

La etapa final del ciclo del combustible nuclear en Suecia

por G. Schultz*

El programa nucleoelectrico sueco está ahora quizá mejor definido que el de la mayoría de los países, como consecuencia de las novedades habidas en Suecia en los últimos años. En 1976, al ser elegido un Gobierno no socialista —cosa que no había ocurrido en Suecia desde hacía mucho tiempo— aumentó la participación pública en las cuestiones nucleares. Esto llevó finalmente a que, en marzo de 1980, se celebrara un referéndum sobre el futuro de la energía nuclear en Suecia.

Se presentaron al público tres alternativas. En la Alternativa Uno se proponía que se completase el programa actual de 12 reactores y que esos reactores se utilizaran durante su vida técnica útil, o mientras fuera necesario. Se debía abolir el uso de energía nucleoelectrica cuando fuera posible, teniendo en cuenta la demanda de energía eléctrica y la situación del país en cuanto a empleo y bienestar. La Alternativa Dos era fundamentalmente análoga a la Uno, pero iba acompañada de ciertas observaciones de carácter político que insinuaban que las futuras centrales nucleares eléctricas importantes deberían ser de propiedad pública. En la Alternativa Tres se proponía que no se construyeran nuevas centrales nucleares y que, en un plazo de diez años, se cerraran los seis reactores actualmente en funcionamiento. El resultado del referéndum fue que las Alternativas Uno y Dos obtuvieron el 58% de los votos, y la Alternativa Tres el 38%. Participó en la votación el 75,7% del censo electoral. Los resultados de este referéndum fueron luego interpretados en el Parlamento.

En las directrices que éste impartió para la futura política nuclear se indica que se debe cumplir el programa que prevé los 12 reactores y que éstos deben explotarse hasta el año 2010, lo que significa que el último reactor que se ponga en servicio funcionará durante 25 años. Además, se ha establecido una comisión parlamentaria encargada de indicar en qué forma se podría actuar para cerrar los reactores y crear otras fuentes de energía eléctrica.

Los 12 reactores, nueve de los cuales ya se han puesto en servicio, figuran en el cuadro 1. A título de comparación, en el cuadro 2, figuran los programas nucleares de algunos países.

Esta situación del programa sueco ofrece una base relativamente firme para considerar la futura planificación de la fase final del ciclo del combustible nuclear y de la evacuación de desechos nucleares.

Cuadro 1. Centrales nucleoelectricas de Suecia

Central	Tipo de reactor	Producción neta (MW(e))	Puesta en servicio
Oskarshamn 1	BWR	440	Febrero de 1972
Oskarshamn 2	BWR	570	Diciembre de 1974
Ringhals 2	PWR	800	Mayo de 1975
Barsebäck 1	BWR	570	Julio de 1975
Ringhals 1	BWR	750	Enero de 1976
Barsebäck 2	BWR	570	Julio de 1977
Forsmark 1	BWR	900	Diciembre de 1980
Forsmark 2	BWR	900	Julio de 1981
Ringhals 3	PWR	915	Septiembre de 1981
			Puesta en servicio prevista
Ringhals 4	PWR	915	1982
Forsmark 3	BWR	1 050	Otoño de 1985
Oskarshamn 3	BWR	1 050	1986

Cuadro 2. Importancia relativa de la producción nucleoelectrica en diversos países, 1981.

País	Total de energía nucleoelectrica en MW	TW(e) de origen nuclear	Población 10 ⁶	KW de origen nuclear/habitante por año	% de origen nuclear de la electricidad total producida
Suecia	6 400	34,1	8,2	4 200	35
Finlandia	2 200	14,0	4,8	2 900	34
Suiza	1 900	14,5	6,4	2 300	28
Francia	21 600	99,5	54	1 800	38
Canadá	5 500	37,8	24	1 600	10
Estados Unidos	57 000	272,4	226	1 200	12
de América					
Bélgica	1 700	12,2	9,9	1 200	25
República Federal de Alemania	8 600	49,6	61	800	14
Japón	15 000	85,1	118	700	17
Reino Unido	7 600	33,2	56	600	13

Fuente: Banco de Datos Energéticos y Económicos del OIEA

* De la Swedish Nuclear Fuel Supply Co. (SKBF), P.O. Box 5864, S-102 48, Stockholm, Sweden.

Asignación de responsabilidades

En Suecia, las esferas de competencia y de responsabilidad en cuanto a los desechos nucleares están ahora bastante bien delimitadas en virtud de leyes especiales. Se trata, empero, de legislación relativamente reciente, pues hasta 1976 no había disposiciones concretas al respecto. Con el advenimiento, en 1976, de un Gobierno no socialista, se impusieron nuevas condiciones a las compañías que explotaban servicios nucleoelectrónicos. Cuando se formó el primer Gobierno, se formuló una declaración general de principios, a la que siguió la llamada Ley de Estipulación. Dispone esta Ley que el propietario de una central nuclear, antes de recibir autorización para cargar su reactor por primera vez con combustible virgen, ha de acreditar que ha concertado un acuerdo satisfactorio de reelaboración y puede evacuar los desechos de actividad alta de manera completamente segura; o que está en condiciones de evacuar directamente, en forma totalmente segura, el combustible agotado. La Ley contiene, sin embargo, una disposición especial con respecto a la central Barsebäck 2, para la cual solo se requiere un contrato de reelaboración. Se ha aplicado la Ley de Estipulación a las centrales Barsebäck 2, Ringhals 3 y 4 y Forsmark 1 y 2, a todas las cuales se les han concedido autorizaciones conforme a la ley, sobre la base de contratos de reelaboración concertados con la empresa Cogema*, y trabajos de investigación y desarrollo relacionados con la vitrificación de desechos de alta actividad procedentes de las operaciones de reelaboración. Este trabajo se lleva a cabo bajo la dirección de las compañías de electricidad que explotan centrales nucleoelectrónicas (que constituyen el llamado proyecto KBS [1], que lo financian en su totalidad. También se ha estudiado la cuestión del almacenamiento definitivo del combustible agotado no reelaborado [2].

El estudio de la situación general con respecto a la totalidad de los desechos nucleares se ha traducido en la promulgación de nuevas leyes, la más importante de las cuales es la llamada Ley de Financiamiento. Algunas disposiciones de esta Ley entraron en vigor el 1 de julio de 1981, y otras el 1 de enero de 1982.

Ahora ha quedado establecido por ley que incumbe al titular de una concesión para explotar una central nucleoelectrica la plena responsabilidad (técnica y financiera) respecto a los desechos nucleares que la central genere. Por encima de ese nivel legal, el Estado sueco asume la responsabilidad global. Con objeto de allegar fondos para atender los gastos que se ocasionen en la fase final del ciclo del combustible nuclear y con motivo del cierre definitivo de centrales nucleoelectricas, las empresas eléctricas han de pagar al Estado un canon proporcional al volumen de su producción de energía nucleoelectrica. Este canon, exigible desde el 1 de enero de 1982, se ha cifrado, para el año 1982, en 0,017 coronas suecas por kWh**. Los fondos así allegados se depositarán en una cuenta en el Banco de Suecia y devengarán intereses. Responsable de los fondos es un organismo de nueva creación: la Junta Nacional del Combustible Agotado.

Esta Junta autorizará en su día la utilización de los fondos a los fines previstos y, entretanto, también puede emplearlos para conceder préstamos a las empresas eléctricas. Cada año, la Junta sugerirá al Gobierno el canon que debe regir durante el ejercicio siguiente. Igualmente, la Junta conocerá y examinará los planes que tracen y las medidas que tomen las compañías eléctricas explotadoras de centrales nucleares, con relación a los aspectos de la gestión de desechos nucleares de que sean responsables. La Swedish Nuclear Fuel Supply Co. (SKBF)*, organismo de propiedad conjunta de las compañías suecas explotadoras de centrales nucleares, tiene a su cargo todas las fases de los trabajos que han de llevar a cabo las empresas nucleoelectricas: investigación y desarrollo, planificación, construcción y funcionamiento. La compañía cada año a la Junta sus planes futuros en cuanto a la fase final del ciclo del combustible, etc.

Las empresas suecas explotadoras de centrales nucleoelectricas ya habían definido en 1977 su futura obligación financiera respecto de la fase final del ciclo del combustible nuclear en una carta dirigida al Gobierno, y habían requerido una exención de impuestos para reservar internamente los fondos necesarios para atender a esa obligación. Más tarde, el Parlamento decidió sobre el caso y, por consiguiente, hasta enero de 1982 las obligaciones futuras de las empresas nucleoelectricas suecas quedaban cubiertas con reservas internas. Ahora, sin embargo, estos fondos de reserva interna han de disolverse en la medida en que correspondan a trabajos comprendidos en la Ley de Financiamiento.

Planificación actual

Sobre la base de los antecedentes expuestos, la SKBF ha formulado planes globales para el futuro, con objeto de definir mejor las medidas técnicas que será necesario tomar y los gastos que ello entrañe. Para dar idea del futuro, se ha escogido un escenario considerado prudente, especialmente con respecto a los cálculos económicos, que se recoge en la figura 1.

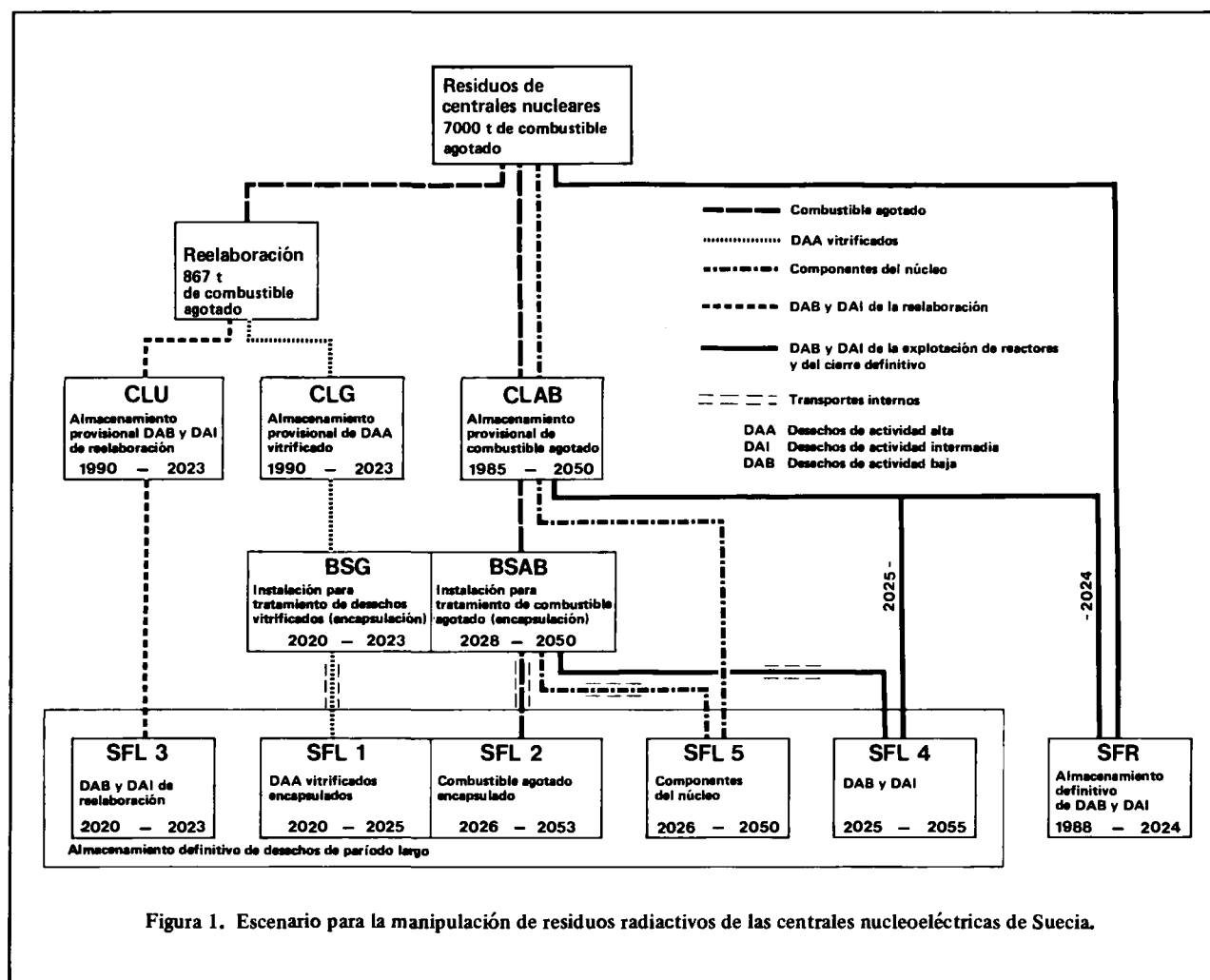
Cabe suponer que este escenario dará como resultado unas 7000 toneladas de combustible nuclear agotado. Suecia tiene contratos para la reelaboración de 867 toneladas. Esta cantidad contratada de combustible agotado será enviada a las plantas de reelaboración y almacenada allí antes de ser reelaborada. Hasta el momento no se han efectuado envíos a la Cogema, pero este verano se enviarán a la BNFL** 140 toneladas. Se piensa iniciar a finales de año los envíos a Francia, que comprenden la cantidad restante de combustible agotado. En lo que se refiere al almacenamiento de residuos de actividad baja, media y alta que regresen de la planta de la Cogema en el futuro, la SKBF estudia la construcción de instalaciones especiales para el almacenamiento provisional de dichos residuos hasta que se pueda disponer de instalaciones de almacenamiento permanente y definitivo. No se cuenta con iniciar el almacenamiento definitivo de dichos residuos antes del año 2020, por lo menos.

* Compagnie générale des matières nucléaires (Francia).

** En abril de 1982, una corona sueca valía aproximadamente 0,17 dólares de los Estados Unidos.

* Svensk Kärnbänsleförsörjning Ab.

** British Nuclear Fuels Limited, (Reino Unido).



En cuanto al combustible agotado que no se haya de reelaborar, lo primero que se necesita son instalaciones para el almacenamiento provisional del combustible nuclear agotado, instalaciones que se encuentran ya en construcción (como se indica con más detalle a continuación) y que se espera poner en funcionamiento en 1985. También se estudia la solución basada en la evacuación directa del combustible agotado, con los propios medios de la SKBF; y en los planes formulados se ha incluido la instalación correspondiente a esta posibilidad.

Otra instalación que se necesita con bastante urgencia es la destinada al almacenamiento definitivo de desechos de actividad baja e intermedia procedentes de la explotación de reactores nucleares. La entrada en servicio de una instalación de este tipo está prevista para 1988.

Trabajos en curso

La labor de investigación y desarrollo se centra en el aporte de datos para la realización de las instalaciones de almacenamiento necesarias y para poder demostrar que ese almacenamiento definitivo puede realizarse con altísimo grado de seguridad. El programa comprende todas las facetas, y hoy en día se atiende primordialmente a las complejísimas interacciones existentes entre los desechos, su entorno natural y las barreras artificiales necesarias.

Se ha iniciado un programa de sondeos en el curso del cual se investigarán diversos emplazamientos. Esto se hace a fin de caracterizar los emplazamientos en cuanto a los aspectos del lecho de roca cristalina y de su permeabilidad, así como de obtener información en la medida suficiente para poder elegir un emplazamiento apropiado para el almacenamiento definitivo. De acuerdo a lo proyectado, esta elección se hará hacia el año 2000.

Cabe mencionar aquí que esa misma investigación de las propiedades básicas de las rocas cristalinas suecas se está efectuando en el marco de un proyecto cuadrianual de investigaciones de la OCDE*, el llamado proyecto Stripa. Se trata de un proyecto que administra la SKBF y en el que participan el Canadá, los Estados Unidos, Finlandia, Francia, el Japón y Suiza. Se está investigando un lecho de roca cristalina adyacente a la antigua mina de hierro de Stripa, en Suecia, que ya no se explota.

El escenario sueco correspondiente a la fase final del ciclo del combustible requiere medios de transporte. Como todas las centrales nucleoelectricas suecas están situadas en la costa, se ha optado por un sistema de transporte marítimo, que ya está en vías de adquisición. En los astilleros franceses Ateliers et Chantiers du Havre se encuentra en construcción un buque de diseño

* Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos.

DATOS TECNICOS	
Eslora total	90,60 m
Manga	18,00 m
Puntal	6,65 m
Calado	4,00 m
Peso muerto	aprox. 1900 t
Carga útil	aprox. 1200 t
Potencia motriz	2x 1590 HP
Velocidad	11 Nudos

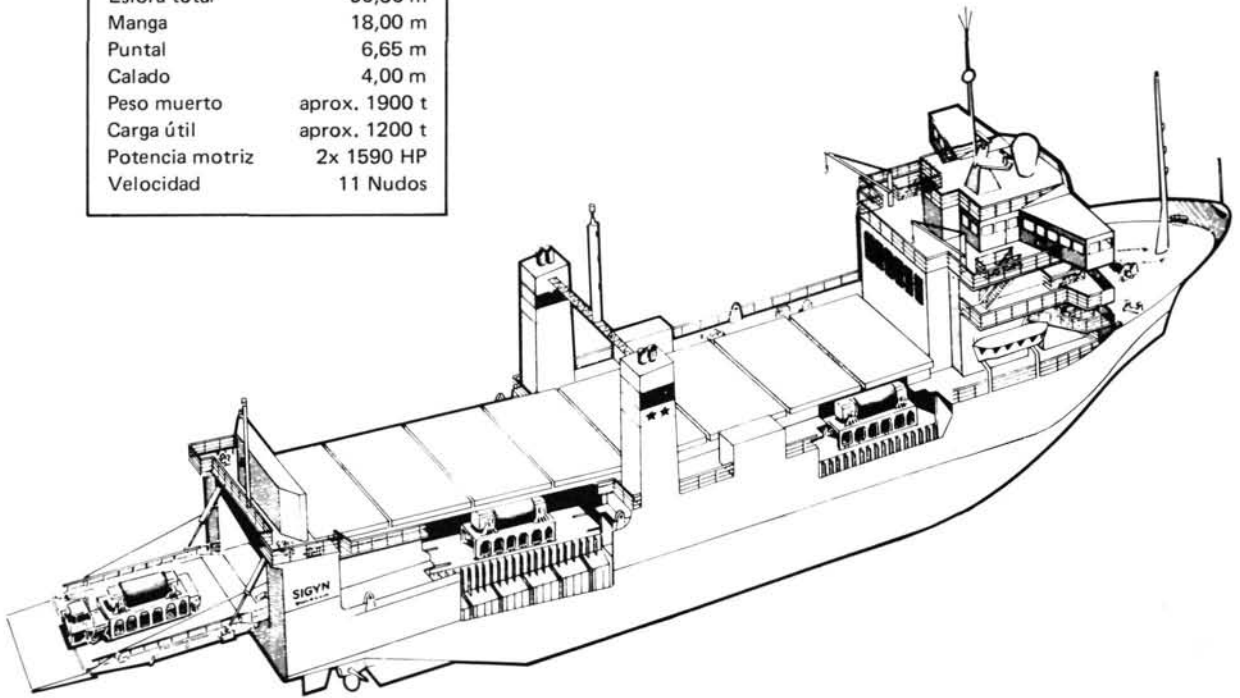


Figura 2. Disposición general del barco de transporte.

especial, que será entregado a fines de agosto del año en curso. El buque ha sido diseñado por la firma sueca Salén Technologies AB y será propiedad de la Sofrasam Company, filial francesa de la SKBF (SKBF 68%, Cogema 32%), que también a su cargo la explotación del buque de transporte. Del funcionamiento de éste se encargará la empresa francesa Compagnie Maritime de Chargeurs Réunis. La primera misión del buque será la de transportar de Suecia a Francia combustible nuclear agotado. Más tarde, cuando esté habilitada (en 1985) la instalación de almacenamiento intermedio de combustible agotado (Clab), el buque servirá también para transportar combustible nuclear agotado de las centrales nucleoelectricas a esta instalación sita en el emplazamiento de una de las centrales, la de Oskarshamn.

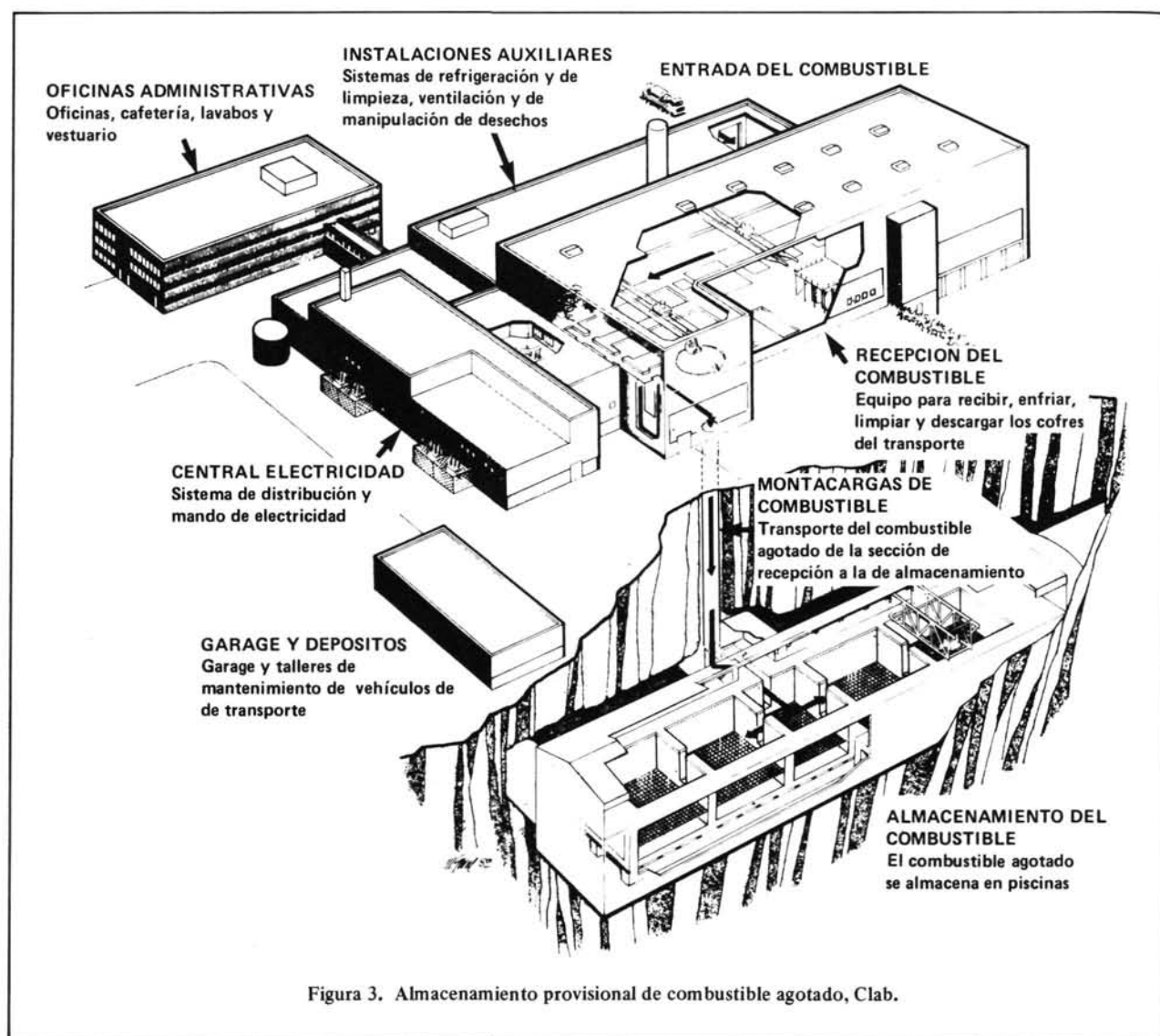
El buque de transporte (Figura 2) está construido para el servicio de alta mar y está diseñado de manera que la carga pueda embarcarse ya sea utilizando un vehículo de transporte que la suba al buque por una rampa situada en la parte posterior de éste, o mediante grúas que la carguen en la bodega, a través de escotillas que forman su techo. La bodega tiene doble fondo y dobles cubiertas. El buque está equipado con motores y hélices dobles. Como timonería lleva un servomotor electro hidráulico a proa y gemelos a popa. Está también clasificado para funcionar en aguas heladas. Los mamparos dispuestos

entre la bodega y la cámara sobre cubierta, así como entre la bodega y las salas de máquinas, se han construido de forma tal que funcionen como blindaje contra las radiaciones. Por lo tanto, no será necesario exigir restricciones especiales desde el punto de vista de protección radiológica para las zonas de trabajo y de alojamiento de los tripulantes.

Además, la SKBF está construyendo un almacén provisional para combustible agotado, el Clab, conforme a las especificaciones siguientes:

- Capacidad de almacenamiento: 3000 toneladas de uranio
- Capacidad de recepción: 300 toneladas de uranio por año
- Cuatro piscinas de almacenamiento y una de reserva 3000 m³ de agua por piscina, aproximadamente
- Profundidad aproximada de agua: 12,5 m
- Temperatura de régimen del agua: 32°C
- Temperatura de diseño de la piscina: 100°C

En esta instalación se puede almacenar el combustible nuclear agotado que resulte del funcionamiento de los reactores suecos hasta alrededor del año 2000, dada su capacidad de diseño, de 3000 toneladas de uranio, junto con la de las piscinas de almacenamiento dispuestas en los emplazamientos de reactores.



La piscinas de almacenamiento se dispondrán en una caverna rocosa de unos 65 000 m³ que tendrá las dimensiones aproximadas siguientes: 120 m de largo, 21 m de ancho y 27 m de alto. El espesor de la cubierta rocosa será de 25 a 30 metros. El Clab está situado en el emplazamiento de los reactores Oskarshamn, cerca de la pequeña localidad de Oskarshamn, en Suecia meridional. En la figura 3 se indican las características esenciales de la instalación. El coste total se calcula en unos 1200 millones de coronas suecas (a precios de 1981).

La siguiente instalación necesaria en Suecia es el cementerio definitivo para desechos de actividad baja e intermedia procedentes de los reactores en funcionamiento. También se proyecta construir la instalación de almacenamiento en una caverna rocosa. Los planes para esta instalación se encuentran actualmente bastante adelantados y la solicitud exigida conforme a la Ley de Protección Ambiental se presentó al Gobierno a fines de marzo de 1982. Según los planes, el cementerio estará situado en el emplazamiento de Forsmark. El volumen total de la caverna rocosa será de unos 500 000 m³; y el volumen de almacenamiento, de unos 250 000 m³.

Se proyecta excavar la caverna por debajo del Mar Báltico mediante túneles que partirán desde la costa, en la que se encontrará situada la entrada. La caverna tendrá una cobertura rocosa de unos 50 m de espesor, por encima de la cual habrá entre 5 y 10 metros de agua de mar.

Dicha instalación tendrá la capacidad suficiente para almacenar definitivamente los desechos de actividad baja e intermedia resultantes del funcionamiento de los reactores suecos, conforme a las directrices que dio el Parlamento para la explotación futura de reactores. Se ha previsto que la instalación estará en condiciones de recibir desechos en 1988. El coste total, comprendido el de las operaciones hasta el sellado final de la instalación se calcula en 1 100 000 coronas suecas (precios de 1982).

Referencias

- [1] Handling of spent nuclear fuel and final storage of vitrified high-level reprocessing waste, KBS, Dic. 1977.
- [2] Handling and storage of unprocessed spent nuclear fuel KBS, Sept. 1978.