equipment: large coils, tokamak internals, etc.
- General criteria for remote handling
- Design of external but singular equipment, especially cranes and conveyors.

Buildings, Confinement, Hot Cells and Waste

The complex systems and equipment pertaining to the ITER impose a series of conditions (in addition to those which are strictly financial) on the areas and buildings that house them; in this area, too, the transition from the original ITER to the ITER-FEAT has increased the activities being carried out. These include the following groups of tasks:

- Buildings in general, including confinement options and specific analyses of areas affected by radioactive materials
- Specific studies of hot areas
- Studies of radioactive component transfer from one area to another

Safety

IBERTEF has participated in activities in this area with two objectives:

- Safety aspects, criteria to be followed, radiological protection criteria, dose estimates, etc; all for the ITER itself
- General aspects of radiological and environmental safety in nuclear fusion facilities.

Electrical Systems

IBERTEF has participated in several studies in this area -first for the original ITER and later for the ITER-FEAT- relating to the supply of energy to the different systems.

Cost Evaluation

Needless to say, from the outset the cost of the ITER, and now the ITER-FEAT, has been one of the most critical parameters, to such an extent that one way or another important political decisions may depend on it. It was, after all, this parameter that brought about the transition from ITER to ITER-FEAT.

IBERTEF has participated (in successive stages) in several cost estimates for the facility. They are basically grouped into two blocks:

- Estimate of the cost of the original ITER (defined in the Final Design Report from 1997-1998)
- Estimate of the cost of the ITER-FEAT, with the significant reduction this version represented in comparison with the previous one

Miscellaneous

These include the different activities carried out (or being carried out) by IBERTEF which were not included in the other groups, although several are again related to design activities like those already indicated: mechanical, electrical, safety, economic aspects, etc. The following are just some of these:

- Studies of the requirements to be fulfilled by

- Edificios en general, incluyen opciones de confinamiento y análisis particulares de los recintos relacionados con materiales radiactivos.
- Estudios específicos sobre los recintos calientes.
- Estudios de transferencia de componentes radiactivos entre unos y otros recintos.

Temas de seguridad

Dentro de este área IBERTEF ha participado en actividades con dos objetivos:

- Aspectos de seguridad, criterios a seguir, criterios de protección radiológica, estimación de dosis, etc.; todo esto para el propio ITER.
- Aspectos generales de seguridad radiológica y ambiental de las instalaciones de energía nuclear de fusión.

Temas relativos a los sistemas eléctricos

IBERTEF ha participado aquí en varios estudios, primero para el ITER inicial y luego para el ITER-FEAT, relativos al suministro de energía a los diversos sistemas.

Temas económicos del Proyecto

No hace falta decir que el costo de la instalación ITER, y ahora ITER-FEAT, está siendo desde el principio uno de los parámetros más críticos, tanto que de él pueden depender importantes decisiones políticas en uno u otro sentido; basta recordar que ese parámetro ha sido la principal razón del paso de ITER a ITER-FEAT.

IBERTEF ha participado en varias tareas (en etapas sucesivas) de estimación del coste de la instalación. Se agrupan fundamentalmente en dos bloques:

- Estimación del costo del ITER inicial (definido en el *Final Design Report* de los años 97-98).
- Estimación del costo del ITER-FEAT, con la importante reducción que esta versión supuso frente a la anterior.

Temas diversos

Aquí se incluyen varias actividades desarrolladas (o en marcha) por IBERTEF no incluidas

en los grupos anteriores, aunque varias de ellas vuelven a estar relacionadas con tareas de diseño como las ya citadas: mecánicas, eléctricas, seguridad, aspectos económicos, etc. He aquí algunas:

- Estudios sobre los requisitos a cumplir por las futuras centrales de fusión a la luz de los habituales en las centrales eléctricas.
- Revisiones de diseño en varias fases del ITER.
- Apoyo al análisis por EFDA de la pre-propuesta de emplazamiento en Canadá.
- Tareas varias, actualmente en marcha, relativas a la consideración de Cadarache como posible emplazamiento.

CONCLUSIONES

Para las dos empresas constituyentes de IBERTEF, el esfuerzo emprendido desde 1993, refrendado por la incorporación al Consorcio EFET y la obtención por éste del Contrato-Marco con la UE, representa una extensión de sus actividades habituales en otros campos, más o menos próximos, de alta tecnología. Y tiene como características adicionales:

- La cooperación a otras firmas europeas de primer nivel en el campo nuclear.
- La inserción en un Proyecto que por una parte tiene en perspectiva una gran instalación y, por otra, permite a EMPRESARIOS AGRUPADOS y SENER aplicar y hacer avanzar su experiencia presente, principalmente la proveniente de las áreas nuclear y espacial.
- La posibilidad, incrementada mediante la participación actual, de acceder en su momento a tareas relacionadas con el diseño constructivo y la gestión de la construcción, licenciamiento, etc. del ITER.

Finalmente, no es ocioso aludir a que tal presencia de las dos firmas en el Proyecto puede contribuir a animar la presencia de suministradores españoles en el momento de iniciarse la construcción de la instalación, sobre todo si ello tiene lugar en un emplazamiento europeo.



Francisco ALBISU es Dr. Ingeniero Industrial, M.Sc. en Ingeniería Nuclear y Diplomado en Ingeniería Nuclear. Su actividad profesional se inició en 1955 en el Centro Tecnológico LABEIN. En 1969 pasó a SENER donde, hasta 1992 ha sido Director del Departamento de Energía y, como tal, responsable y coordinador de los proyectos nucleares de la empresa en España y en el extranjero. Desde 1995 es Consultor de SENER, principalmente para temas nucleares. También ha sido desde 1964 Catedrático de Ingeniería Nuclear en la E.T.S. de I.I. de Bilbao.

Francisco ALBISU is Dr. Industrial Engineer, M.Sc. in Nuclear Engineering and a graduate in Nuclear Engineering. His professional activity began in 1955 at the LABEIN Technological Centre. In 1969 went to SENER, where until 1992 has been Director of Power Department and, as such, responsible and coordinator of the firm's nuclear projects in Spain and abroad. Since 1995 he is a Consultant to SENER, mainly for nuclear related subjects. He has been since 1964 Professor of Nuclear Engineering at the Bilbao School of Engineering.



Mª Teresa DOMÍNGUEZ BAUSTISTA es Licenciada en Ciencias Físicas por la Univ. Complutense de Madrid. En 1974 ingresó en Empresarios Agrupados donde ha realizado importantes actividades dentro del campo de la seguridad hasta 1997 en que se incorporó al Comité de Dirección del grupo EFET en representación de IBERTEF, compañía participada por SENER y EMPRESARIOS AGRUPADOS para el desarrollo de ingeniería del reactor de fusión europeo ITER. En 2000 fue nombrada Gerente de la UTE-ESS, unión temporal de SENER y EE.AA. creada para la realización de los trabajos del ESS. Es, también, Secretaria General de la Sociedad Nuclear Española.

M. Teresa DOMÍNGUEZ BAUTISTA has a Bachelor's Degree in Physical Sciences from Madrid's Universidad Complutense. In 1974, she joined Empresarios Agrupados doing important activities in the Safety field until 1997, when she joined the Executive Committee of the Group ITER in representation of IBERTEF, a company owned by SENER and EMPRESARIOS AGRUPADOS involved in developing the engineering of the European fusion reactor ITER. In 2000, she was appointed Manager of UTE-ESS, a joint venture of SENER and EE.AA. created to work on the ESS. Is currently General Secretary of the Spanish Nuclear Society.

future fusion reactor plants in the light of the standard requirements for power plants

- Design reviews in the different stages of the ITER
- Support to EFDA in the analysis of the preliminary site proposal in Canada
- Miscellaneous tasks, presently being carried out, related to the consideration of Cadarache as a possible site.

CONCLUSIONS

The efforts made since 1993 by SENER and EMPRESARIOS AGRUPADOS through their joint company IBERTEF, endorsed by membership in the EFET Consortium and the award to the latter of the EU Framework Contract, represent an extension of their usual activities in other related fields of high technology, and with the following added characteristics:

- Cooperation with other leading European companies in the nuclear field
- Inclusion in a Project which on one hand is planning a large facility and, on the other hand, allows SENER and EMPRESARIOS AGRUPADOS to apply and broaden their current experience, primarily gained in nuclear and space projects
- The possibility –increased by current involvement– of participating when the time comes in tasks related with the detail design, construction management, licensing, etc., of the ITER

Finally, it is worth mentioning that the presence of the two companies in the Project can help to promote the participation of Spanish suppliers when construction of ITER commences, especially if it is built on a European site.

27 Annual Meeting !!

Remember
October
24 - 26
at
VALENCIA



SPANISH NUCLEAR SOCIETY 27 ANNUAL MEETING

Campoamor, 17
28004 MADRID (SPAIN)
Tel.: (+34) 91 308 6318
Fax: (+34) 91 308 63 44