

CAPÍTULO QUINTO

**LA ENERGÍA NUCLEAR ANTE
EL MERCADO ÚNICO**

LA ENERGÍA NUCLEAR ANTE EL MERCADO ÚNICO

POR JUAN E. IRANZO MARTÍN

La energía nuclear de fusión en el mundo actual

Desde hace tres decenios, la Humanidad ha iniciado una nueva era tecnológica y energética —la nuclear— y, como al comienzo de otras de similar importancia, las reacciones de hostilidad y las posiciones que defienden a ultranza el empleo de la nueva energía se mezclan y chocan de forma, a veces, bastante airada. Estos fenómenos no deben sorprender, pues son en buena medida una repetición de los que sucedieron al comienzo de la «Revolución Industrial» contra el maquinismo o de los que ocurrieron cuando algunos intentaron oponerse con demasiada emotividad, mucho apego a lo tradicional y escasos argumentos objetivos a la implantación del ferrocarril. Pero sería demasiado simplista por nuestra parte reducir el conflicto apuntado a una elemental pugna entre defensores del progreso técnico y reaccionarios, pues el trasfondo de la energía nuclear es bastante más complejo, al incidir sobre algunas de las preocupaciones básicas que actualmente tiene planteadas la Humanidad.

Las ventajas de la energía nuclear, desde la perspectiva de su utilización como materia prima energética (1), se pueden centrar en tres puntos. En primer lugar, en el proceso de fisión se libera una gran cantidad de energía por unidad de masa del combustible nuclear; para el caso del U 235, esta energía es de 210 Mev, cantidad que contrasta con la producida por la misma masa de carbón, 4 ev; de ello se deduce que la fisión del uranio posee un rendimiento energético 52,5 millones de veces superior al obtenido

(1) Existen otras importantísimas ventajas en campos científicos ajenos al nuestro, como el de la medicina, en las que por razones obvias no entramos, aunque deban ser tenidas en cuenta en una evaluación global de lo que esta energía significa en el mundo actual.

por la combustión de igual masa de carbón. En segundo lugar, la reacción de fisión, iniciada por neutrones generados por una fuente externa —acelerador de partículas— origina la liberación de más neutrones que garantizan la continuidad del proceso, o reacción en cadena. En tercer lugar está el hecho de la no desaparición o agotamiento del combustible nuclear utilizado en las centrales, pues éste se transforma o fisiona, restando una compleja masa de combustible irradiado, el cual puede ser sometido a un conjunto de operaciones —habitualmente conocidas con el nombre genérico de reprocesado— mediante las cuales es factible separar productos fisionables —susceptibles de volver a ser utilizados como combustibles tras reinsertarlos en el ciclo— de otras sustancias que asocian a la pobre categoría de desechos la peligrosa condición de radioactivos.

Desde la entrada en operación, a mediados de la década de los años 50, de las primeras centrales nucleares productoras de electricidad, el progreso de esta energía ha sido continuo, sobre todo en los países industriales, tanto de economía de mercado, como de economía de planificación central. Las buenas expectativas presentadas ya fueron expuestas en la «Primera Conferencia Internacional de la Energía Atómica con fines Pacíficos», celebrada en Ginebra en el año 1955, y se derivan, primero del alto poder energético del uranio en relación con otras materias primas energéticas tradicionales; segundo, de la posibilidad técnica de optimizar el rendimiento de la materia prima mediante el empleo del plutonio obtenido en el reprocesado del combustible irradiado en reactores rápidos reproductores; tercero, de la rentabilidad económica por el bajo coste de combustible. En un informe del secretario general de las Naciones Unidas, del año 1958, se ponía de manifiesto el bajo coste de generación de energía eléctrica mediante reactores nucleares, estableciéndose que estas ventajas irían aumentando a media que se pusieran en operación reactores de mayor tamaño.

La evolución de esta energía se puede establecer desde el punto de vista cuantitativo en los siguientes puntos:

- 1) El fuerte aumento dentro del Balance Energético Mundial, pasando del 1,4 % al 4,7 %, lo que le sitúa a niveles cercanos a la hidroeléctrica. Esta participación es mucho mayor en la CEE, donde actualmente representa del orden del 12 %.
- 2) El extraordinario crecimiento de la potencia instalada —casi un 300 %— que pasa del 75,1 a 298 Gwe, en algo más de 10 años con algo más del 10 % de la capacidad mundial de generación de energía eléctrica. La potencia instalada en la CEE representa el 30 % del total mundial, cuadro 1, p. 128.

- 3) El número de grupos nucleares conectados a la red se ha incrementado en 261 unidades más, lo que representa el 65 % de las 417 en funcionamiento a finales del año 1987.
- 4) La producción electronuclear ha ido incrementando paulatinamente la participación en la generación de energía eléctrica en la mayoría de los Países Comunitarios propietarios de centrales nucleares, especialmente en Francia, que en un 69,8 % ocupa el primer país del mundo en cuanto a presencia nuclear en el sector eléctrico, cuadro 2, 129.

Desde la primera crisis energética hasta la actualidad, el desarrollo de la energía nucleoelectrica es bastante peculiar, pues si, por una parte, los indicadores cuantitativos muestran espectaculares avances, por otra, surge toda una serie de problemas que cuestionarán incluso el futuro de esta energía.

Estos datos dan una imagen real pero incompleta de lo sucedido en los últimos 10 años, pues si, por un lado, es incuestionable la continuidad del extraordinario desarrollo de la energía nuclear iniciado en los años 50 (incluso en esta época se acelera en varios aspectos), por otro, es un hecho evidente que esta energía es objeto de fuerte controversia, convirtiéndose en el blanco preferido de los grupos ecologistas y de ciertos medios de comunicación proclives a dramatizar y exagerar cualquier incidente nuclear hasta convertirlo en siniestro. Todo ello ha terminado por afectar a su desarrollo, aunque existen otros factores que también han influido en la crisis de crecimiento de la energía electronuclear.

La fuerte elevación de los precios de los crudos inicialmente supuso un poderoso acicate para la construcción de centrales nucleares, pues existían sólidos argumentos a favor de esta energía, a la que se consideraba generalizadamente como la destinada a sustituir a largo plazo al petróleo. El auge constructor del bienio 1974-1975, con 75 unidades comenzadas, pareció confirmar esos efectos positivos, al menos a corto plazo. Sin embargo, al generalizarse la crisis económica la situación cambió, pues, al quedar frenado el crecimiento económico, la demanda de electricidad dejó de crecer al ritmo al que hasta entonces lo había hecho. En numerosos países se comprobó que se necesitaba ampliar la capacidad de generación eléctrica bastante menos de lo previsto en los años de euforia, por lo que los programas de construcción de centrales se vieron frenados.

A ello debe agregarse que la inflación generalizada y el fuerte incremento de los tipos de interés redujeron bastante el atractivo de una inversión tan elevada como la necesaria en centrales nucleares.

Cuadro 1. Evolución de la potencia nuclear instalada y del número de unidades por países en Mw(e).

País	1960			1973			1980			1984			1986		
	Núm. de centrales	Potencia	Núm. de centrales	Núm. de centrales	Potencia	Núm. de centrales	Núm. de centrales	Potencia	Núm. de centrales	Núm. de centrales	Potencia	Núm. de centrales	Núm. de centrales	Potencia	
Estados Unidos	297	2.817	21.118	39.794	56.490	71	81	67.362	99	84.592					
Francia	97	1.271	2.858	2.893	14.394	22	42	34.986	49	44.693					
Unión Soviética	105	1.226	3.509	4.898	14.000	35	37	21.885	50	27.637					
Japón	—	179	1.296	6.615	15.689	24	28	19.856	35	25.821					
República Federal de Alemania	—	888	2.414	3.293	8.625	14	14	12.933	21	18.947					
Canadá	—	240	2.666	2.666	5.866	11	14	8.979	18	11.249					
Reino Unido	360	4.648	4.281	4.547	6.458	33	35	10.960	38	10.222					
Suecia	—	—	472	2.522	4.616	8	10	7.215	12	9.455					
España	—	153	1.120	1.120	1.120	3	7	4.882	8	5.599					
Bélgica	—	—	—	1.166	1.166	3	5	3.621	8	5.486					
Corea del Sur	—	—	—	—	587	3	3	1.916	7	5.380					
Taiwán	—	—	—	—	1.230	2	5	4.194	6	4.918					
Suiza	—	—	1.006	1.006	1.940	4	4	2.034	5	2.932					
Checoslovaquia	—	—	—	114	880	2	3	1.320	7	2.799					
Finlandia	—	—	—	—	2.296	4	4	2.296	4	2.310					
Sudáfrica	—	—	—	—	—	—	1	920	2	1.842					
República Democrática Alemana	—	75	775	950	1.836	5	5	1.836	5	1.694					
Bulgaria	—	—	—	880	890	2	4	1.760	4	1.632					
Italia	—	642	551	551	552	3	4	1.490	3	1.273					
India	—	—	640	640	860	4	4	860	6	1.154					
Hungría	—	—	—	—	—	—	1	440	3	1.235					
Argentina	—	—	—	340	370	1	2	1.005	2	935					
Yugoslavia	—	—	—	—	—	—	1	664	1	632					
Brasil	—	—	—	—	—	—	1	657	1	626					
Holanda	—	—	—	50	537	2	2	540	2	507					
Pakistán	—	—	137	137	137	1	1	137	1	125					
Total	859	12.193	42.873	74.142	140.529	255	318	215.248	397	273.715					

Fuente: Elaboración propia con datos para 1960-80, del «Energy Statistick Yearbook», de las N.U.; para 1984 y números centrales en 1980 «Nucleonics Week» y para 1986, SIPP de la O.I.E.A. (se excluyen centrales menores de 50 Mwe y austriaca construida y que no entrará en operación).

Cuadro 2.—Contribución nuclear a la producción de electricidad por países (tanto por ciento)

Países	1987	1986	1985
Francia	69,8	69,7	64,8
Bélgica	66,0	67,2	59,8
República de Corea	53,3	43,6	23,2
Taiwan, China (*)	48,5	43,8	53,1
Suecia	45,3	50,3	42,3
Hungría	39,2	25,8	23,6
Suiza	38,3	39,2	39,8
Finlandia	36,6	38,4	38,2
República Federal de Alemania	31,3	29,4	31,2
España	31,2	29,4	24,0
Japón	29,1	24,7	22,7
Bulgaria	28,6	30,0	31,6
Checoslovaquia	25,9	21,1	14,6
Estados Unidos	17,7	16,6	15,5
Reino Unido	17,5	18,4	19,3
Canadá	15,1	14,7	12,7
Argentina	13,4	11,3(*)	11,7
Unión Soviética	11,2	10,1(*)	10,3(*)
República Democrática Alemana	9,7(*)	9,7(*)	11,2
Yugoslavia	5,6	5,4	5,2
Holanda	5,2	6,2	6,1
Sudáfrica	4,5	6,8	4,2
India	2,6	2,7	2,2
Pakistán	1,0(*)	1,8	1,0
Brasil	0,5	0,1	1,6
Italia	0,1	4,6	3,8

Fuente: Sistema de información de Reactores Nucleares del IAEA.

(*) Estimaciones.

Adicionalmente, las presiones de los grupos contrarios a este tipo de energía terminaron afectando a los costes de construcción y explotación, elevándolos; a la vez, generarán incertidumbres insoportables para algunas empresas eléctricas. Bastantes Gobiernos occidentales, en su intento de contemporizar con todos, por un lado, admitirán la necesidad de esta energía, pero, por otro, impondrán a la industria nuclear normativas y reglamentaciones de seguridad con elevadísimas exigencias, sin paralelo respecto a lo reclamado de otras actividades económicas asimismo peligrosas. En algunos casos, como en el de España, se establecen moratorias en la continuidad de la construcción de centrales ya comenzadas, con grave quebranto económico para las empresas y para los consumidores, que verán en el futuro encarecida la electricidad.

En un contexto como el descrito en los párrafos anteriores debe inscribirse el accidente de la central de *Three Mile Island* (TMI), situada cerca de la costa este de los Estados Unidos, primero de cierta gravedad ocurrido en una instalación electronuclear (2).

Aunque el accidente puso de manifiesto de forma clara que las medidas de seguridad a ultranza con las que se construyen y operan las centrales de occidente reducen los riesgos a valores mínimos, aún en situaciones límite, como lo prueba el hecho de que los daños sobre el medio ambiente y la población cercana a la central fueron irrelevantes (3) y únicamente fueron importantes en el núcleo del reactor, lo cierto es que el suceso conmocionó a la opinión pública y a la industria nuclear en todo el mundo, cuadro 3.

El accidente de la central TMI hizo que las tendencias de rechazo de la energía nuclear, ya apuntadas a mediados de la década de los años 70, se ampliarán y consolidarán. Aunque la potencia instalada en centrales nucleares siguió aumentando a medida que entraban en explotación los grupos iniciados en la época anterior, el comienzo de nuevas construcciones se redujo y algunos proyectos encargados o incluso en construcción fueron suspendidos o cancelados. Sin embargo, no todas las consecuencias del accidente de la central TMI han sido negativas, pues los conocimientos adquiridos tras su concienzudo estudio se han traducido en mejoras en el diseño, la construcción y la explotación de centrales nucleares.

Las actitudes ante el accidente de la central TMI han diferido bastante según los países. En algunos casos, como en el de Francia, se han mantenido programas de construcción bastante dinámicos; en otros, como en el de Suecia, se han detenido; finalmente, en los más, se prosiguió con programas más reducidos. Claro que en ello no sólo han influido las preocupaciones por la seguridad de las centrales nucleares, sino también otros factores ya reseñados, como limitaciones financieras, desaceleración de la demanda de electricidad, etc.

Dentro de las tendencias apuntadas, resulta bastante llamativo el hecho de que todos los países —excepto Finlandia— incorporados al selecto club electronuclear desde el año 1976 sean socialistas o pertenezcan al grupo de los calificados como en vías de desarrollo. Incluso los que en un futuro inmediato se incorporarán al club, por tener en un avanzado grado de

(2) La relación de los principales accidentes en centrales nucleares, junto a un amplio resumen de lo que supuso el de la central TMI, puede verse en f.a.e. (1987), o.c., pp. 183-184.

(3) La ciudad de Harrisburg, con 70.000 habitantes, está a unos 16 km al suroeste de la central.

Cuadro 3.—Programas nucleares en el Mundo (31 de diciembre de 1987)

País	En operación			En construcción	
	Núm. unidades	Capacidad neta (Mwe)	Año/reactor acumulado años/meses	Núm. unidades	Capacidad neta (Mwe)
Argentina	2	935	18/7	1	692
Bélgica	7	5.447	79/7	—	—
Brasil	1	626	5/9	1	1.245
Bulgaria	5	2.585	38/8	2	1.906
Canadá	18	12.142	188	4	3.524
China	—	—	—	2	1.188
Cuba	—	—	—	2	816
Checoslovaquia	8	3.207	36/1	8	5.120
Finlandia	4	2.310	35/4	—	—
Francia	53	49.828	434/6	10	13.410
República Democrática Alemana	5	1.694	67/5	6	3.432
República Federal de Alemania	21	18.947	256/6	4	4.047
Hungría	4	1.645	10/2	—	—
India	6	1.154	66/8	8	1.760
Rep. Islámica Irán	—	—	—	2	2.392
Italia	2	1.120	75/10	3	1.999
Japón	36	26.888	357/5	12	10.692
República de Corea	7	5.380	28/7	2	1.800
México	—	—	—	2	1.308
Holanda	2	507	33/9	—	—
Pakistán	1	125	16/3	—	—
Polonia	—	—	—	2	880
Rumanía	—	—	—	3	1.980
Sudáfrica	2	1.842	6/3	—	—
España	9	6.529	72/11	1	990
Suecia	12	9.646	123/2	—	—
Suiza	5	2.932	63/10	—	—
Taiwan, China	6	4.884	38/1	—	—
Unión Soviética	56	33.616	631/11	28	25.098
Reino Unido	38	10.294	770/10	4	2.520
Estados Unidos	106	92.982	1.154/4	13	14.844
Yugoslavia	1	632	6/3	—	—
TOTAL MUNDIAL	417	297.927	4.616	120	101.643

Fuente: Sistema de Información de Reactores Nucleares del OIEA.

Nota: Los años/reactor son acumulados desde la fecha de conexión a la red. Los totales incluyen los años de operación de las unidades que han sido cerradas permanentemente.

construcción sus centrales —nos referimos a China, Filipinas, Méjico, Polonia y Rumanía— encajan a la perfección dentro de los dos grupos citados, cuadro 4.

Cuadro 4.—Programas nucleares en la CE 31 de diciembre de 1987.

País	En operación		En construcción	
	Número unidades	Capacidad neta (Mwe)	Número unidades	Capacidad neta (Mwe)
Bélgica	7	5.477	—	—
Francia	53	49.828	10	13.410
República Federal de Alemania	21	18.947	4	4.047
Italia	2	1.120	3	1.999
Holanda	2	507	—	—
España	9	6.529	1	990
Reino Unido	38	10.294	4	2.520
TOTAL CEE	132	92.702	22	22.966

Fuente: Sistema de Información de Reactores Nucleares del OIEA.

Nota: Los años/reactor son acumulados desde la fecha de conexión a la red. Los totales incluyen los años de operación de las unidades que han sido cerradas permanentemente.

Por último aludiremos a otros aspectos de interés que añadir al citado de la ampliación a 26 del número de países con centrales de este tipo en primer lugar, los reactores de la familia LWR se consolidan como los preferidos, pues tres de cada cuatro en funcionamiento pertenecen a esta clase. A su vez, dentro de ella predominan los PWR sobre los BWR, en una relación 5/2. Segundo, los tiempos de construcción de los grupos nucleares sufren un importante alargamiento en promedio, pasándose de unos 5 años a 8 o incluso a 10. Tercero, el tamaño medio de las unidades que entran en operación, tras alcanzar un máximo a finales de los años 70, decae a comienzos de los años 80. Tal conclusión no es demasiado relevante porque la media es poco significativa. Así, en los países industriales la tendencia apunta hacia unidades cada vez mayores —con más de 1.000 Mwe— en centrales con varios grupos, al surgir economías de escala; y, en tal sentido, desde 1986, los Estados Unidos, Francia y la República Federal de Alemania han conectado a la red de centrales de hasta 1.300 Mwe. Por el contrario, en casi todos los países en vías de desarrollo y en la Europa del Este, las unidades preferidas oscilan entre los 400 y los 600 Mwe.

La energía nuclear en España

El proceso de industrialización que se produjo en España durante la década de los años 60 se basó tanto en sectores altamente consumidores de energía como de tecnología intensiva en el factor energético, por el bajo coste de éste durante el período 1960-1974. Es por ello por lo que la elasticidad de la renta de la demanda de energía primaria en nuestro país, durante este período, fue muy superior a la media de los países de la OCDE. El consumo de energía primaria aumentó, durante el período de expansión (1961-1974), un 170 %. Asimismo, se produjo la sustitución del carbón nacional por petróleo importado como principal materia prima de nuestro balance energético, debido al mayor poder energético de este último, a la aparición de consumos específicos (4) y a la crisis del sector carbonero español, a causa de su excesiva atomización. Todo ello provocó un fuerte aumento de la vulnerabilidad de un sector de tanta importancia estratégica como es el energético.

Para poder garantizar el abastecimiento a los rápidos incrementos en la demanda energética, se decidió emplear la energía nuclear de fisión, dada la escasez de otros recursos energéticos tradicionales en nuestro suelo y las buenas expectativas que presentaba.

En el año 1963 se promulga la ley sobre energía nuclear, que abre sus puertas al futuro programa nuclear español. El día 27 de marzo de ese mismo año se concede la autorización previa a lo que sería la primera central nuclear española, «José Cabrera Zorita» (5), que entra en operación en agosto del año 1969. Posteriormente, en el año 1971, lo hizo «Santa María de Garoña», y al año siguiente «Vandellós I» (6). Estas tres centrales constituyen la denominada primera generación de reactores nucleares españoles, representando una potencia conjunta de 1.220 Mwe.

A raíz de la puesta en servicio de estos primeros grupos, y ante la necesidad creciente de energía, se conceden las autorizaciones previas para la construcción de siete nuevos grupos de gran potencia, que significarán una potencia nuclear adicional de 6.500 Mwe. Son las denominadas centrales

-
- (4) Fundamentalmente, el desarrollo del proceso de motorización, la mecanización agrícola y la expansión de la flota pesquera.
 - (5) La central de «José Cabrera Zorita» es propiedad de Unión Eléctrica, tiene una potencia de 160 Mwe, con una tecnología de agua a presión (PWR).
 - (6) La potencia de la central de «Santa María de Garoña» era de 460 Mwe, y la de «Vandellós I» de 500 Mwe.

españolas de la segunda generación (7), que actualmente se encuentran en operación, con las excepciones de «Lemoniz I y II».

En julio del año 1972 se aprobó el Plan Eléctrico Nacional, que ordenaba globalmente el crecimiento del sector eléctrico, y en el que se establecía la puesta en operación entre los años 1980 y 1983 de siete nuevos reactores nucleares, lo que debía representar una potencia conjunta instalada, a finales de 1983, de 15 Gwe, cuadro 5.

La crisis energética, con su fuerte impacto sobre la economía española, aceleró la elaboración del primer plan integrado de todo el sector energético. El Plan Energético Nacional de 1975 (PEN 75) tenía como objetivo fundamental una drástica reducción de la dependencia del petróleo, dejando

Cuadro 5.—Evolución de las previsiones sobre potencia nuclear a instalar (EMwe)

<i>Plan Eléctrico Nacional 1972</i>	
1973	1.120
1977	2.800
1980	8.000
1983	15.000
<i>Plan Energético Nacional 1975</i>	
1979	7.700
1982	14.800
1985	23.800
<i>Plan Energético Nacional 1978</i>	
1977	1.120
1982	6.500
1987	11.500
<i>Plan Energético Nacional 1983</i>	
1982	2.051
1983	3.911
1985	6.700
1988	7.900
1990	8.600
1992	8.600

Fuente: Elaboración propia, con datos de los diferentes planes energéticos.

Nota: Cifras acumuladas al final del año citado.

(7) Estas centrales son: «Almaraz I y II», «Lemoniz I y II», «Ascó I y II», con una potencia unitaria de 930 Mwe y «Cofrentes» con 975 Mwe.

ésta en un 43,7 % del total de la demanda de energía primaria del año 1985; a costa, principalmente, de un ambicioso desarrollo de la energía nuclear, que debería satisfacer el 22,8 % del total de la energía primaria de este año y el 56 % de la producción de energía eléctrica. El PEN 75-85 trataba de dar un fuerte impulso a todas las fases del ciclo del combustible nuclear, encomendando su realización a la Empresa Nacional del Uranio (ENUSA) y a la Junta de Energía Nuclear (JEN).

En el año 1977 se redactó el nuevo PEN, que no llegó a aprobarse, pero cuya revisión sirvió de base al PEN 78 (8). El PEN 78-87 supuso una muy importante reducción del programa nuclear, pasando en el balance energético previsto para el año 1987 a representar el 14,8 % de la producción total de energía primaria, y el 37,2 de la producción eléctrica, lo que la hacía mucho más realista, y menos ambiciosa, que el PEN 75.

A pesar de esta reducción el PEN 78 significó un intento de relanzamiento del programa nuclear español, que estaba detenido desde el año 1976, y especialmente de los reactores de la denominada tercera generación (9).

Con la llegada al Gobierno del Partido Socialista Obrero Español, en noviembre del año 1982, se suspende el PEN 78, que es sustituido, en marzo de 1984, por el Plan Energético Nacional 1983-1992 (PEN 83). Este plan contempla únicamente la puesta en marcha de cuatro centrales adicionales (10) sobre las que estaban en operación en el año 1984, con una potencia adicional de únicamente 3.887 Mwe.; lo que representaba desestimar otras ocho centrales en construcción recogidas en el PEN 78 (11). Este Plan está actualmente en vigor, aunque es posible que se revise a lo largo de esta legislatura, puesto que la demanda de energía eléctrica está aumentando a ritmos superiores a los previstos inicialmente por el mismo.

Actualmente se encuentran en operación en nuestro país 10 centrales nucleares con una potencia conjunto de 7.600 Mwe., que en el año 1987 generaron 41.270.000 Mwh. lo que representó el 31,2 % del total de la energía eléctrica producida en nuestro país durante ese año (12), y cubrió el

(8) Ver Ministerio de Industria y Energía, *Plan Energético Nacional 1978-1987*, Servicio de Publicaciones. Madrid, 1979.

(9) Estas centrales eran: «Valdecaballeros I y II», con una potencia unitaria de 975 Mwe.; «Trillo I y II» de 1.032 Mwe., cada una; «Vandellós II y III» de 950 Mwe. cada una; «Sayago» 1.030 Mwe y «Regodola» 930 Mwe.

(10) Estas centrales son «Cofrentes», «Ascó II», «Vandellós II» y «Trillo I».

(11) Las centrales nucleares desestimadas fueron «Lemóniz I y II», «Trillo II», «Valdecaballeros I y II», «Vandellós III», «Sayago» y «Regodola».

(12) Previsión estimada por el Ministerio de Industria en base a los datos de los nueve primeros meses del año 1986.

13,7 % de la demanda total de energía primaria. Asimismo se encuentran dos centrales en avanzado estado de construcción pero en moratoria que representarían una potencia adicional de 1905. El resto de los reactores con autorización previa están actualmente desestimados.

Durante el mes de octubre del año 1989 se produjo en la central nuclear de «Vandellós I» un accidente convencional, que ha sido calificado por el Consejo de Seguridad Nuclear como el más grave registrado en nuestro país por una central nuclear. Sin embargo, se puso de manifiesto la seguridad de la misma; puesto que aunque el modelo era muy similar a la de «Chernobyl» —gas grafito— las medidas de seguridad eran muy superiores en nuestra central.

Este incidente no debe incidir en un futuro y necesario replanteamiento de la monetaria nuclear, si la demanda de energía eléctrica en España, sigue creciendo a los ritmos que lo está realizando actualmente.

Posibilidades estratégicas de la energía nuclear en España

Ningún sector energético, *a priori* debe ser desestimado por una planificación energética coherente. La elección de los mismos dependerá de las disponibilidades reales en cada espacio económico con la finalidad de alcanzar los siguientes objetivos: reducir la vulnerabilidad externa aumentando el grado de participación nacional en la energía generada y garantizar los suministros en caso de contingencia, constituyendo *stocks* estratégicos. En este epígrafe se analiza el papel que puede jugar la energía nuclear en el abastecimiento de la demanda futura de energía en España, de cara al logro de los objetivos anteriormente establecidos, cuadro 6.

Participación nacional de la energía nuclear en España

En este apartado se calcula el nivel de participación nacional en la energía generada por una central nuclear española, LWR de 1.000 Mwe de potencia, a partir del estudio de su grado de nacionalización en la construcción, en el combustible, en la operación y en el mantenimiento, teniendo presente la incidencia de cada uno de estos conceptos en el coste total de kilovatios/hora de origen nuclear. Por último, se realiza una comparación con el grado de nacionalización de la energía eléctrica general en España mediante otras materias primas energéticas no renovables.

COMBUSTIBLE NUCLEAR

La principal dificultad que plantea el estudio económico del denominado «ciclo del combustible nuclear» se deriva del tremendo desfase temporal

Cuadro 6.—Centrales nucleares en España

Nombre	Localización	Tipo de reactor	Potencia Mwe	Compañía propietarias	Autorización previa	Situación actual
<i>PRIMERA GENERACIÓN</i>						
«José Cabrera»	Almonacid de Zorita (Guadalajara)	PWR	160	U. Eléctrica Fenosa	27-3-1963	En servicio desde agosto 1969
«Santa M. ^a Garoña»	Santa M. ^a Garoña (Burgos)	BWR	460	Iberduero (50%) E. Viesgo (50%)	18-8-1963	En servicio desde mayo 1971
«Vandellós I»	Vandellós (Tarragona)	GCR	500	E. de France (25%) Fecsa (23%) Enher/Endesa (23%) H. Cataluña (23%) F. E. Segre (6%)	21-1-1967	En servicio desde julio 1972
<i>SEGUNDA GENERACIÓN</i>						
«Almaraz I»	Almaraz (Cáceres)	PWR	930	H. Española (36%) C. Sevillana (36%) U. Eléc. Fenosa (11,3%)	29-10-1971	En servicio desde mayo 1981
«Almaraz II»	Almaraz (Cáceres)	PWR	930	Iberduero (16,7%)	23-5-1972	En servicio desde octubre 1983
«Lemóniz I»	Lemóniz (Vizcaya)	PWR	930	Iberduero (100%)	23-5-1972	En moratoria
«Lemóniz II»	Lemóniz (Vizcaya)	PWR	930	Iberduero (100%)	23-5-1972	Desestimada
«Ascó I»	Ascó (Tarragona)	PWR	930	Fecsa (60%) Enher-Endesa (40%)	21-4-1972	En servicio desde agosto 1983
«Ascó II»	Ascó (Tarragona)	PWR	930	Fecsa (40%) Enher-Endesa (40%) H. Cataluña (15%) F. E. Segre (5%)	21-4-1972	En servicio desde noviembre 1985
«Cofrentes»	Cofrentes (Valencia)	BWR	975	H. Española (100%)	13-11-1972	En servicio desde octubre 1984
<i>TERCERA GENERACIÓN</i>						
«Valdecaballeros I»	Valdecaballeros (Badajoz)	BWR	975	H. Española (50%) C. Sevillana E. (50%)	25-9-1975	En moratoria
«Valdecaballeros II»	Valdecaballeros (Badajoz)	BWR	975	H. Española (50%) C. Sevillana E. (50%)	25-9-1975	Desestimada
«Trillo I»	Trillo (Guadalajara)	KWU	1.040	Unión E. Fenosa (46,5%) Iberduero (46,5%) Hidrocantábrico (17%)	4-9-1975	En servicio desde diciembre 1987
«Trillo II»	Trillo (Guadalajara)	KWU	1.032	Endesa-Enher (60%) Unión E. (40%)	12-3-1976	Desestimada
«Vandellós II»	Vandellós (Tarragona)	PWR	982	Enher-Endesa (72%) H. Española (28%)	12-3-1976	En servicio desde 1988
«Vandellós III»	Vandellós (Tarragona)	PWR	950	Fecsa (100%)	12-3-1976	Desestimada
«Sayago»	Moral de Sayago (Zamora)	PWR	1.030	Iberduero (100%)	23-8-1976	Desestimada
«Regodola»	Jove (Lugo)	LWR	930	Fenosa (60%) E. Viesgo (20%) H. Cantábrico (20%)	25-9-1976	Desestimada

Fuente: Elaboración propia con datos de García Alonso, José M.^a; *La Energía en España*, Anuario de Publicaciones del Banco Atlántico, Madrid, 1981 y datos cedidos por el Fórum Atómico Español.

existente entre el inicio del mismo y su financiación con la evacuación definitiva de los residuos radiactivos de alta actividad.

Para calcular el nivel de participación nacional en el combustible nuclear empleado en España se ha establecido una hipótesis de demanda en función del calendario previsto de puesta en marcha de los reactores nucleares españoles basado en las estimaciones del PEN 1983-1992 (13) y en la opinión de las empresas eléctricas propietarias de los mismos.

El grado de participación nacional en cada una de las etapas del ciclo se obtiene ponderando el grado de cobertura con producciones realizadas dentro de nuestro país por la participación española en los diversos procesos obtenidos a partir del estudio de sus cuentas unitarias de explotación. Asimismo se establece el grado de cobertura con producciones que se realizan fuera de nuestras fronteras, pero a las que se tiene acceso debido a la intervención directa de empresas españolas en las mismas.

Como consecuencia de la experiencia adquirida en los diferentes proyectos de exploración e investigación de uranio, tanto dentro como fuera de nuestras fronteras, el nivel de participación nacional en esta etapa del ciclo del combustible es del 100 %.

La minería del uranio ha sido desarrollada por la JEN desde los años de 1949 a 1981, y por ENUSA desde el año 1974, estando actualmente en explotación comercial los yacimientos de Ciudad Rodrigo (Salamanca) y Don Benito (Badajoz), con una producción conjunta de unas 300 Tm de U308 al año. Según el PEN 83, la producción prevista para el año 1990 es de unas 1.000 Tm de U308 al año, de las cuales 800 Tm de U308 se alcanzarán con la ampliación de las explotaciones mineras de Salamanca; 100 Tm de U308 de la mina de Don Benito, y otras 100 Tm de U308 a partir del ácido fosfórico (proyecto FUESA).

El nivel de participación nacional en el uranio que se obtiene y obtendrá en el futuro por la aplicación de las explotaciones mineras de Salamanca es del 93,5 %, no siendo superior, puesto que el material que se utiliza en la carga y transporte del mineral y el combustible empleado son de importación. La planta (14) de tratamiento del mineral de Don Benito utiliza el sistema de «resina en pulpa», procedimiento aplicable a minerales muy arcillosos, tecnología que ha sido desarrollada por la JEN y que permite que el nivel de participación nacional en el proyecto sea similar al del PEMS.

(13) Ministerio de Industria y Energía: *Plan Energético Nacional 1983-1992*.

(14) Planta «Lobo G».

El proyecto FUESA tiene como objetivo la recuperación del uranio, contenido en el ácido fosfórico, producido en la fábrica que Fosfórico Español, S. A., tiene instalada en el polo de desarrollo de Huelva, en la cual la JEN ha desarrollado y probado, a nivel de planta piloto, la correspondiente tecnología, en la cual se confía cuando se aplique a nivel industrial. La aplicación industrial de esta tecnología, totalmente nacional, será de gran interés no sólo pensando en los beneficios que en sí mismo presenta el proyecto, sino también atendiendo a las posibilidades de exportación y aplicación en otros lugares del mundo (Suramérica, Marruecos, etc.), con las consiguientes ventajas económicas y de garantía de abastecimiento que ello representaría, así como el aprovechamiento de una materia prima energética que, en caso de no ser recuperada del ácido fosfórico, se perdería definitivamente, con los consiguientes costos sociales que ello representa (15).

El nivel de participación nacional del uranio obtenido será del 97,4 %, no siendo del 100 % por la necesidad de importar algunos equipos y superior al PEMS por no tener operaciones mineras de carga y transporte. El incremento de la producción de concentrado de uranio por este procedimiento está limitado por la capacidad de la planta de fosfatos asociada.

La participación nacional en la producción de concentrados de uranio en España es de 93,8 %, cifra que resulta de ponderar la producción de las explotaciones mineras de Salamanca por su participación nacional, que es del 93,4 %; la producción del proyecto FUESA por el suyo, 97,4 %, y la de Don Benito, con una participación similar al PEMS. Multiplicando la participación nacional en la producción por la cobertura de la demanda con participación similar al PEMS. Multiplicando la participación nacional en la producción por la cobertura de la demanda con producciones españolas, que es para el período estudiado del 47 %, se obtiene el grado total de participación nacional en la satisfacción de la demanda española, que es del 44 %, nivel más que aceptable si se tiene en cuenta que se trata de una materia prima energética no renovable.

Con la finalidad de garantizar la cobertura de las necesidades españolas de concentrados de uranio, dada la insuficiencia de la producción nacional para cubrirlo en su totalidad y la conveniencia de diversificar las posibles fuentes de abastecimiento, España decidió participar a través de ENUSA en

(15) Costes sociales derivados tanto de despreciar materia prima energética no renovable como de utilizar fosfatos con contenido de uranio .

un proyecto de explotación minera en la República del Níger. El Consejo de Ministros, en su reunión del día 7 de junio de 1974, aprobó la participación de ENUSA en un 10 % del capital de la *Compagnie Minière d'Akouta* (COMINAK), cuyo objeto es la explotación de yacimientos uraníferos en la región d'Akouta (República del Níger). Su producción actual es de 2.350 Tm de U308 al año, de las cuales ENUSA tiene derecho a adquirir un 15 %, es decir, 350 Tm de U308 al año. Con esta cifra se alcanzará un nivel de cobertura con intervención nacional de las necesidades españolas de concentrados de uranio del 71,3 %.

CONVERSIÓN DE UF₆ Y ENRIQUECIMIENTO

La demanda de servicios de conversión depende estrechamente de las necesidades de enriquecimiento y de la estrategia elegida para el proceso de separación isotópica. La capacidad nominal instalada en el mundo occidental es de 48.790 Tm de uranio, lo que representa una capacidad real de 41.480 Tm, muy superior a la demanda futura prevista, que en ningún caso superará las 35.000 Tm de uranio al año antes del próximo siglo.

Actualmente, no se realiza en España el proceso de conversión, y, dadas las peculiares características de esta etapa del ciclo, es poco probable la instalación de una planta de este tipo en territorio nacional, al menos en los próximos 15 años. En primer lugar, no resulta rentable a menos que su producción esté por encima del umbral mínimo de las 3.000 Tm año de uranio, y con el actual programa de reactores en ningún caso se superan las 1.400 Tm de uranio de necesidades de conversión por año, mientras que la exportación resultaría muy difícil por el exceso mundial de oferta. En segundo lugar, es una operación que aporta poco valor añadido al combustible. Y, en tercer lugar, el abastecimiento está garantizado como consecuencia del exceso mundial de capacidad de servicios de conversión.

La totalidad de centrales nucleares españolas, tanto en fase de explotación comercial como de construcción, con la excepción de «Vandellós I», emplean como combustible uranio ligeramente enriquecido.

Actualmente, en España no existe producción de servicios de enriquecimiento, ni siquiera a nivel de instalación piloto, y no se plantea la posibilidad futura de construir alguna planta de este tipo. Las necesidades españolas de trabajo de separación en el período de los años 1980-1990 no superan nunca 1,1 millones de UTS anuales. Aunque como se deduce de lo expuesto, el grado de cobertura de la demanda con producción nacional es cero, la participación de ENUSA, con un 11,11 % en el capital social de EURODIF, permite disponer anualmente de 1,2 millones UTS de la planta por

difusión gaseosa que esta sociedad posee en Tricastin (Francia), con lo que el grado de cobertura con intervención nacional alcanza el 100 %.

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS COMBUSTIBLES

Entre los fines que asignaron a la empresa nacional del uranio en el Decreto 3.322/1971, del día 23 de diciembre, figura el de la fabricación de elementos combustibles para reactores nucleares. El PEN 1978-1987 confirmó este objetivo de ENUSA, y en el RD^o 2.967/1979, de 7 de diciembre, sobre ordenación de actividades en el ciclo del combustible nuclear, se establece que ENUSA deberá acometer y desarrollar la fabricación de los elementos combustibles nucleares necesarios para el abastecimiento de los reactores españoles, a cuyo efecto habrá de suscribir los oportunos contratos específicos con las sociedades propietarias de los reactores. Debido a la JEN no había desarrollado suficientemente la tecnología de diseño y fabricación de elementos combustibles para reactores de agua ligera, ENUSA contrató licencias de tecnología y asistencia técnica con *Westinghouse Electric Corporation* y con *General Electric Company*, que tiene vigencia hasta el año 1994, año a partir del cual se espera emplear tecnología española desarrollada por la JEN.

En base a estos contratos y a los entrenamientos efectuados por su personal en Estados Unidos, ENUSA comenzó sus actividades industriales de ingeniería del combustible en el año 1978. En diciembre del año 1980 se le concedió la autorización de construcción para la instalación en el término municipal de Juzgado (Salamanca) de una fábrica de elementos combustibles de óxido de uranio, que entró en explotación comercial en los primeros meses del año 1985, con una capacidad inicial de 200 Tm año. La participación nacional en el proceso de diseño y fabricación de los elementos combustibles es del 53,9 %, debido principalmente al bajo grado de participación en el coste del material, que se importa en su mayoría.

El grado de cobertura con producción nacional es del 97,2 %, no siendo total como consecuencia del peso que tiene la fabricación de los elementos en los primeros 4 años del período, en los cuales no se producían en España. A partir de la puesta en marcha de la fábrica de Juzgado, la cobertura con producción nacional será total, pues aunque aumente la demanda, la planta tiene posibilidades de ser ampliada hasta las 500 Tm de uranio/año. Ponderando la cobertura con la participación en el proceso resulta un grado total de participación nacional en esta etapa del 52,4 %, cuadro 7.

Cuadro 7.—Grado de cobertura en el combustible nuclear español (1986-1995)

Ciclo	Importancia de la etapa en el ciclo (tanto por ciento)	Grado cobertura demanda con producción nacional (tanto por ciento)	Grado cobertura demanda con producción nacional o participación CEEA (tanto por ciento)
Concentrado	18,65	46,90	46,90
Conversión	1,34	—	100,00
Enriquecimiento	27,26	—	100,00
Fabricación elementos combustibles	11,61	100,00	100,00
Transportes+seguros+otros <i>front end</i>	2,93	100,00	100,00
Almacenamiento temporal en la piscina de la central	1,06	100,00	100,00
Almacenamiento centralizado	7,32	100,00	100,00
Reprocesado	22,36	—	100,00
Evacuación residuos de alta actividad	5,49	100,00	100,00
Transporte+seguros+otros <i>back-end</i>	1,98	100,00	100,00
TOTAL	100,00	39,14	90,10

Fuente: Elaboración propia.

TRATAMIENTO DEL COMBUSTIBLE IRRADIADO

Con la descarga del combustible irradiado del núcleo del reactor se inicia la segunda parte del ciclo del combustible nuclear para la que existen básicamente dos estrategias: «su reelaboración», entendiéndose por tal el tratamiento de los combustibles para separar los elementos fisionables, que pueden ser reutilizados en el reactor, de los productos de fisión y transuránicos, y la de «no reelaboración». Éste es el punto más sensible y controvertido tanto a nivel técnico-económico como político del ciclo del combustible nuclear. Hay países que han decidido reelaborar y otros que han decidido no reelaborar y acondicionar el combustible irradiado como residuo radiactivo de alta actividad para su depósito definitivo (16). En el cuadro se estima la producción de este combustible, cuadro 8.

Hasta el año 1980 la gestión del combustible irradiado procedente de los reactores españoles en funcionamiento estaba basada en la contratación de servicios de reelaboración con entidades extranjeras. Los combustibles de las centrales nucleares de agua ligera de Zorita (PWR) y de Garoña (BWR) eran enviados regularmente a Inglaterra para ser reprocessados en BNFL.

(16) Ver Uriarte Hueda, A.: *Reelaboración, manipulación y reciclado del plutonio*, *Energía Nuclear*, núm. 1.980.

Cuadro 8.—Producción de combustible irradiado (en Tm U)

Reactivos	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988 (*)	1989 (*)	1990 (*)	1991 (*)	1992 (*)	1993 (*)	1994 (*)	1995 (*)
«Vandellós I» (**)	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00
«Zorita»	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32
«Santa María Garoña»	16,98	16,98	17,69	14,86	15,57	14,86	15,57	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86
«Almaraz I»				20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61
«Ascó I»					20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61
«Almaraz II»					20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61
«Cofrentes»								34,52	27,92	24,82	24,82	24,82	24,82	24,82	24,82	24,82
«Ascó II»								20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61
«Vandellós II»																
«Trillo I»											20,61	20,61	20,61	20,61	20,61	20,61
«Valdecaballeros» I												20,61	20,61	27,90	27,90	27,90
																34,32
TOTAL	106,30	106,30	107,01	124,79	125,50	166,01	166,72	221,14	214,54	211,44	232,05	232,05	259,95	259,95	259,95	294,27

Fuente: Elaboración propia.

Cálculos realizados en colas del 0,2 %.

(*) Datos estimados.

(**) Por ser de uranio natural tiene unas características peculiares.

Pero en ese año la capacidad contratada fue cubierta, y dada la escasez de oferta de servicios de reelaboración fue imposible contratar nuevas posibilidades; los combustibles de la central nuclear de «Vandellós I» —tipo grafito-gas— se enviaban a Gogema (Francia), pero desde el año 1981, por haber agotado también el cupo, no se puede reprocesar. Por tanto, dada la inviabilidad de contratar servicios de reprocesado a medio plazo en el exterior, será necesario almacenar el combustible irradiado.

Ante tal incertidumbre respecto a la gestión del combustible irradiado, las centrales españolas, tanto en operación como en construcción, se han visto obligadas a aumentar su capacidad de almacenamiento propio situándola en torno a 8 años, tiempo previsto actualmente en nuestro país para la permanencia del combustible irradiado en las piscinas de las centrales. La participación nacional en esta fase del ciclo es del 90 %. El Consejo de Ministros del día 4 de julio de 1984 autorizó la creación de la Empresa Nacional de Residuos, S. A. (ENRESA), con la finalidad de garantizar la gestión del combustible irradiado mediante la financiación que se obtiene de una «cuota porcentual aplicada sobre la recaudación por venta de energía eléctrica, equivalente al importe que se haya repercutido en las tarifas eléctricas de los costes de los trabajos correspondientes a la segunda parte del combustible nuclear, almacenamiento en seco, reprocesamiento y almacenamiento definitivo de residuos» (17).

Esta empresa se encargará del almacenamiento centralizado mediante contenedores de función nuclear para transporte y almacenamiento de combustible irradiado que están siendo desarrollados íntegramente en nuestro país. Respecto a la fase de reelaboración hay gran incertidumbre en cuanto a si se realizará en nuestro país o si se contratará en el extranjero cuando aumente la oferta de estos servicios de reprocesado en el mundo y especialmente en la CEE. Por ello en este trabajo se toman dos hipótesis, una que corresponde al primer caso y en el cual se estima que, aunque se realice dentro de nuestro país la participación nacional no supere el 35 % y otra que considera que se realizará en el extranjero. Si se decide esta opción es importante tener presente el potencial energético y estratégico del plutonio recuperado, cuadro 9.

En España hoy en día no se producen residuos radiactivos de alta actividad al no reelaborarse el combustible irradiado, etapa que en caso de que se realizara en nuestro país no lo sería antes del año 2010. Para esta época se

(17) «BOE» de 18 de mayo de 1983, p. 13.840.

Cuadro 9:—Plutonio contenido en el combustible irradiado producido en España (en Kg de Pu.)

Años	Anual	Acumulado
1980	933	933
1981	933	1.866
1982	942	2.808
1983	1.100	3.908
1984	1.109	5.017
1985	1.461	6.478
1986	1.470	7.948
1987	1.946	9.894
1988	1.951	11.845
1989	1.861	13.706
1990	2.041	15.747
1991	2.041	17.788
1992	2.287	20.075
1993	2.287	22.362
1994	2.287	24.649
1995	2.589	27.238

Fuente: Elaboración propia.

* Se producen 8,8 kg Pu. por t combustible irradiado, el 60 % de Pu ²³⁹.

prevé la posibilidad de instalar en España una planta de tratamiento de residuos de alta actividad. En la actualidad en España se tratan y almacenan los residuos de baja y media actividad con tecnología desarrollada por la JEN y su almacenamiento se realizó en la mina de El Cabril (Córdoba) con las normas de seguridad establecidas por la OIEA. Es decir, el nivel de participación nacional es del 100 %. No obstante, será necesario seguir invirtiendo en la investigación de posibles soluciones para la gestión de los residuos radiactivos con la finalidad de minimizar sus costes sociales. La financiación de estas experiencias debe correr a cargo de los beneficiarios directos de la producción de energía eléctrica por procedimientos termonucleares.

El grado total de participación nacional en el ciclo del combustible nuclear se obtiene de ponderar el peso de cada una de las etapas en el grado de nacionalización en cada una de ellas. En este análisis se consideran dos hipótesis para la demanda establecida. En primer lugar se estima que el reprocesado se contrata en el extranjero y en el segundo caso se considera una participación nacional para cada uno de los procesos como la repercusión de cada una de las etapas por el ciclo del combustible.

Considerando que el reprocesado se realiza en el extranjero, el grado total de participación nacional en el ciclo del combustible es del 29,35 %.

INVERSIÓN

Las primeras centrales termonucleares españolas entraron en operación comercial entre los años 1969 y 1972, constituyendo, como se ha dicho antes, la denominada primera generación de reactores nucleares españolas con una potencia conjunta de 1.120 Mwe. El nivel de participación nacional en la construcción de estos primeros grupos fue del orden del 40-45 % (18), porcentaje que, aunque bajo, se pudo alcanzar debido únicamente a la participación nacional en la obra civil y en el montaje, puesto que en los bienes de equipo sólo se alcanzó el 25 %, es decir, se trataba de centrales entregadas «llave en mano».

A raíz de la puesta en servicio de estos grupos y ante la necesidad creciente de energía, entre el mes de octubre de 1971 y mes de noviembre de 1972 se conceden las autorizaciones previas para la construcción de siete nuevos grupos de gran tamaño que representarían una potencia nuclear adicional de 6.555 Mwe, conocidas como centrales nucleares de la segunda generación. Con el fin de aumentar la presencia nacional en el campo de la construcción y equipamiento de estas centrales, en julio de 1973 se crea la empresa Equipos Nucleares, S. A. (ENSA), se incentiva a las empresas españolas de ingeniería y bienes de equipo y se impulsa la investigación en el seno de la JEN. Como resultado de todo ello, el nivel de participación nacional en estas centrales alcanzó el 65-70 % (19), siendo especialmente significativa la participación en el equipamiento que, según se puede ver en el cuadro 8, p. 143, ha sido el 45-55 %, mientras que en el caso de la obra civil y servicios se ha alcanzado el 93-96 %.

Entre el mes de septiembre del año 1975 y septiembre del año 1976 se concede la autorización previa para la construcción de las centrales nucleares españolas de la tercera generación. Para la obtención de esta autorización fue necesario acordar *a priori* entre las empresas eléctricas propietarias de los grupos y la Administración pública el grado de nacionalización de las centrales con el fin de garantizar unos mínimos. Para estas centrales se establecía que ENSA abarcaría la fabricación de la vasija

(18) Ver García Alonso, José M.ª: *La energía en España*. Servicio de Publicaciones del Banco Atlántico. Madrid 1981.

(19) Ver Novillos Allones, R.: *Participación española en el equipamiento de centrales de energía*. Información Comercial Española, núm. 561, mayo 1980.

del reactor con sus partes internas, generador de vapor, presionador y las tuberías del circuito primario. Con lo cual se podía alcanzar un nivel de participación nacional en los bienes de equipo del orden del 70-78 %, lo que significaría un grado de nacionalización en estas centrales de la tercera generación del 80-86 %, cuadro 10, p. 149, cota que parece muy difícil de superar, puesto que en gran medida viene condicionada por la necesidad de poder obtener en el mercado español bienes semielaborados intermedios, cuya fabricación no se justifica por razón de escala (20).

El aumento del nivel de participación nacional en la construcción de centrales nucleares se ha duplicado entre las de la primera generación y las de la tercera, siendo especialmente significativo el grado de nacionalización en los bienes de equipo que ha pasado del 25 % al 75 % aproximadamente, lo que ha significado un gran impulso para el sector español de bienes de equipos nucleares, el cual ha demostrado un gran dinamismo a lo largo de la crisis, que incluso les ha permitido participar en proyectos en el exterior. Sin embargo, el denominado «parón nuclear», establecido en el PEN 1983-1992 (21), puede afectar sustancialmente a la infraestructura de tecnología punta y a numerosas empresas de bienes de equipo y de ingeniería.

PARTICIPACIÓN NACIONAL EN LA ENERGÍA DE ORIGEN NUCLEAR

El nivel de la participación nacional en Kwh de origen nuclear generado en España se obtiene ponderando el peso relativo de inversión, el combustible y el mantenimiento por el grado de participación nacional en cada uno de ellos.

El nivel de participación nacional en la construcción de centrales nucleares de la segunda generación es del orden del 65-70 %, mientras que en el caso de la tercera generación este porcentaje alcanza el 85 %. Para el presente estudio se considerará un nivel conservador, correspondiente a reactores de la segunda generación.

El grado de participación nacional en el ciclo del combustible nuclear, suponiendo que el reprocesado se realiza en el extranjero, es del 29,35 %, como ha quedado establecido anteriormente.

Por lo que se refiere a la operación y mantenimiento de las centrales nucleares, se cuenta con la experiencia directa adquirida por el personal

(20) Novillos Allones, R.: *La participación española en el equipamiento de las centrales de energía*. Información Comercial Española, núm. 561, mayo 1980, p. 98.

(21) Ver Ministerio de Industria y Energía: *Plan Energético Nacional, 1983-1992*. Borrador presentado al Congreso de los Diputados. Enerpress. Madrid, 1984, pp. 108-115.

que ha intervenido e interviene en la explotación de las centrales españolas. Estas centrales constituyen, además un lugar idóneo para el entrenamiento de personal para otras centrales y, de hecho, han contribuido y están contribuyendo eficazmente a este fin. Además cabe destacar que desde el año 1978 España cuenta con un Centro de Adiestramiento dotado con dos Simuladores de Centrales Nucleares (TECNATOM), donde se imparten cursos de tecnología y de prácticas de operación a técnicos de explotación de centrales de agua ligera, a presión y ebullición.

En lo referente al mantenimiento, desde el año 1979 corre a cargo de la empresa ENSA, propiedad del INI. En el seguro de riesgos nucleares existe un consorcio participado en su mayoría por empresas españolas. Asimismo durante los últimos años se han venido aplicando en España las técnicas de garantía y control de calidad nuclear, de forma que actualmente se cuenta con personal cualificado para llevar a cabo el control de calidad y aplicar los criterios de garantía de calidad exigidos por la industria nuclear. El nivel medio de participación nacional en operación y mantenimiento de las centrales españolas es del 90 %.

Teniendo en cuenta los valores del cuadro se obtiene el nivel mínimo de participación nacional en un Kwh, de origen nuclear, que es del 57,97 %, por tanto, se requiere del exterior el 42,03 % del mismo.

El cálculo del grado de nacionalización de la energía eléctrica generada por las diversas materias primas energéticas no renovables empleadas actualmente en España se ha realizado siguiendo la misma metodología de análisis que para el caso de la energía nuclear. Únicamente que, dada su inviabilidad técnica, en lugar de un grupo de 1.000 Mwe se han utilizado dos grupos tipo de 500 Mwe de potencia unitaria.

La participación de cada uno de los conceptos de coste, tanto de la repercusión de los costes fijos —es decir, de la inversión— como de las variables combustible, operación y mantenimiento, se muestran en el cuadro 10.

Ponderando el grado de participación nacional de cada uno de los conceptos por la incidencia de cada uno de ellos en el coste total se obtiene el grado total de nacionalización de la energía producida. Como se puede apreciar en el cuadro, la energía eléctrica que mayor grado de nacionalización tiene es la generada por el carbón nacional, un 91 %, seguida de la de origen nuclear, que tiene un nivel mínimo del 58 %, que aumentaría al 68,8 % si se generara por una central nuclear española de la tercera generación. Mientras que el grado de nacionalización de la energía generada por fuel-oil es de únicamente el 21 %.

Cuadro 10.—Participación nacional en la construcción de una central nuclear española de 1.000 Mwe de potencia.

Construcción	Concepto en coste (tanto por ciento)	Nivel de participación nacional	
		2. ^a generación (tanto por ciento)	3. ^a generación (tanto por ciento)
Sistema nuclear de generación de vapor	16-20	30-35	70-75
Turbina y generador	9-11	30-40	55-60
Equipo mecánico	18-20	70-80	85-90
Equipo eléctrico	6-7	75-85	75-85
Total bienes de equipo	49-60	45-55	70-78
Obra civil	20-24	100	100
Montaje	8-10	100	100
Ingeniería	8-10	75-80	85-95
Otros servicios	4-7	95	95-100
Total obra civil y servicios	40-51	93-96	96-98
Total central	100	65-70	80-86

Fuente: Elaboración propia con datos de R. Novillo Allones: *La participación española en el equipamiento de las centrales de energía*. Información Comercial Española, núm. 561, mayo 1980.

Con el fin de reducir la incidencia que tienen sobre la balanza de pagos española las importaciones energéticas tanto de materias primas como de tecnología, una planificación energética coherente debe utilizar aquellas materias primas que producen una energía con mayor grado de nacionalización, es decir, carbón nacional y uranio.

Capacidad para conseguir stocks estratégicos

El uranio, al tener un alto poder energético por unidad de peso, posee grandes ventajas sobre el resto de las materias primas energéticas utilizadas en la actualidad a la hora de almacenar *stocks* estratégicos que garanticen el suministro el mayor tiempo posible. El *stock* básico de uranio que debía haber estado construido por 800 Tm de uranio enriquecido al 3 %, según establecía el PEN 78, tendrá un poder energético equivalente a 69,3 millones de toneladas de carbón, 59.500 millones de m³ de gas natural o 42,9 millones de toneladas de fuel-oil. Este potencial de energía almacenado por el *stock* básico de uranio resultaría imposible de alcanzarse mediante alguna de las materias primas energéticas no renovables empleadas actualmente en nuestro país.

El sector nuclear español ante el Mercado Único

La adhesión del Reino de España a la Comunidad Europea de la Energía Atómica (CEEa) comúnmente conocida por EURATOM está produciendo importantes efectos sobre nuestro sector energético, y especialmente sobre el nuclear. La incorporación de España a la CEEa supuso la aceptación de todos los principios formales de la misma. Los efectos, tanto directos como inducidos que provocan la adhesión sobre la estructura del sector nuclear español, se pueden ver concretados e incrementados con la entrada en vigor del Mercado Único Europeo que realizó especialmente en el aprovisionamiento de materiales nucleares.

Cuadro 11.—*Aprovisionamiento de material nuclear.*

<i>Aprovisionamiento</i>	<i>Participación nacional en el proceso (tanto por ciento)</i>	<i>Participación del proceso en el Kwh (tanto por ciento)</i>
Inversión	65	72,23
Combustible	29,35	23,06
Operación y mantenimiento	90	4,81

Fuente: Iranzo Martín, Juan E.: *La economía del ciclo del combustible nuclear en España*. Tesis doctoral. Madrid, p. 521.

Aprovisionamiento en materias primas energéticas

Con el fin de mejorar el abastecimiento energético con recursos propios, la CEEa tiene establecido un programa común de exploración e investigación de recursos energéticos. El acceso a los fondos destinados a este fin puede impulsar al Plan Nacional de Exploración e Investigación del Uranio (PNEIU), el cual está prácticamente estancado desde el año 1983 por falta de asignación presupuestaria.

La existencia de una política común de aprovisionamiento de materiales nucleares puede incidir en la energía nuclear en nuestro país. La cobertura del denominado ciclo del combustible nuclear, aumentará fuertemente, lo que inducirá directamente en el grupo total de participación nacional de la energía de origen nuclear (22). El grado total de cobertura con producción

(22) Ver Juan E. Iranzo, *Participación nacional en la energía generada por las centrales nucleares españolas*, Nuclear España núm. 28, enero 1985.

nacional de la demanda de combustible nuclear, estimado para el período 1986-1995, es del 39, 14 % como se puede ver en el cuadro 7, p. 142. El acceso de los consumidores españoles a la agencia de aprovisionamiento y, como consecuencia de la sobre-capacidad instalada en estos servicios que tiene la Comunidad, el grado total de cobertura de demanda con producción nacional más los excedentes comunitarios, alcanzará el 90,10 % (23). Los países de la CEEA, al igual que España, carecen de las reservas de uranio suficientes para que su producción pueda cubrir en su totalidad la demanda, a pesar de que en España se espera alcanzar en el año 1990, una producción anual de 1.000 Tm de U308 (24). Sin embargo, en nuestro país existen altos stocks, puesto que, con el fin de garantizar los suministros al ambicioso programa nuclear incluido en PEN 75 (25), se firmaron contratos de adquisición de concentrado a largo plazo, lo que ha ocasionado que, al reducirse sustancialmente el programa nuclear, éstos sean excedentarios y sea necesario revender estos concentrados a pagar penalidades. A través de la agencia de aprovisionamiento será más fácil la colocación de estos excedentes con el consiguiente ahorro de penalidades o de las cargas financieras que produciría su almacenamiento.

España carece de plantas de enriquecimiento dado que el umbral mínimo de producción (26) para que sean económicamente rentables se encuentra muy por encima de las necesidades y su exportación resultaría muy difícil, pues en el mundo existe un importante exceso de capacidad instalada. Con la incorporación a la CEEA se tendrá acceso directo a las producciones de las plantas de enriquecimiento de EURODIF en Francia y URENGO en Gran Bretaña, con una capacidad conjunta instalada de 12,4 millones de UTS en 1985 y de 13,8 millones de UTS en el año 1990. Esta capacidad instalada supera ampliamente las necesidades de los países comunitarios, lo que garantiza el aprovisionamiento a la demanda española, que está muy por debajo de la sobre-capacidad comunitaria. En nuestro país todavía no se ha adoptado una decisión definitiva respecto a la gestión del combustible irradiado, para lo cual la Comunidad recomienda su reprocesado, a fin de

(23) Ver Manuel López Rodríguez, *La energía nucleoelectrónica en la Comunidad*, Jornadas de España y Portugal ante el EURATOM, Nuclear España núm. 28, enero 1985.

(24) Ver Ministerio de Industria y Energía, *Plan Energético Nacional 1983-1992*, Secretaría General Técnica, Madrid, 1984.

(25) Ver José María García Alonso, *La energía en España*, Servicio de Publicaciones del Banco Atlántico, Madrid 1981. Capítulo VII. *El PEN 75* establecía un parque nuclear de 27 reactores, con una potencia conjunto de 23,8 Gwe.

(26) El umbral mínimo de rentabilidad para una planta por difusión gaseosa es de unos 10 millones de UTS/año y por centrifugación de 3 millones de UTS/año.

optimizar los recursos energéticos no renovables. Actualmente la producción de combustible irradiado en los países de la Comunidad, 2.295 Tm de U en el año 1985, supera a la capacidad de reelaboración, que es de 2.271 toneladas de U para el mismo año. Pero para cuando España necesite realizarlo, a partir del año 1990 (27), la sobrecapacidad instaladas en la Comunidad será de unas 1.300 Tm de U/año; dado que las necesidades españolas no superan en ningún caso las 300 Tm de uranio al año, aunque en nuestro país no se instale una planta de reprocesado, este servicio estaría garantizado.

Protección radiológica y normativa sanitaria y medio ambiental

La incorporación en España a la CEEA supuso la aceptación de la normativa comunitaria respecto a la protección contra las radiaciones y contra la contaminación de cualquier tipo de efluente no radiactivo. En el año 1982, se estableció en nuestro país una reglamentación sobre protección sanitaria que seguía las directrices de la Comunidad, por lo que su concordancia es muy alta, especialmente en cuanto a dosis máximas admitidas (28). El organismo que controla y garantiza su aplicación es el Consejo de Seguridad Nuclear. El establecimiento de la legislación comunitaria obligará a la realización de estudios previos coste-beneficio, con el fin de lograr que ninguna actividad de este tipo sea aprobada si su esblecimiento no produce un beneficio neto positivo. Para ello se deben tener en cuenta los siguientes componentes del modelo. Por el lado del coste y detrimento para la salud: coste de la inversión y de la protección radiológica de la instalación; detrimento para la salud de las personas y medio ambiente; costes de explotación y otro detrimentos y riesgos no nucleares asociados al proyecto. Se consideran del lado de los beneficios: el valor del producto, la generación de empleo, la reducción de la dependencia energética que conlleva el proyecto; y cualquier otra ventaja socio-económica que aporte. La cuantificación de algunos de estos efectos es subjetiva y necesita de la aplicación de precios sombra que en muchos casos son difíciles de calcular.

La estimación del coste del detrimento para la salud se realiza analizando la relación existente entre el mismo y la dosis colectiva recibida. Su valor será el producto de dicha dosis por el valor en términos monetarios del

(27) Actualmente el combustible irradiado español se almacena en las propias centrales, cuyas piscinas tienen una capacidad mínima de almacenamiento de 8 años.

(28) Según la normativa comunitaria establecida en España, la dosis máxima permitida para el público en general es de 0,5 rem/año, y para el personal profesionalmente expuesto y controlado periódicamente de 5 rem/año.

coeficiente de proporcionalidad, es decir, el valor de la unidad de dosis colectivas denominadas *sievert-hombre* (29), cuyo valor es asignado por las autoridades nacionales competentes y que en España tendrá obligatoriamente que calcular y establecer. El valor de *sievert-hombre* en los países comunitarios varía entre 1.000 y 5.000 dólares USA, según los supuestos, pero una última directriz establece que cuando un proyecto pueda afectar a otros países este valor será al menos 3.000 dólares USA. A la hora de acometer un proyecto que suponga exposición a las radiaciones habrá que optimizar el coste destinado a la protección, de tal forma que dicho coste más el del detrimento para la salud tengan un valor mínimo óptimo. Tal función es decreciente, a mayores necesidades de protección menos dosis colectiva. El coste del detrimento tiene que estar establecido previamente por la autoridad y será una función creciente. El punto mínimo, suma de ambos costes, representa el óptimo, de tal manera que el proyecto se diseñará para lograr un mínimo de coste en protección con el fin de que sea rentable, pero que a su vez asegure una mínima dosis, que siempre ha de ser inferior a las máximas admitidas.

Desarrollo de empresas comunes y financiación preferencial

La posibilidad de obtener los beneficios derivados de la calificación de empresa común abre nuevas perspectivas a las empresas energéticas españolas tanto públicas como privadas. Nuestro país podría comenzar este tipo de asociación, especialmente en el campo de la gestión de combustible irradiado y de la evacuación de residuos radiactivos. Este tipo de asociación permite además aprovecharse de las ventajas derivadas de las economías de escala y constituye una buena fórmula para establecer centrales energéticas en fronteras o ríos internacionales. Aunque la CEEA no tiene una legislación específica respecto a los emplazamientos, la instalación de una central nuclear cercana a fronteras con otros países o en vías fluviales que superan los propios límites territoriales puede ocasionar conflictos con los países afectados. De ahí que la constitución en estos casos de empresas comunes con miembros de los distintos países involucrados podría ser una buena solución para estos problemas.

Las cuantiosas inversiones que requieren los proyectos nucleares y de largo tiempo que está inmovilizada parte de la inversión, hasta que entra en

(29) Ver Emilio Iranzo González: *Limitación de dosis en las actividades que implican riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes*, incluido en *La energía nuclear en sus aspectos básicos*, Sociedad Española. Madrid, 1984.

operación la central, ocasiona que el coste del capital sea determinante de la rentabilidad económica de la planta. Esta circunstancia afecta muy especialmente a las centrales nucleares españolas, en cuya construcción se están empleando unos 12 años, lo que encarece muy significativamente el coste total de la inversión. El acceso del sector energético español a la financiación que concede el Banco Europeo de Inversiones en condiciones privilegiadas, puede servir para abaratar nuestros costes de generación de energía.

Política energética común

En la actualidad la CEE no tiene una política energética común, aunque éste es un objetivo en el que se está avanzando. Sin embargo, lo que sí existen son recomendaciones. El Parlamento Europeo, en una resolución de junio del año 1982, consideró que, para los países con altos consumos de energía y sin recursos propios de hidrocarburos, es fundamental el desarrollo de la energía nuclear. Puesto que se reconocía el inferior coste de la electricidad generada por centrales nucleares y se recomendaba la reelaboración del combustible irradiado, a fin de optimizar el aprovechamiento de los recursos energéticos no renovables. El coste de la energía eléctrica de origen nuclear es inferior en todos los países comunitarios con centrales nucleares al generado con carbón, según un informe de la Comisión de las Comunidades Europeas (30); siendo estas dos formas de generación las más competitivas de todas las materias primas energéticas no renovables empleadas en la actualidad. En Francia el kilowatio-hora producido por carbón es un 88 % más caro que el de origen nuclear, debido a la rapidez en la construcción de centrales nucleares y a la alta utilización media anual de las mismas. Esta ventaja, aunque en menor proporción, se produce en todos los países de la Comunidad poseedores de centrales nucleares (31). Asimismo, las estimaciones futuras de coste también son favorables a la energía nuclear en todos los casos. La aplicación de una futura política energética común a los intercambios energéticos deben intensificarse con la aplicación de un Mercado Único Europeo que permita un mercado energético libre en el seno de la CEE. Por su importancia este tema se analiza en otro capítulo específico del informe.

(30) Ver Commission des Communautés Européennes, *Industries Nucléaires dans la Communauté*, Communication de la Commission au Conseil. Bruxelles, 12 de noviembre de 1984.

(31) Juan E. Irazo *El Sector energético español ante el EURATOM*. PPE núm. 25.