

GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS EN ESPAÑA

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT IN SPAIN

Jorge Lang-Lenton. Director de Comunicación de ENRESA / Communication Director, ENRESA.

This article contains a general description of radioactive waste management in Spain. It begins with an explanation of the administrative organization for undertaking this function, with special emphasis on the characteristics and mission of ENRESA, the waste management firm. An inventory of the waste generated in Spain is then provided, in the scenario considered in the 5th General Radioactive Waste Plan, followed by a description of the strategies used to treat low- and intermediate-level and high-level radwaste, as well as the work being developed to dismantle the Vandellós-I NPP. Finally, there is a brief description of the established financing system.

ADMINISTRATIVE ORGANIZATION FOR RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT. ENRESA

The Ministry of Industry, Trade and Tourism (MICT) is the body responsible for granting the permits and licenses necessary for developing nuclear and radioactive activities in Spain. Before these licenses are granted, the MICT must previously have a binding report from the Consejo de Seguridad Nuclear, which is an independent body of the State's General Administration created by Law 15/1980, and the only one with competencies in matters of Nuclear Safety and Radiological Protection. The Consejo de Seguridad Nuclear is bound by law to report every year to the nation's Parliament, which controls it through a specific committee.

- The Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA) is the company in charge of radioactive waste management. It was created by

En este artículo se hace una descripción general sobre la gestión de los residuos radiactivos en España. Se inicia exponiendo la organización administrativa para llevar a cabo esta función, destacando especialmente las características y misión de ENRESA, empresa gestora de los residuos. A continuación se expone el inventario de residuos que se generan en España en el escenario que contempla el 5º Plan General de Residuos Radiactivos, pasando seguidamente a describir las estrategias empleadas en el tratamiento de los residuos radiactivos de baja y media actividad y en los de alta actividad, así como las labores desarrolladas para el desmantelamiento de la C. N. Vandellós I, finalizando con una referencia al sistema de financiación establecido.

ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS. ENRESA

El Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (MICT) es el órgano competente en el otorgamiento de permisos y licencias para desarrollar las actividades nucleares y radiactivas en España. Para dar estas licencias, el ME ha de contar con el informe previo, vinculante, del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), que es un organismo independiente de la Administración General del Estado, creado por la Ley 15/1980, y que es el único competente en materia de Seguridad Nuclear y Protección

Radiológica. El CSN está obligado, por ley, a informar anualmente al Parlamento de la Nación, que le controla a través de una Ponencia específica.

- La Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA) es la encargada de la gestión de los residuos radiactivos. Fue creada, por Decreto Ley de 4 de julio de 1984, para gestionar los residuos radiactivos que se generan en España, llevar a cabo los desmantelamientos de centrales nucleares y restaurar adecuadamente las minas de uranio cerradas.

ENRESA se ha configurado como una empresa de gestión,

es decir, su trabajo fundamental está en definir y especificar las distintas actuaciones que precisa, tales como las instalaciones de almacenamiento de residuos radiactivos, procesos de desmantelamiento de instalaciones, proyectos de I+D, etc., y los trabajos los contrata a instituciones especializadas, empresas de ingeniería y de bienes de equipo, centros de investigación, universidades, etc., los cuales desarrollan los trabajos bajo el seguimiento e inspección de esta empresa.

ENRESA ha de presentar al MICT, durante el primer semestre de cada año, una memoria de las actividades desarrolladas durante el año anterior, así como un documento con la planificación de los trabajos a realizar a corto, medio y largo plazo, el cual se conoce como Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR). El contenido básico del mismo se puede resumir en:

- Análisis de la situación y establecimiento del escenario de referencia.
- Inventario de residuos radiactivos.
- Soluciones técnicas aplicables y definición del programa de actuaciones para los distintos tipos de residuos y actividades.
- Situación internacional
- Planes de I+D
- Estudio económico-financiero con estimación de costes.

El PGRR es un documento que ha de aprobar el Consejo de Ministros, a propuesta del MICT, dando posteriormente conocimiento de él al Parlamento.

ENRESA es una empresa pública que pertenece al Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) (antigua JEN, Junta de Energía Nuclear) (80%) y a la Sociedad Estatal de Participa-

ciones Industriales (SEPI) (antiguo INI, Instituto Nacional de Industria) (20%).

INVENTARIO DE RESIDUOS RADIATIVOS A GESTIONAR EN ESPAÑA

Las instalaciones existentes actualmente en España susceptibles de generar residuos radiactivos se concretan en: siete centrales nucleares con nueve reactores; una fábrica de elementos combustibles; y del orden de mil instalaciones nucleares.

Según las previsiones del Quinto Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR) –bajo la hipótesis de 40 años de vida útil para el actual parque de centrales nucleares, no reprocesado del combustible gastado y desmantelamiento de las centrales tras finalizar su vida útil– las cantidades de residuos, ya generadas y por generar, son de 193.600 m³ de residuos de baja y media actividad (RBMA) y 10.000 m³ de Combustible Gastado (CG) incluidos en ellos los 80 m³ de Vitrificados de Vandellós I (ver cuadro 1).

Respecto a los residuos de baja y media actividad, el mayor porcentaje se debe a los que tienen su origen en el desmantelamiento de centrales nucleares, 69,78% sobre el total, los que proceden de aplicaciones no energéticas (medicina, investigación, industria, etc) representa el 4,30%, el 25,92% restante corresponde en su práctica totalidad a residuos de operación de las centrales nucleares.

En cuanto a los residuos de alta actividad, se hace la diferenciación entre combustible gastado y vitrificados de Vandellós I. Los vitrificados de Vandellós I son los residuos de alta actividad procedentes del reproceso del combustible de la Central de Vandellós I. Esta instalación, de

a decree-law dated July 4, 1980 to manage the radioactive waste generated in Spain, dismantle nuclear power plants, and suitably reclaim closed uranium mines.

ENRESA has been set up as a management company, i.e. its primary job is to define and specify different courses of action as needed, such as radwaste storage facilities, installation dismantling processes, R&D projects, etc. It contracts the jobs out to specialized organizations, engineering and equipment firms, research centers, universities, etc., which execute the work under this company's management and supervision.

During the first six months of every year, ENRESA must submit a report to the MICT on the activities carried out during the previous year, as well as a document containing a planning of the work to be undertaken in the short-, medium- and long-term. This is known as the General Radioactive Waste Plan (PGRR). The contents of this document are basically as follows:

- Analysis of the situation and establishment of a reference scenario.
- Radioactive waste inventory.
- Applicable technical solutions and definition of the course of action for the different types of waste and activities.
- International situation.
- R&D plans.
- Economic-financial study with cost estimates.

The PGRR is a document that must be approved by the Council of Ministers, at the MICT's proposal, and subsequently submitted to Parliament.

ENRESA is a public enterprise that is owned by the Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) (formerly the JEN – Junta de Energía Nuclear) (80% share) and the Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI or the former INI – Instituto Nacional de Industria) (20%).

INVENTORY OF RADIOACTIVE WASTE TO BE MANAGED IN SPAIN

The facilities currently existing in Spain that are likely to generate radioactive waste are as follows: seven nuclear power plants with nine reactors; a fuel assembly factory; and around one thousand nuclear installations.

According to the estimates of the Fifth General Radioactive Waste Plan (PGRR) – assuming 40 years of effective lifetime for the current nuclear power plant fleet, no reprocessing of spent fuel and dismantling of the plants after the end of their effective lifetimes – the quantities of waste that have already been and will be generated are

193,600 m³ of low- and intermediate-level waste (LILW) and 10,000 m³ of Spent Fuel (FS), including the 80 m³ of vitrified material from Vandellós-I (see table 1).

Most of the low- and intermediate-level waste (69.78% of the total) comes from nuclear power plant dismantling, whereas non-energy applications (medicine, research, industry, etc.) account for 4.30% and practically all of the remaining 25.92% corresponds to waste from nuclear power plant operation.

As for high-level waste, a differentiation is made between spent fuel and vitrified materials from Vandellós-I. Vandellós-I vitrified materials are the high-level wastes resulting from reprocessing of the Vandellós-I power plant fuel. This facility, built with French technology, was a graphite-gas and natural uranium type plant. Because of its characteristics, the fuel could not be stored for a long time in the plant's pools, and therefore it had to be reprocessed shortly after being unloaded from the reactor.

STRATEGY FOR LOW- AND INTERMEDIATE-LEVEL RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT (LILW)

The strategy followed for this type of waste is definitive storage. By using existing technologies, the radionuclides and radioactivity are prevented from reaching the biosphere during their active life. Barriers are created around the waste to seal and immobilize them, thus avoiding the possibility of irradiation or contamination of living beings.

The barriers used are engineered barriers built of man-made materials that must remain stable for 300 years, which is the time it takes the radioactivity of the stored waste to reach natural fund levels.

In Spain, the repository for low- and intermediate-level waste is in the municipal district of Hornachuelos (Cordoba) and is known by the name of the estate where it is located – El Cabril. It is a surface facility based on multiple engineered barriers, its operation is automatic by remote control, and it is equipped with a long-term control system for infiltrations.

Wastes are stored in solid state and, until they reach their final destination, they pass through several prior stages of processing, transportation, verification and final processing and storage.

STRATEGY FOR HIGH-LEVEL RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT

When the spent fuel is removed from the reactor, it is placed in the plant's own pool so that it

Tabla I / Table I
Inventario estimado de residuos radiactivos y combustible gastado a gestionar en España.
Estimated Inventory of Radwaste and Spent Fuel to be Managed in Spain

Residuos de Baja y Media Actividad Acondicionados Processed Low- and Intermediate-Level Waste	
Fabricación de elementos combustibles Fuel assembly manufacturing	1.400
Operación de centrales nucleares Nuclear power plant operation	43.800
Actividades investigación y aplicación de radisótopos Research activities and radioisotope applications	8.300
Desmantelamiento de centrales nucleares Nuclear power plant dismantling	135.100
Desmantelamiento de otras instalaciones Dismantling of other installations	1.100
Otros / Others	3.900
TOTAL (m³)	193.600
Combustible Gastado y Residuos de Alta Actividad ^(I) Spent Fuel and High-Level Waste ^(I)	
Combustible Gastado (tU) / Spent fuel (tU)	6.750
Combustible Gastado (nº elementos) Spent fuel (nº of assemblies)	19.680
Vitrificados Vandellós I (m ³) Vandellós-I vitrified material (m ³)	80
Fuente: 5ª PGRR. (I) El volumen total equivalente, en base al tipo de cápsula supuesto para su almacenamiento definitivo, sería de unos 10.000 m ³ .	
Source: 5ª PGRR. (I) The total equivalent volume, based on the type of canister proposed for definitive storage, would be some 10,000 m ³ .	

tecnología francesa, era del tipo grafito-gas y de uranio natural; debido a sus características, su combustible no se podía almacenar largo tiempo en las piscinas de la central, por lo que era necesario reprocesarlo poco después de su descarga del reactor.

ESTRATEGIA PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS DE BAJA Y MEDIA ACTIVIDAD (RBMA)

La estrategia seguida para este tipo de residuos es su almacenamiento definitivo, utilizando las tecnologías existentes se impide que los radionucleidos y la radiactividad lleguen a la biosfera

durante su vida activa. Se crean barreras entorno de los residuos, con lo que se les sella e inmoviliza, impidiendo la posibilidad de irradiación o contaminación de los seres vivos.

Las barreras empleadas son de ingeniería, construidas con materiales fabricados por el hombre, pues el tiempo que han de permanecer estables es de 300 años, periodo que tarda la radiactividad de los residuos almacenados en alcanzar los niveles de fondo natural.

En España el almacén para los residuos de baja y media actividad, está situado en el término municipal de Hornachuelos (Córdoba), y es conocido por el nombre de la finca en que se

encuentra, El Cabril. Es una instalación en superficie basada en barreras múltiples de ingeniería, su operación es automática mediante control remoto y dispone de un sistema de control a largo plazo para infiltraciones.

Los residuos se almacenan en estado sólido, y hasta llegar a su destino final pasan por las etapas de acondicionamiento previo, transporte, verificación y acondicionamiento final y almacenamiento.

ESTRATEGIA PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS DE ALTA ACTIVIDAD (RAA)

El combustible gastado, una vez que se retira del reactor, se deposita en la piscina de la propia central con el fin de que pierda calor y decaiga su actividad radiológica. Tras esta primera etapa, el combustible pasa a una segunda fase denominada "Almacenamiento Temporal", la cual se prolongará durante el tiempo necesario hasta su "Gestión final".

El almacenamiento temporal se puede efectuar: en húmedo, en piscinas; y en seco, en contenedores metálicos o de hormigón, depositando estos en espacios abiertos o cerrados. Con ambas técnicas es posible construir un almacén centralizado (ATC) para el conjunto de un país, o almacenes individuales para cada central (ATI).

En España se emplean las piscinas de las centrales como almacenes temporales, hasta la saturación de las mismas o hasta el desmantelamiento de la instalación, razón por lo que a estas piscinas se les ha dotado de la mayor capacidad posible. Cuando se da una de estas circunstancias se procede, por ahora, al almacenamiento del combustible

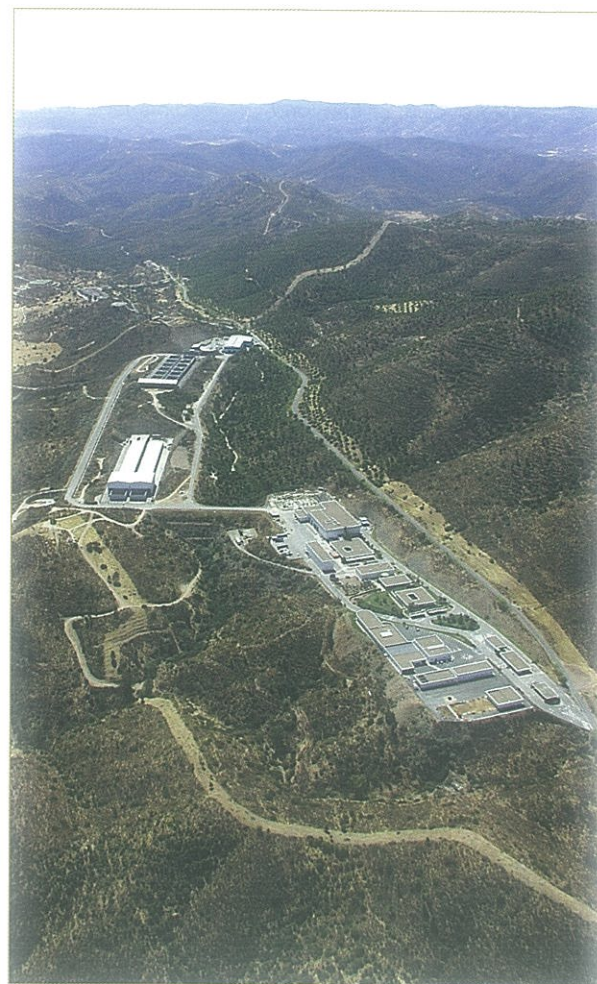
gastado en contenedores metálicos que son depositados en almacenes construidos en los terrenos de la propia central (ATI). Este es el caso de la central nuclear de Trillo que, tras la saturación de su piscina, se ha construido un almacén en los terrenos de la propia central en el que se depositan los contenedores metálicos en los que se confina el combustible gastado. Estos contenedores se construyen por la empresa Equipos Nucleares en Santander y se han diseñado con el doble propósito de almacenamiento y transporte, lo que significa que el traslado del combustible no requiere cambio de confinamiento.

En el Quinto Plan General de Residuos, actualmente en vigor, se contempla la conveniencia de que en torno a 2010 estará en funcionamiento un almacén centralizado para el conjunto del país. El almacenamiento está previsto que sea en seco, pero aún no se ha iniciado el proceso de selección de su ubicación.

GESTIÓN FINAL

Actualmente se presentan dos vías: Almacenamiento Geológico Profundo (AGP), tecnológicamente desarrollado, aunque sin ninguna realización industrial en el mundo para combustible gastado; y Separación y Transmutación (S y T), en los albores de su investigación.

El AGP fundamenta su tecnología, al igual que en el caso de los RBMA, en la creación de barreras en torno a los residuos, de tal manera que impidan que los radionucleidos lleguen a la biosfera durante su vida activa, evitando de esta manera que se produzca irradiación o contaminación de los seres vivos. Como los residuos de alta actividad tienen unos periodos de semidesintegración muy



Vista aérea de El Cabril.
Aerial view of El Cabril.

can cool off and lose radioactivity. After this first stage, the fuel passes on to a second phase called "Temporary Storage", which lasts as long as necessary up to "Definitive Treatment".

Temporary storage may either be wet storage in pools or dry storage in metal or concrete casks that are placed in open or closed spaces. With both techniques, either a centralized storage (ATC) can be built for the whole country, or else individual repositories can be built for each plant (ATI).

In Spain, the plant pools are used as temporary storages until they become saturated or until the facility is dismantled, and for this reason these pools have been built with as much capacity as possible. When one of these circumstances arises, the procedure for now is to store the spent fuel in metal casks that are placed in repositories built on plant grounds (ATI). This is the case of the Trillo nuclear power plant where, after its pool became saturated, a repository was built on the plant grounds to store the metal casks in which the spent fuel is confined. The company that builds these casks is Equipos Nucleares, in Santander, and the

casks have been designed for the dual purpose of storage and transportation, which means that moving the fuel does not require a change of container.

According to the current Fifth General Waste Plan, a centralized storage for the whole country will be in operation by the year 2010. It is expected to be dry storage, but the site selection process has still not begun.

DEFINITIVE TREATMENT

There are currently two approaches: Deep Geological Storage (DGS), which is technologically developed but has not been industrially implemented anywhere in the world; and Separation and Transmutation (S&T), which is in the early days of research.

Just as in the case of LLW, the DGS technology is based on the creation of barriers around the waste to prevent radionuclides from reaching the biosphere during their active life and thus preventing irradiation or contamination of living beings. As high-level wastes have very long semi-decay periods, they require barriers that are able to effectively accomplish their mission during long periods of time. For this reason, in this technology, the engineered barriers are reinforced with geological barriers – granite, clayey or saline rock.

The purpose of the Separation and Transmutation technology is to diminish the radioactivity of the waste. To do this, the assemblies in which the spent fuel is located are first chemically separated. "Targets" are made with each of the long-lived radionuclides, and these are bombarded with neutrons to transform them (transmute them) into other isotopes that are either radioactive or non-radioactive and, if they are radioactive, have shorter semi-decay periods than the original radionuclide.

At present, Spain allots significant resources to its R&D programs that focus on the technical and economic viability of this technology. It must be remembered, however, that there would always be a certain volume of high-level, long-lived material that would have to be stored in a DGS.

The government of Spain has commissioned ENRESA to make an in-depth study of both technologies so that a decision can be made in 2010 on which procedure would be the most suitable one for final treatment of this type of material.

DISMANTLING OF VANDELLOS-I

The Vandellós-I NPP definitively ceased to produce in October 1989, and the decision was made to dismantle it. ENRESA designed the



Contenedor de combustible gastado de la central nuclear de Trillo.
Trillo nuclear power plant spent fuel cask.

altos se requieren unas barreras capaces de cumplir su misión con eficacia durante largo espacio de tiempo, razón por la que en esta tecnología se han reforzado las barreras de ingeniería con barreras geológicas –rocas graníticas, arcillosas o salinas–.

La Separación y Transmutación es una tecnología en investigación que tiene por objetivo la disminución de la radiactividad de los residuos. Para llevarlas a cabo, en primer lugar se han de separar químicamente los elementos que se encuentran en el combustible gastado. Con cada uno de los radionucleidos de larga vida se fabricarían "blancos", los cuales se bombardearían con neutrones para transformarlos (transmutarlos) a otros isótopos, radiactivos o no, y, en el caso de serlo, con periodos de semidesintegración más cortos que los que tenía el radionucleido original.

En la actualidad España dedica importantes recursos en sus programas de I+D destinados a estudiar la viabilidad técnica y económica de esta tecnología. Es importante resaltar, no obstante, que siempre quedaría un volumen de material de alta actividad y larga vida que habría que almacenar en un AGP.

ENRESA ha recibido del Go-

bierno de España el encargo de profundizar en el estudio de ambas tecnologías, con el fin de que en el año 2010 se pueda tomar una decisión sobre cual sería el procedimiento más adecuado para el tratamiento definitivo de este tipo de materiales.

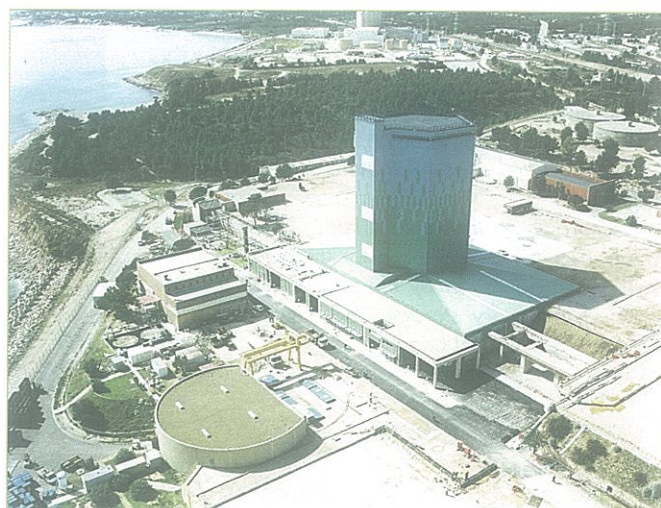
DESMANTELAMIENTO DE VANDELLOS I

La central Vandellós I cesó definitivamente en su actividad productiva en octubre de 1989, decidiéndose que había de ser desmantelada. ENRESA diseña el Plan de Desmantelamiento y Clausura, que tras un trámite de licenciamiento largo es aprobado en 1998.

ENRESA en el cuarto trimestre del 2003 ha dado por finalizado el nivel 2 de desmantelamiento de la central nuclear Vandellós I. Los materiales gestionados en esta operación se concretan en: 16.500 t de chatarras convencionales; 277.000 t de escombros de hormigón convencionales; pequeñas cantidades de productos tóxicos y peligrosos; y 2.000 t de residuos radiactivos de baja y media actividad que han sido almacenados en El Cabril. Se ha conseguido un nivel de reciclado de materiales del 96%.



La central nuclear Vandellós I en operación.
Vandellós I nuclear power plant in operation.



La central nuclear Vandellós I tras la finalización del nivel 2 de desmantelamiento.
Vandellós I nuclear power plant after completion of dismantling level 2.

FINANCIACIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS

El sistema de financiación de la gestión de los residuos radiactivos se basa en dos principios: quien produce los residuos paga y el pago se efectúa en el momento en que se producen los mismos.

Los residuos procedentes de instalaciones radiactivas, hospitales, industrias, universidades, etc., pagan a ENRESA en el momento que son retirados los residuos en razón de la cantidad retirada.

Los residuos procedentes del ciclo del combustible nuclear destinado a la producción de electricidad financian su gestión a partir

de un canon que se aplica a la factura eléctrica dotando un fondo para la gestión. El porcentaje sobre el gasto en electricidad se establece de forma que se cubran los gastos del día a día de la gestión y los que se producirán hasta el tratamiento final del total de los residuos generados y el desmantelamiento de las centrales nucleares. La cuantía de la tasa se recalcula anualmente con el fin de ajustar la recaudación con el gasto. En estos momentos ENRESA recibe en torno al 0.8% de la factura eléctrica.

El presupuesto total de la gestión a largo plazo de ENRESA se estima en 10.000 millones de euros, desglosados de la manera que se refleja en el gráfico 1.

Dismantling and Decommissioning Plan, which was approved in 1998.

In the fourth quarter 2003, ENRESA completed level 2 of the Vandellós-I dismantling. The materials handled during this operation were: 16,500 t of conventional scrap; 277,000 t of conventional concrete rubble; small quantities of toxic and hazardous products; and 2,000 t of low- and intermediate-level radioactive waste that have been stored in El Cabril. A 96% rate of material recycling has been achieved.

RADIOACTIVE MANAGEMENT WASTE FUNDING

The system for financing radioactive waste management is based on two principles: whoever produces the waste pays, and payment is made at the time the waste is produced.

Radioactive facilities, hospitals, industries, universities, etc. pay ENRESA when it removes their wastes. The amount of the payment depends on the amount removed.

Management of waste from the cycle of nuclear fuel used for electricity production is financed by a tax charged to the total electric bill. The rate charged on the cost of electricity is calculated so as to cover day-to-day management costs and those that are estimated will be incurred until final treatment of all generated waste. The amount of the tax is recalculated every year in order to adjust collection to expense. ENRESA currently receives around 0.8% of the electric bill.

ENRESA's total long-term management bill is estimated to be 10,000 million euros, broken down as shown below in Graphic 1.

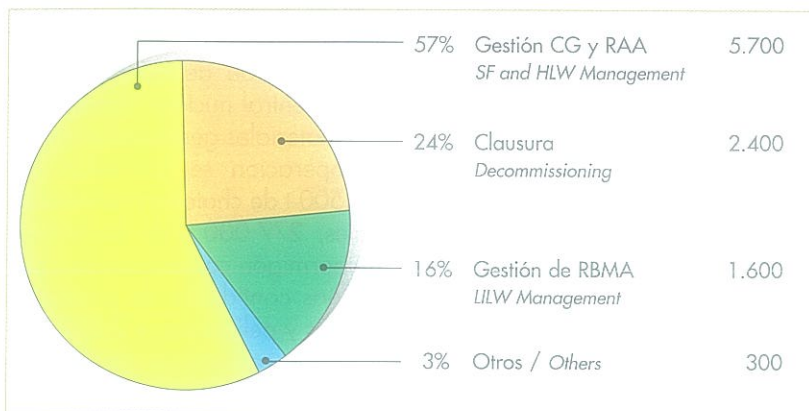


Gráfico 1. Desglose del presupuesto total de la gestión de residuos radiactivos.
Graphic 1. Breakdown of total radioactive waste management budget.