

Técnica I

Energía nuclear y gestión del combustible gastado y residuos



Actualmente hay en España 7 plantas nucleares activas para la producción de energía eléctrica. Almaraz I y II (Cáceres), Ascó I y II, Vandellós II (Tarragona), Cofrentes (Valencia), y Trillo (Guadalajara), que de acuerdo con fuente REE, en el pasado año 2019, con una potencia total instalada de esta tecnología que supone actualmente el 6,8% del total (Ttl. en España 104.801 MW), han producido 55.824 GWh, el 22,6 % de la electricidad, situándose entre las distintas tecnologías en segundo lugar, tras las renovables (sin incluir hidráulica), cuyas potencias instaladas alcanzaban ya el 36%, produciendo el 29% de los respectivos totales. Además han constituido una fuente de energía denominada limpia, con un 36% entre esas energías de menores emisiones contaminantes al medioambiente. Hay otras 3 plantas ya paradas y en distintas fases de desmantelamiento: Santa María de Garoña (Burgos),

José Cabrera (Guadalajara) y Vandellós I (Tarragona).

Las 7 centrales hoy activas son del tipo (LWR), refrigeradas por agua ligera y a su vez se dividen en los tipos (PWR), reactores de agua a presión y (BWR), reactores de agua en ebullición. Todos ellos utilizan como combustible para la fisión nuclear barras de uranio enriquecidas al 3-4% en el isótopo fisil U235, fabricadas a partir del uranio natural que en la naturaleza se encuentra con porcentajes del 99,3% de U238 y solamente el 0,7% de U235. Las barras de

combustible, compuestas de pellets cerámicos de dióxido de uranio enriquecido UO₂, producidos en un proceso de sinterización, son introducidas en unas vainas metálicas resistentes a la corrosión, cerradas herméticamente y cargadas en el reactor en elementos de combustible compuestos por gran número de esas barras a distancias precisas. En este estado, antes de su utilización en el reactor, esos elementos son de baja radiación fácilmente manipulables y transportables. La instalación de "Juzbado", en Salamanca, fabrica este tipo

de elementos de combustible para las centrales.

El funcionamiento de estas centrales se basa en el aprovechamiento de la alta energía calorífica producida por las reacciones de fisión nuclear, para conseguir vapor de agua transformable en electricidad por medio de un conjunto turbina-generator.

En este tipo de reactores de agua ligera, el agua tiene una doble función, como moderador, disminuyendo la velocidad de los neutrones emitidos, que son absorbidos por los átomos pesados

Potencia eléctrica instalada peninsular a 31 de diciembre de 2019

	%
Nuclear	6,8%
Carbón	8,8%
Ciclo combinado	23,4%
Cogeneración	5,5%
Residuos no renovables	0,4%
Turbinación bombeo	3,2%
Eólica	24,1%
Hidráulica	16,3%
Solar fotovoltaica	8,2%
Solar térmica	2,2%
Otras renovables	1,0%
Residuos renovables	0,1%

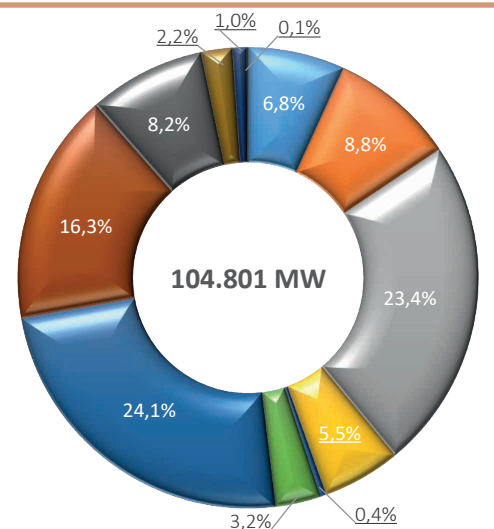


Fig.1 Potencia eléctrica Instalada en España

CENTRALES NUCLEARES EN ESPAÑA

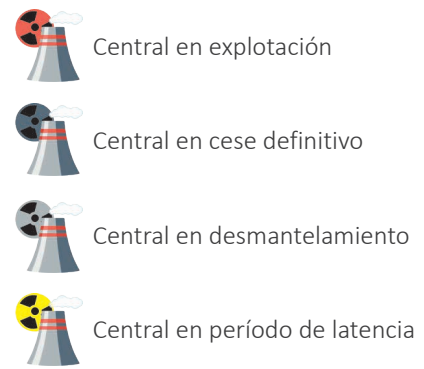


Fig.2 Esquema central PWR

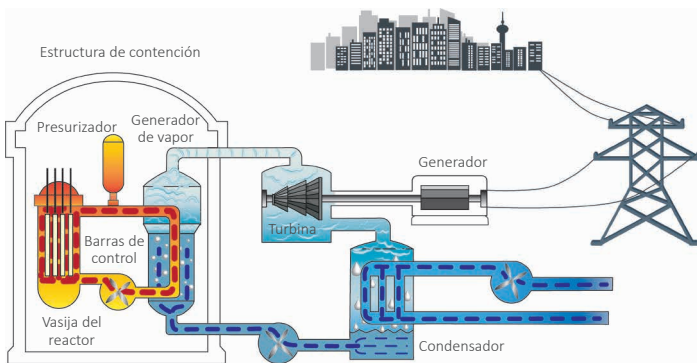
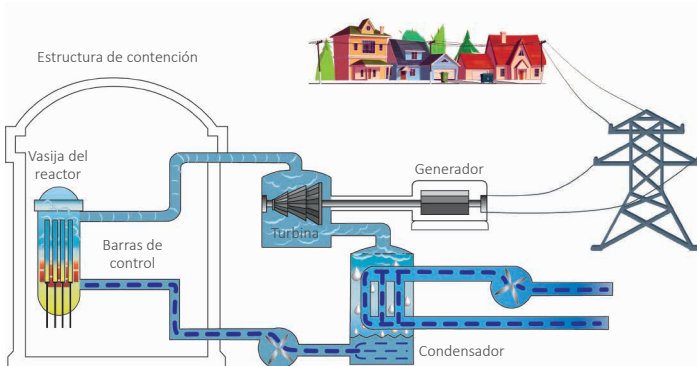


Fig.3 Esquema central BWR



del U235 manteniendo la reacción de fisión, y como refrigerante transmisor del calor a un intercambiador o directamente a la turbina, según el tipo PWR/BWR. El reactor tiene además numerosos elementos de control que limitan la población de neutrones y estabilidad de la reacción así como múltiples elementos de seguridad y blindaje que evitan liberación de radioactividad al exterior.

El principal reto que presenta este tipo de energía, a nivel mundial, es el tratamiento seguro de todo el combustible gastado (tras unos 3 años de producción en el reactor), y de otros residuos radioactivos producidos dentro de

los reactores, así como el de elementos radioactivos en los desmantelamientos al final de la vida útil de las plantas, para que no supongan ningún riesgo.

CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS RADIOACTIVOS

- Residuos de muy baja actividad (RBBA)

Son almacenado en Centros de almacenamiento, El Cabril, o en instalaciones de la planta que los ha producido.

- Residuos de baja y media actividad (RBMA)

Aquellos cuya actividad se debe a presencia de radionucleidos emisores beta o gamma de periodo de semidesintegración corto o medio (inferior a 30 años), y cuyo contenido en los de vida larga es muy bajo y limitado.

- Residuos especiales (RE)

Aditamentos del combustible nuclear, componentes generalmente metálicos, provenientes de la vasija e interior del reactor, y otros no susceptibles por su alta tasa de radiación por activación neutrónica, de ser gestionados en la instalación de almacenamiento definitivo hoy disponible en España, de El Cabril (Córdoba), para residuos de muy baja, baja y media actividad.

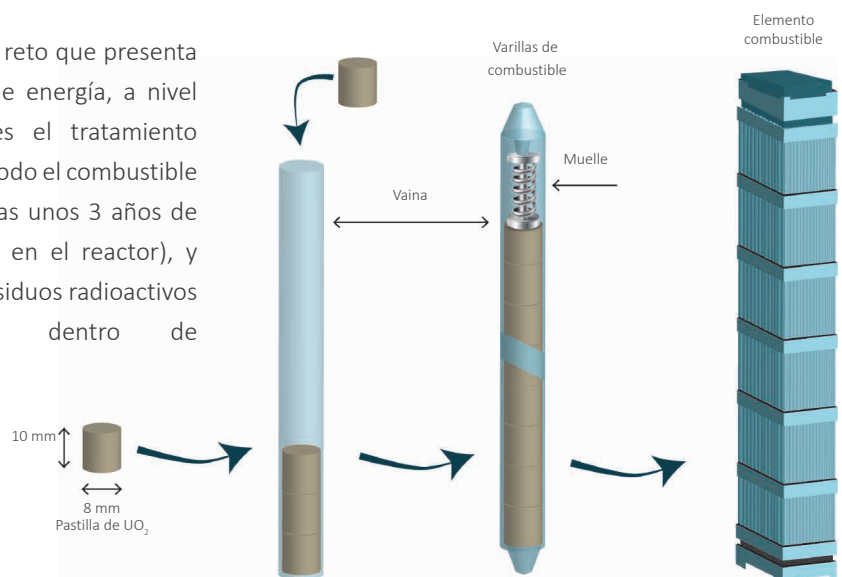


Fig.3 Elemento de combustible

- Residuos de alta actividad (RAA)

Contienen concentraciones significativas de emisores alfa de larga vida. Entre ellos se encuentra el combustible gastado (CG), que una vez descargado de los reactores no vaya a ser reprocesado, así como los residuos, ya vitrificados, producidos en el pasado en el reproceso.

Las cifras de la Tabla 1 implican que, a fecha de inventario, se ha generado ya el 30% de los residuos radiactivos previstos.

A lo largo de su vida útil, se estima que la flota europea de reactores nucleares producirá alrededor de 6,6 millones de m³ de residuos nucleares, excluidas Rusia y Eslovaquia. El cálculo incluye los desechos de la operación, el combustible nuclear gastado y el desmantelamiento del reactor. Con una participación del 30 por ciento, Francia sería el mayor productor de Europa de desechos nucleares, seguido por el Reino Unido (20%), Ucrania (18%) y Alemania (8%). Estos cuatro países representan más del 75% de los desechos nucleares europeos.

Los residuos de baja, media y alta radioactividad son tratados y almacenados de distinto modo.

Una vez finalizado su ciclo de producción en el reactor, el combustible gastado de alta radioactividad y que aún produce alto calor se almacena temporalmente en una piscina de agua situada dentro de la central, construida de hormigón con paredes de acero inoxidable, creando así una barrera a las radiaciones y permitiendo su enfriamiento.

Posteriormente existen las siguientes alternativas de tratamiento (Fig.4) :

Inventario total por tipo de residuo a 31 de diciembre de 2018

Tipo de residuo	Volumen aproximado (m ³)				
	Inventario a 31/12/18	Previsión Generación		Inventario total	
		Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
RBBA	22.500	117.900	84.000	140.400	106.500
RBMA	40.300	61.400	50.900	101.700	91.200
RE	200	5.900	5.800	6.100	6.000
CG Y RAA	7.300	3.300	2.800	10.600	10.100
TOTAL	70.300	188.500	143.500	258.800	213.800

Tabla 1- Inventario Nacional, publicado por ENRESA 14 julio 2020

CICLO ABIERTO: Tras un periodo de estancia indefinido en los RACKS de las piscinas, o si se produce una saturación de la capacidad de las piscinas en un almacenamiento en seco posterior en un ATI (almacén temporal individualizado), se acondiciona el combustible gastado para almacenamiento definitivo como residuo.

CICLO CERRADO: Tras su almacenamiento temporal se reprocesa el combustible gastado separando el uranio restante y el plutonio producido, para utilizarlos posteriormente en otros reactores de fisión. Los residuos de alta radioactividad

(RAA) son vitrificados para su almacenamiento final en contenedores.

CICLO CERRADO AVANZADO: Con transmutación aún en desarrollo especialmente por Francia y Japón.

En España no se ha tomado aún decisión definitiva entre el ciclo abierto o cerrado, pero si como está anunciado se cierra el programa nuclear en próximos años, sin la necesidad de obtención de nuevos combustibles a partir de los reprocesos, posiblemente se optará por el primero que requiere menores inversiones.

La empresa ENRESA, desde 1984, es la entidad del sector público responsable en España de la gestión del inventario de los residuos radioactivos en general, producidos en cualquier punto de nuestro país, recogidos, tratándolos, acondicionándolos y almacenándolos bajo normativa del Plan de residuos aprobado en el Parlamento.

Aparte del uso mayor, y más conocido, de materiales radioactivos en centrales eléctricas nucleares, se gestionan por parte de Enresa otros usos en aplicaciones médicas e industriales,

OPCIONES DE GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE GASTADO

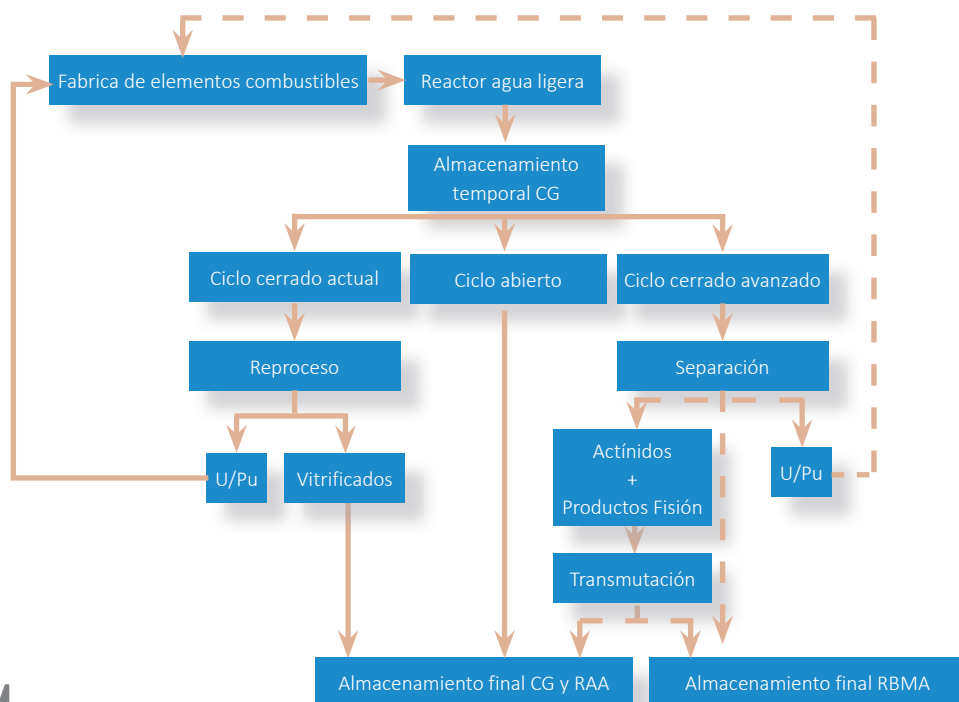


Fig.4 Opciones de gestión del combustible gastado

o relacionadas con la Investigación, realizadas en instalaciones autorizadas, diferentes de las centrales.

El Plan General de Residuos Radioactivos, aprobado en 2006, estableció la necesidad de un ATC (Almacenamiento Temporal Centralizado), donde mantener por 60 años los residuos de alta radioactividad.

En 2011, tras una evaluación de distintas localizaciones el Ministerio de Industria preseleccionó Villar de Cañas, Cuenca para su construcción, pero esta decisión quedó finalmente paralizada, por el Ministerio de Transición Ecológica, por la oposición de la Junta de Castilla-La Mancha y finalmente desestimada el pasado febrero 2020 por parte de Enresa, con el cierre del concurso de la obra.

Independientemente de que la Energía eléctrica nuclear sea o no definitivamente abandonada en España en un futuro próximo, con un cierre escalonado de las presentes centrales en funcionamiento, la construcción del ATC en algún emplazamiento se hace cada vez más urgente. Una vez los almacenamientos temporales en piscinas y ATI de las centrales llegan a su saturación, a la vez que los combustibles gastados procedentes de Vandellós, una vez reprocesados en Francia, están ya actualmente sujetos a penalizaciones por retraso del transporte y almacenamiento definitivo, en España, como residuos ya vitrificados de alta y media radiación.

Este ATC daría cabida a los productos radioactivos actualmente en almacenes

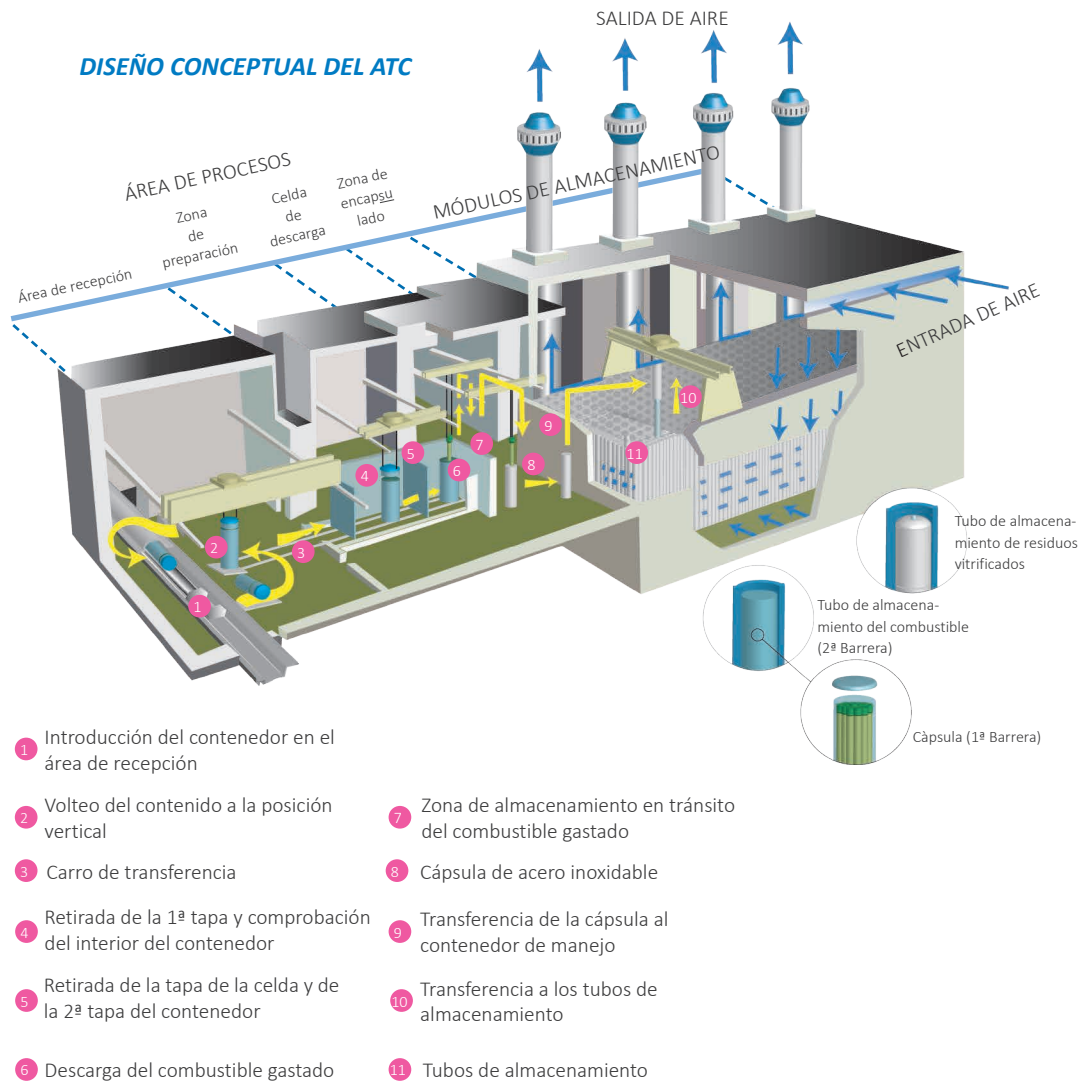


Fig.5 Diseño del ATC. Fuente ENRESA

temporales en las centrales, a los residuos que lleguen procedentes de reprocesamiento en Francia, así como a los nuevos que se produzcan hasta las paradas definitivas de cada central y los producidos durante sus desmantelamientos respectivos.

Un siguiente paso sería el almacenamiento geológico profundo (AGP), en formaciones geológicas estables a gran profundidad, que es la solución internacionalmente aceptada para la gestión final de los combustibles gastados y otros residuos de alta.

El acero inoxidable contribuye

al almacenamiento seguro de estos residuos altamente radioactivos, tanto en las piscinas de las centrales, como material de fabricación de los bastidores, como también material que forma parte de los contenedores (CASK) de transporte y almacenamiento en seco en los actuales ATI, y futuro ATC (Fig5).

El siguiente reportaje de la empresa ENSA muestra los diversos productos que fabrica para el almacenamiento seguros de estos residuos, y de los que forman parte importante elementos de aceros inoxidables.

Bibliografía y recursos web :

<https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2020/03/las-renovables-superan-ya-en-potencia-instalada-al-resto-de-fuentes-de-energia-en-la-peninsula#>

<http://www.enresa.es/esp/24-actividades-y-proyectos>

https://www.boell.de/sites/default/files/2019-11/World_Nuclear_Waste_Report_2019_Focus_Europe_0.pdf