

Situación actual y perspectiva de la energética nuclear

Texto: Susana García Pérez

Hasta mediados de septiembre de 1987 existían en el mundo un total de 406 reactores electronucleares funcionando, con una potencia eléctrica instalada de 283 823 MWe. La producción energética de esta importante capacidad se acrecienta por la peculiaridad de las centrales electronucleares (CEN) de suministrar energía en régimen base y por los altos valores de disponibilidad* logrados —entre un 61% y un 85%— para los diferentes tipos de reactores.

Teniendo en cuenta que la electricidad es aproximadamente la tercera parte del consumo de energía a nivel mundial y que la participación nuclear en su generación es alrededor del 16%, se puede afirmar que la contribución de la componente nucleoelectrónica en la energética global supera ampliamente el 1%, valor a partir del cual se considera que una tecnología energética está implantada.

El porcentaje de electricidad de origen nuclear se ha incrementado de forma ininterrumpida desde los inicios de la nucleoelectrónica hasta la actualidad. Este crecimiento de la participación nuclear no ha estado en correspondencia con los pronósticos, demasiado optimistas y sobrevalorados, no solo para este sector sino también para toda la energética. Dicha sobrevaloración estuvo motivada por una serie de factores, entre los que se destaca la crisis del petróleo de los años 70. No obstante, el grado de expansión de la nucleoelectricidad es superior al de la energética en su conjunto, lo cual le permite tener una participación importante en varios países y significativa a nivel global.

* Cociente entre la energía que puede producir un reactor en un espacio de tiempo determinado funcionando a la máxima potencia posible en cada momento y la que produce funcionando a la potencia nominal durante todo ese tiempo.

El período 1980–1986 se caracteriza por tener los ritmos más rápidos de crecimiento de la energética nuclear como fuente de electricidad, lo que se corresponde con el gran número de unidades que se comenzaron a construir en la década del 70. En los últimos años ha decaído el número de órdenes para grupos electronucleares, por lo que se esperan valores de crecimiento menores para principio de los años 90.

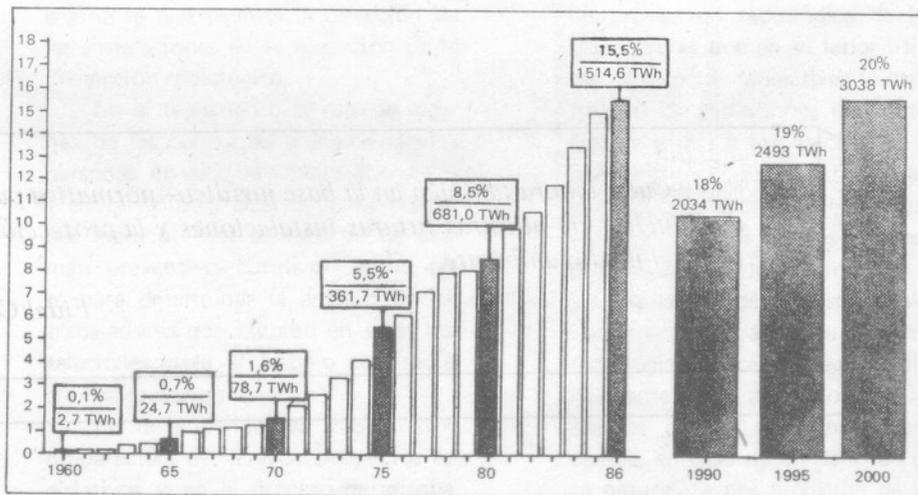
Diversas son las razones que han influido en los retrasos de los programas nucleares de reactores energéticos. Entre ellas están un crecimiento de la demanda de energía eléctrica menor que el esperado; elevados costos de inversión; problemas organizativos, de dirección y de regulación; ausencia de los recursos financieros necesarios; trabas legislativas al diseño y construcción de las CEN; largos plazos constructivos; ausencia de tecnologías apropiadas para el llamado Tercer Mundo; dificultades impuestas a la evacuación de desechos radiactivos y la pérdida de confianza en la energía nuclear por parte de la opinión pública de algunos países.

DEMANDA DE ELECTRICIDAD. FUENTES ENERGETICAS DISPONIBLES

Entre 1974 y 1984 en los países miembros de la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo se produjo un incremento del producto interno bruto del 27%, que estuvo acompañado por una pequeña disminución del consumo de energía primaria y un aumento del 30% del consumo de energía eléctrica. En un futuro inmediato se pronostica el crecimiento de la demanda de electricidad. Aunque actualmente estos países cuentan con exceso de reservas en la capacidad instalada, se prevé que esta disminuirá, ya que será necesario sustituir las obsoletas plantas de petróleo.

Los acelerados planes de desarrollo económico y social de los países de la comunidad socialista prevén un incremento apreciable de la demanda de electricidad y el aprovechamiento óptimo de los recursos no renovables.

Además, los países subdesarrollados tienen necesidades ingentes de energía primaria y eléctrica; en ellos el



Participación a nivel mundial de la energética nuclear en la generación de electricidad (1960–2000).

consumo de electricidad crece no solo más rápido que el correspondiente a las fuentes primarias, sino que alcanza ritmos superiores a los existentes en los países industrializados.

En estas condiciones, ¿cuáles son las fuentes energéticas disponibles y qué beneficios o riesgos reportan?

Los combustibles fósiles podrían mantener aún su posición dominante por algunas décadas pero su utilización implica perjuicios irreparables para el medio ambiente. Son bien conocidas las afectaciones negativas tales como el recalentamiento de la atmósfera (efecto de invernadero), la llamada lluvia ácida, la contaminación del aire, los desechos tóxicos y los daños en la capa de ozono. A todo lo anterior hay que agregar, por una parte, la poca eficiencia que tiene el empleo del petróleo como energético y su carácter insustituible como materia prima para la industria química y petroquímica. Por otra parte, el hecho de que el carbón presente una distribución muy desigual en el globo terráqueo y de que un importante volumen se pierda en su transportación —de por sí compleja y costosa— unido a su bajo valor energético trae consigo dificultades adicionales. Asimismo, como son fuentes no renovables, una vez agotadas las reservas el hombre no podrá contar con ellas nuevamente.

La utilización de las centrales hidroeléctricas presenta distintos inconvenientes: para construirlas es indispensable contar con un potencial hidráulico acorde con la potencia que se quiere obtener, lo cual limita las posibilidades de aquellos países que no poseen recursos hidráulicos apreciables; hay que ubicarlas en las regiones donde existen fuentes hidroenergéticas —en su mayoría, apartadas de los lugares de mayor demanda de energía—, lo que trae consigo grandes inversiones; y, además, estas centrales tienen una incidencia negativa en el ecosistema, pues en ocasiones se inundan importantes asentamientos forestales, provocando, además, pérdidas económicas.

En general, las llamadas nuevas fuentes de energía —biomasa, geotérmica, mareas, vientos, etc.— también inciden en el ambiente, y en la actualidad no está demostrada la viabilidad tecnológica y económica de estas.

Aun cuando se utilicen de forma racional los recursos energéticos y se emprenda un sostenido desarrollo de las fuentes renovables, no es probable que se puedan satisfacer las crecientes necesidades de energía a nivel mundial sin recurrir a la opción nuclear como complemento.

PARTICIPACION DE LA ENERGIA NUCLEAR EN EL SUMINISTRO ENERGETICO. DESARROLLO POR PAISES

La participación cada vez más significativa que tendrá la energía nuclear en el suministro energético a nivel mundial está avalada por una serie de elementos, entre los que se encuentran:

- Las centrales electronucleares en operación normal, a diferencia de las plantas que utilizan combustibles sólidos, se caracterizan por su inocuidad con respecto al medio.
- De acuerdo con cálculos efectuados la producción de energía nucleoelectrónica tiende a ser menos costosa que la carbóelétrica, siempre que existan períodos de construcción más cortos para las CEN. Esto no es válido para los emplazamientos situados cerca de las minas de carbón.
- Comparadas con las centrales convencionales, las CEN europeas tienen actualmente parámetros superiores de fiabilidad.
- Se amplían las posibilidades que reporta la energética nuclear debido a su utilización en la producción de vapor para la calefacción y los procesos industriales, y en la desalinización del agua de mar. Las fuentes nucleares de suministro de calor son competitivas con respecto a las instalaciones que queman combustible mineral o gaseoso. Las más altas inversiones básicas se compensan por el bajo

costo de producción de calor. Además, ellas representan ventajas indiscutibles para conservar la pureza del medio ambiente. La URSS es uno de los países que con mayor intensidad trabaja en esta dirección.

- La utilización de la energía nucleoelectrónica proporciona independencia energética. Pongamos por ejemplo el caso de Francia. En 1974 el país dependía en un 84% de las importaciones para el suministro de energía y en 1985 estas disminuyeron al 64%. Un 38% del suministro de energía primaria fue cubierto por electricidad de la que el 65% era de origen nuclear.

PARTICIPACION POR PAISES DE LA ENERGETICA NUCLEAR EN LA GENERACION DE ELECTRICIDAD HASTA EL 1ro DE AGOSTO DE 1987

País	Porcentaje
Argentina	11,3
Bélgica	67,0
Brasil	0,1
Bulgaria	30,0
Canadá	14,7
Checoslovaquia	21,0
EE.UU.	16,6
España	29,4
Finlandia	38,4
Francia	69,8
Hungría	25,8
India	2,7
Inglaterra	18,4
Italia	4,5
Japón	24,7
Países Bajos	6,2
Pakistán	1,8
RDA	11,6
República de Corea	43,6
RFA	29,4
Sudáfrica	6,8
Suecia	50,3
Suiza	39,2
Taiwan	43,8
URSS	10,0
Yugoslavia	5,4

El compromiso de las naciones capitalistas desarrolladas con la energética nuclear adquiere diferentes dimensiones de un país a otro. Mientras que Austria ha abandonado su programa nuclear, otros como Francia y Japón ejecutan ambiciosos proyectos.

La capacidad nuclear instalada en el mundo occidental continúa creciendo anualmente un aproximado del 5%, valor que disminuirá en los años 90 por la reducción del número de unidades electronucleares que se comenzaron a construir en los últimos años.

Estados Unidos —con el programa nuclear más amplio en cuanto a número de reactores funcionando y la capacidad nucleoelectrónica instalada, aproximadamente el 25% de las unidades electronucleares y el 31% de la potencia a nivel mundial— no tiene planificadas nuevas CEN hasta el presente. Los analistas afirman que la nucleenergética estadounidense se encuentra en una fase de estancamiento. Las razones que han motivado esta situación son las que se señalan para toda la energética nuclear —mencionadas anteriormente—, pero con incidencia muy aguda en el programa norteamericano.

Los elevados costos de inversión menoscaban el papel que pudieran desempeñar los costos inferiores del combustible nuclear en el ciclo del combustible. Las 22 CEN norteamericanas que entraron en funcionamiento entre 1983 y 1985 alcanzaron costos de construcción de 2300 dólares por kWe instalado.

Las razones del señalado encarecimiento son múltiples. Entre ellas se encuentra la elevación de los parámetros de seguridad y calidad, pues se han multiplicado los componentes de los sistemas y cada vez se hacen más exquisitas las revisiones de la construcción y el diseño. A esto se suma la existencia de un amplio y complejo mecanismo de licenciamiento que extiende los plazos constructivos considerablemente. Además, la industria nuclear norteamericana adolece de falta de coordinación y de estandarización tecnológica, lo cual se

manifiesta en una marcada tendencia a realizar modificaciones de diseño.

Bien diferente es el caso francés. En este país la participación nuclear en la producción de electricidad alcanza el 69,8%; y sus CEN, con reactores moderados y refrigerados por agua ligera a presión (PWR) de 900 MWe, lograron en 1985 una disponibilidad del 81%. La construcción de las unidades electronucleares está a cargo de una compañía nacional y de un solo consorcio administrador, lo que ha permitido un elevado nivel de integración y estandarización.

En los países miembros del CAME la participación nuclear en la producción de electricidad es superior al 10%. Encabezan la lista Bulgaria y Hungría con un 30% y un 25,8%, respectivamente. La URSS ha anunciado su propósito de alcanzar un 40% para el año 2000. Bulgaria se propone más del 50% y Checoslovaquia decidió que toda la capacidad eléctrica por instalar sea de origen nuclear.

Los países socialistas utilizan los reactores VVER-440 (reactor energético agua-agua perteneciente a la tecnología PWR) y VVER-1000 seriadados; además, en la URSS hay también CEN que trabajan con reactores moderados por grafito y refrigerados por agua ligera en ebullición, del tipo canal, RBMK. Para 1990 está planificado poner en operación comercial cerca de 20 unidades con reactores VVER-440, en Cuba, Hungría, Polonia, RDA y Checoslovaquia.

Se han obtenido muy buenos resultados con los reactores soviéticos VVER-440 instalados en la mayoría de los países del campo socialista. Estos reactores estabilizan el factor de carga** después de tres años de operación. La construcción seriada de las unidades electronucleares, rasgo característico de los proyectos soviéticos, permitirá reducir dicho período y mejorar considerablemente otros parámetros.

** Relación entre la energía que ha producido un reactor en un período determinado y la que habría producido de haber funcionado a la potencia nominal durante todo el tiempo.

La reciente introducción de los VVER-1000 seriadados (denominados también proyecto unificado) permite pasar a la construcción escalonada de los bloques energéticos, con lo que disminuyen los plazos de construcción. Como resultado de esto se elevará sustancialmente la productividad del trabajo al repetirse las operaciones en cada bloque por brigadas especializadas.

No obstante, en los países socialistas existen dificultades en los proyectos nucleares. En este sentido se trabaja por disminuir los gastos de hormigón armado y metal y por reducir el tamaño de las áreas de trabajo y el de las instalaciones. Estos parámetros son mejores en CEN similares occidentales.

La URSS no construirá nuevas centrales electronucleares con reactores RBMK, decisión tomada después del accidente de Chernobil. Esta tecnología, costosa por su alta complejidad, se ha encarecido aún más por las limitaciones impuestas a causa de la avería. Estas limitaciones disminuyen la eficiencia económica a fin de garantizar mejores parámetros de seguridad. Las modificaciones operacionales realizadas incrementaron en un 12% sus costos de producción.

El desarrollo nucleoelectrónico soviético no se verá afectado por esta situación debido a los escasos proyectos de RBMK previstos, pues de las 36 unidades planificadas solamente cuatro correspondían a dicha tecnología.

La mayoría de las naciones subdesarrolladas no disponen de recursos energéticos y tienen necesidad de energía en sus diversas formas —dentro de ellas fundamentalmente la componente de electricidad— para desarrollar sus economías. La energética nuclear, una de las opciones posibles, no ha alcanzado los ritmos de expansión necesarios, y se caracteriza por estar muy concentrada en un pequeño grupo de países y por tener un bajo nivel de incidencia. Un total de siete países poseen reactores nucleares funcionando y tres construyen sus primeras CEN. Excepto Taiwan y Corea del Sur, en el resto del mundo subdesarrollado la participa-

ción de la nucleoelectricidad en el suministro de energía eléctrica es muy baja.

Según estimaciones realizada hasta 1990, el crecimiento de la capacidad nucleoelectrica en los países subdesarrollados será de 12,7 GWe, lo que representa el 10% del crecimiento previsto para todos los países.

La utilización de la nucleoenergética en las regiones subdesarrolladas depende de varios factores infraestructurales que cuestionan, moderan o limitan la capacidad de este grupo de países para emprender el desarrollo nuclear:

- Tamaño adecuado y estabilidad de las redes de distribución.
- Disponibilidad de mano de obra calificada a todos los niveles.
- Estructuras organizativas de planificación, toma de decisiones, regulación, ejecución y operación de proyectos.
- Apoyo de la industria nacional.
- Financiamiento.

Aun cuando existe una gran demanda insatisfecha de energía eléctrica, la ausencia de los factores infraestructurales mencionados anteriormente ha imposibilitado la instalación de CEN. Además, la aguda crisis económica por la que atraviesan estos pueblos no les permite iniciar —y, en algunos casos, continuar— sus programas nucleares.

Dentro de las naciones que emprenden el desarrollo de la energética nuclear, ocupa un lugar destacado el programa cubano, el cual prevé transferir a centrales electronucleares más del 25% de la producción nacional de electricidad en un período de 15 años.

PERFECCIONAMIENTO DE LA TECNOLOGIA ACTUAL. NUEVAS OPCIONES

En el desarrollo energético nuclear uno de los criterios más generalizados plantea la conveniencia de perfeccionar la tecnología actual en lugar de buscar nuevas opciones, las cuales tendrían que enfrentarse a nuevos problemas y difícilmente podrían alcanzar características comerciales en los

próximos años. Esto está fundamentado en el hecho de que ya están en funcionamiento del 60% al 70% de los reactores energéticos que estarán en operación en el año 2000 por lo que es necesario dirigir los esfuerzos principales hacia una mejor seguridad operacional y el perfeccionamiento de sus características.

A corto plazo se pronostica que —excepto unos cuantos países que desarrollarán la tecnología canadiense de los reactores refrigerados y moderados por agua pesada a presión (PHWR) e Inglaterra que pudiera seguir empleando los reactores avanzados refrigerados por gas y moderados por grafito (AGR)— todos los programas de electricidad nuclear se apoyarán en los reactores de agua ligera (LWR), tecnología a la que pertenecen los PWR y los reactores moderados y refrigerados por agua ligera en ebullición (BWR).

El desarrollo fundamental de la energética nuclear se ha sustentado especialmente en los PWR y aunque han sufrido los mismos efectos de las cancelaciones y las restricciones a numerosos programas, han continuado su expansión.

Las razones de esta situación se pueden resumir en que los países con una política nuclear más firme han optado por la tecnología PWR, como son, por ejemplo, Francia y los amplios programas nucleares de los países socialistas con reactores VVER que comienzan su implantación masiva en los límites de la década del 70 con la del 80.

Más del 50% de los reactores energéticos que operan en el mundo son PWR y aproximadamente el 71%

de los que se construyen pertenecen a dicha tecnología. Además, de las 150 unidades nucleares planificadas hasta el 31 de diciembre de 1986, un total de 69 corresponden a los reactores PWR; queda pendiente la definición de 11 unidades.

Según datos del OIEA hasta el año 1985 los PWR presentaban factores de carga comprendidos entre el 65% y el 73%, y factores de disponibilidad entre el 66% y el 74%.

La elevada participación que tienen los LWR en la generación de nucleoelectricidad ha motivado que se lleven a cabo una serie de investigaciones para adecuar las CEN a las nuevas exigencias y condiciones de trabajo, y que se consideren nuevos términos para evaluar el comportamiento de estas.

La mayoría de los trabajos que se realizan están vinculados con la seguridad de los reactores ya que esta es una de las cuestiones que más preocupa a la opinión pública debido, fundamentalmente, a su desconocimiento de las normas de seguridad que rigen la operación de las instalaciones nucleares y a los accidentes ocurridos en la Isla de las Tres Millas (EE.UU.) y Chernobil (URSS), donde estuvieron presentes, como factor determinante, los errores humanos.

Toda actividad industrial entraña determinados riesgos, por lo tanto la industria nucleoelectrica no está exenta de ellos. Las centrales nucleares están diseñadas de tal forma que cese la reacción en cadena si se sobrepasan los parámetros normales de trabajo y cuentan con numerosas barreras que impiden los escapes radiactivos en caso de averías.

REACTORES EN OPERACION POR TIPO DE TECNOLOGIA NUCLEOELECTRICA EL 31 DE DICIEMBRE DE 1986

PWR	207	PHWR	26
BWR	83	LWGR	26
GCR	33	HTGR	3
AGR	10	FBR	7

La experiencia ha demostrado que los múltiples sistemas para ejercer las funciones de seguridad tienen aún una gran dependencia de la actuación correcta del operador por lo que los nuevos diseños de reactores incluyen la refrigeración pasiva, es decir, en caso de un accidente con pérdida del refrigerante, las condiciones estructurales permiten que el calor generado por los productos de fisión se disipe mediante procesos naturales de transmisión térmica sin necesidad de que intervengan sistemas de refrigeración forzada ni operadores para activarlos.

En Occidente se ha desarrollado un nuevo diseño de PWR denominado reactor avanzado de agua a presión (APWR). El proyecto incluye una zo-

la pérdida de este no deja el combustible al descubierto de forma inmediata. Todas estas condiciones permiten que el volumen de agua superior tarde más tiempo en entrar en ebullición, lo que posibilita a los operadores tener más tiempo para responder a una avería.

Varias compañías norteamericanas y japonesas están trabajando en un reactor avanzado de agua ligera en ebullición (ABWR) de 1300 MWe. Este diseño incluye la eliminación de los lazos de recirculación, la simplificación de los sistemas, la instrumentación con fibras ópticas, una vasija un 40% más pequeña, el perfeccionamiento de la seguridad, entre otros cambios.

Entidades nacionales de EE.UU. y de otros países llevan a cabo el progra-

trabajos de operación y mantenimiento en la generación energética inferior a 6,5 c/kWh.

— Disminución de la exposición del personal ocupacionalmente expuesto.

Además, se prevé una simplificación significativa de los sistemas y mejores condiciones para la construcción, operación y mantenimiento.

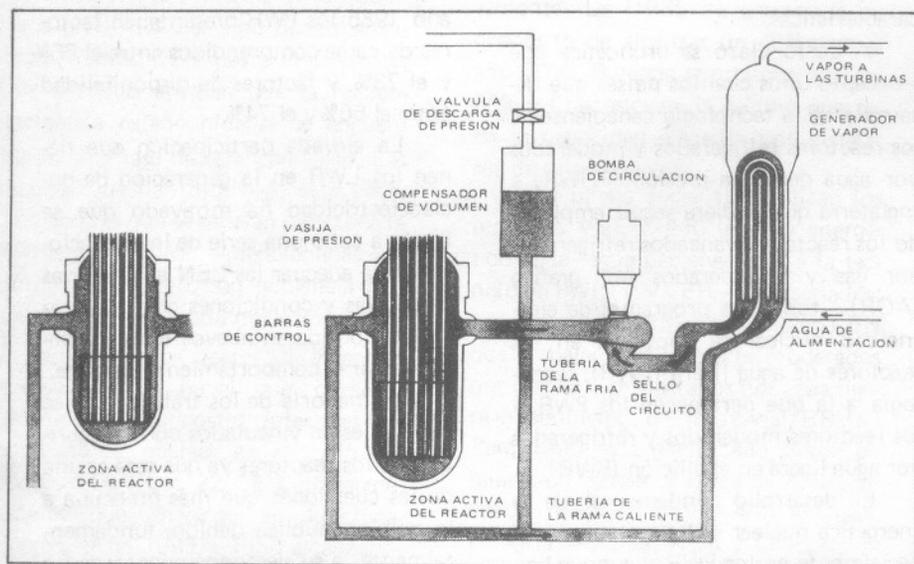
Una de las exigencias que deben enfrentar los futuros diseños está relacionada con la necesidad de que las CEN sean capaces de responder a las fluctuaciones de la demanda de electricidad sin que se afecte el funcionamiento de su equipamiento ni los parámetros seguros de trabajo. Con este objetivo se realizan ensayos en los PWR franceses y alemanes y en los VVER soviéticos.

El desarrollo ulterior de los VVER prevé la ampliación de su utilización en la energética a través de las centrales termoeléctricas nucleares (CTN) y las centrales nucleares de calefacción (CNC). Las CTN, además de generar energía eléctrica, suministrarán grandes cantidades de calor. Las CNC producirán vapor para la industria y para la calefacción centralizada. Las primeras CNC y CTN se construyen en la URSS.

Nuevas perspectivas se abren a la energética nuclear con el desarrollo de los reactores reproductores con agua ligera como refrigerante (LWBR), los cuales se basan en la tecnología PWR. Este tipo de reactor prevé utilizar como combustible el torio.

Existe entre los proveedores un creciente interés por los reactores de pequeña y mediana potencia (SMPR), diseños sustentados en los PWR y que presentan ventajas apreciables para los países con redes pequeñas. Su desarrollo en las naciones industrializadas podría mitigar las pérdidas financieras en períodos de crecimiento lento de la demanda de energía eléctrica.

Paralelamente al desarrollo de nuevos conceptos en los LWR, se incursiona en otras tecnologías, como son los diseños modulares de los reactores de alta temperatura refrigerados por gas y de los reproductores rápidos refrigerados por metal líquido, en las



Comparación entre un PWR (izquierda) y un APWR.

na activa mayor y una vasija de presión más profunda. En presencia de iguales potencias unitarias el aumento del tamaño de la zona activa, con respecto a los diseños actuales, implica una menor densidad de potencia, por lo que en caso de pérdida del refrigerante el calor residual liberado por los productos de fisión produce un incremento más lento de la temperatura en el interior de esta zona. Una mayor profundidad en la vasija de presión permite que la zona activa esté situada a un nivel muy por debajo de las tuberías de entrada del refrigerante, por tanto

ma de desarrollo de los reactores avanzados de agua ligera (ALWR). Entre las características más significativas de este diseño se encuentran:

- Una disponibilidad superior al 87%.
- Salidas planificadas inferiores a 30 días por año.
- Recargas del combustible cada dos años.
- Período de construcción de 48 meses.
- Tiempo de vida útil de la CEN igual a 60 años.
- La suma de los costos capitales, del ciclo del combustible y de los

que están previstas la utilización de la seguridad pasiva y una producción de electricidad entre los 100 MWe y los 150 MWe.

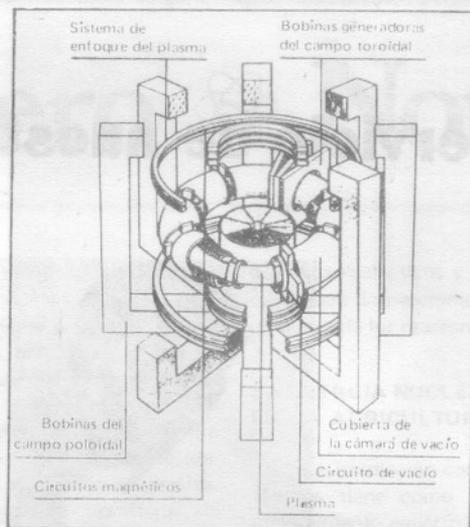
Los reactores de alta temperatura, desarrollados en un inicio en la RFA y EE.UU., resultan atractivos no solo porque generan vapor de altos parámetros, sino también porque prometen alta eficiencia térmica, pequeño impacto ambiental, elevada seguridad inherente y eficiencia en la utilización del combustible.

Hasta el presente se han desarrollado reactores reproductores rápidos (FBR) de potencia superior a los 500 MWe, en la URSS y Francia. En este último país se conectó a la red en 1986 el mayor FBR instalado en el mundo, el Superphoenix, un reactor de 1200 MWe, que no pudo ser considerado como prototipo comercial debido a los altos costos de su diseño. El hecho de que actualmente estos reactores sean caros y de que aún se cuente con relativa abundancia de combustible nuclear, reduce su atractivo frente a los LWR. Además, existe preocupación porque su expansión facilitarían la proliferación nuclear.

Los trabajos acerca del control del proceso de síntesis termonuclear tienen como objetivo poner al servicio del hombre una fuente de energía prácticamente inagotable. La energía producida a partir de la fusión tiene la peculiaridad de que sus productos finales no son tóxicos ni radiactivos y aunque el reactor debe estar rodeado de un blindaje contra la radiación neutrónica, su funcionamiento no está amenazado por posibles salidas de régimen no controlables.

Para la utilización industrial de esta fuente de energía es necesario lograr el control de la reacción de síntesis termonuclear y esto requiere el cumplimiento de varias condiciones a la vez: calentar el plasma hasta 100 millones de grados K, aproximadamente, asegurarle una alta densidad y retenerlo durante un tiempo determinado.

Hasta el presente se plantean dos alternativas para lograr la fusión controlada y autosostenida: el confina-



Instalación TOKAMAK

miento magnético (baja densidad, confinamiento largo) y el confinamiento inercial (densidad elevada, confinamiento corto). La vía magnética—desarrollada en las instalaciones TOKAMAK (cámara magnética toroidal) de origen soviético— registra progresos más continuados y tiene mejores perspectivas. La fusión inercial por rayos láser o por haces de partículas cargadas presenta ventajas con respecto al primer método, pero las investigaciones se encuentran en su fase inicial y tienen que resolver aún numerosas interrogantes.

Actualmente, los trabajos en fusión magnética están dirigidos a lograr las tres condiciones necesarias simultáneamente, para lo cual se han diseñado nuevos y potentes TOKAMAK en la URSS, EE.UU., Japón y países de Europa occidental. La Unión Soviética, además de ser uno de los países iniciadores de las investigaciones en este campo, es la promotora de la colaboración internacional.

Pronósticos optimistas señalan la posibilidad de que en los años 90 se demuestre la factibilidad científica de la fusión. Queda aún por recorrer un difícil camino para comprobar si es tecnológica y económicamente posible. Esto significa que el desarrollo energético nuclear dependerá aún por mucho tiempo de la fisión.

A la vez que se trabaja por perfeccionar los diseños existentes o desarrollar nuevos tipos de reactores, se pro-

ponen otra serie de medidas para lograr una reducción considerable de los costos de inversión y la aceptación de la opinión pública.

Se plantea la conveniencia de realizar de forma seriada la construcción de unidades electronucleares, factor hasta el presente solo desarrollado en Francia y la URSS para la tecnología PWR. Además, la experiencia demuestra las ventajas que reporta efectuar la mayor parte de la fabricación en los talleres y no en el emplazamiento de la CEN, lo cual permite un incremento de la productividad y la calidad. Esto último sería más provechoso para los SMPR, aunque las plantas grandes podrían verse favorecidas con diseños modulares.

La energética a partir de la fisión nuclear es una realidad. Su participación en la electricidad total producida, y la prevista para los próximos años—un 18% para 1990 y un 20% para el 2000— así lo demuestran. Las fuentes de energía que dependen de un combustible, cuyas reservas se encuentran en la naturaleza de forma limitada, solo pueden contribuir al suministro energético durante un determinado período, hasta tanto no se agoten estos recursos, tal es el caso del petróleo y el carbón. La energía nuclear a partir de la fisión no se aparta de esta regularidad, pues aunque presenta ventajas con respecto a las fuentes convencionales por el alto contenido energético del combustible nuclear y la posibilidad de generar en los reactores reproductores materiales fisibles a partir de los fértiles, las reservas de uranio en la naturaleza son limitadas. Debido a esto su utilización se considera una etapa transitoria en la búsqueda de mejores opciones.

Entre las nuevas alternativas se encuentran las fuentes renovables, de las cuales se distingue la energía proveniente de la fusión nuclear. Su empleo liberaría al hombre de la dependencia energética de un recurso que tiene limitaciones, ya que los combustibles primarios de la fusión—deuterio y tritio— son abundantes y prácticamente inagotables. Además, su explotación es ecológicamente satisfactoria.