



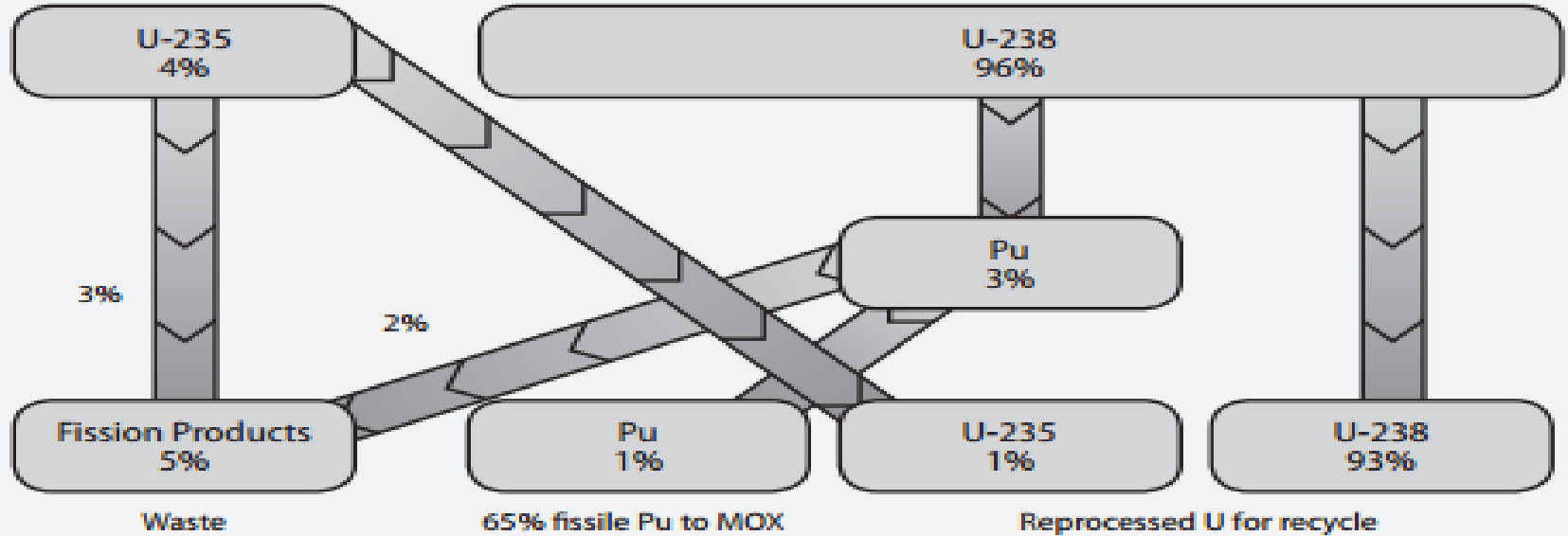
# Centrales de Reprocesamiento Nuclear en Europa: Sellafield y La Hague.

Nicolás Manuel Montero Nieves



# ¿Qué es el reprocesamiento nuclear?

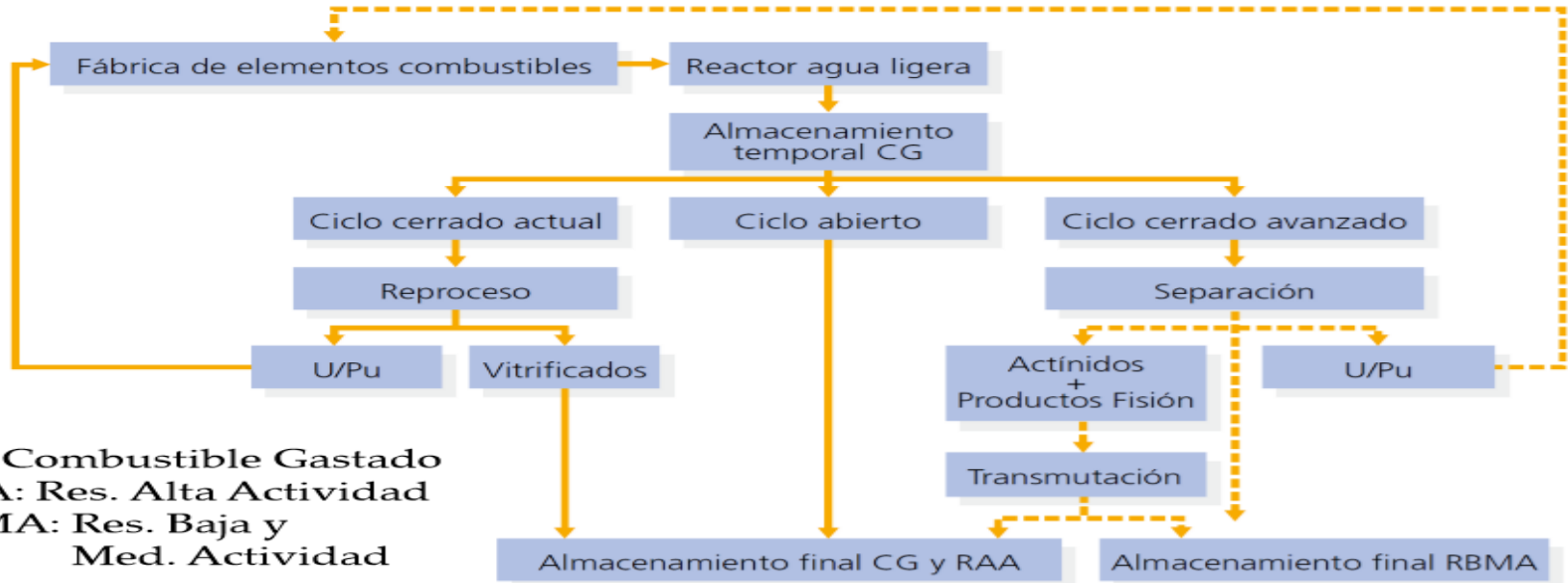
Reaction in standard  $UO_2$  fuel





# ¿Qué es el reprocesamiento nuclear?

## OPCIONES DE GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE GASTADO



**CG:** Combustible Gastado  
**RAA:** Res. Alta Actividad  
**RBMA:** Res. Baja y Med. Actividad



# ¿Qué es el reprocesamiento nuclear?



## Ciclo Abierto:

- Se almacenan primero en piscinas
- Posteriormente pasan a almacenamientos temporales centralizados
- Finalmente a confinamientos geológicos profundos.
- Tienen periodos de desintegración muy largos, de cientos de miles de años.

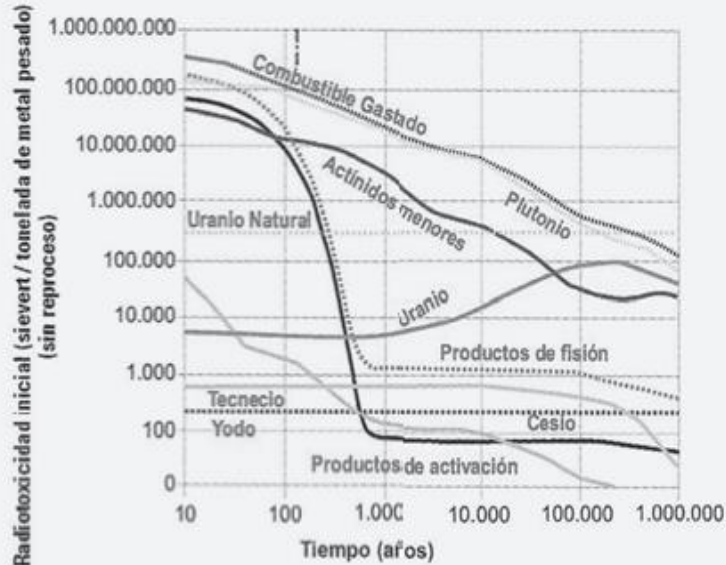
## Ciclo Cerrado Actual:

- Se almacenan primero en piscinas.
- Luego van a centrales de reprocesamiento.
- Se separa la mayor fracción posible de U y de Pu
- Quedan los actínidos menores junto con los productos de fisión que se vitrifican para su almacenamiento posterior.



# ¿Qué es el reprocesamiento nuclear?

## Ciclo Cerrado Avanzado



Fuente: CEA

Además del Uranio y el Plutonio se separan otros elementos:

- Yodo, por ser volátil.
- Tecnecio, por ser de los mejores desde el punto de vista de la transmutación
- Actínidos menores, transformable por neutrones rápidos.
- Productos desechables del orden de medio Kg por tonelada de Uranio.



# Sellafield



- Centro de reprocesamiento de combustible nuclear y desmantelamiento nuclear.
- Situado en la costa del Mar de Irlanda, Cumbria, Inglaterra
- Es el sitio de la primera central nuclear comercial del mundo para generar electricidad a escala industrial.



# Sellafield: Historia



- Comenzó siendo un sitio de apoyo del esfuerzo de la guerra en la década de los 40.
- En septiembre de 1947, comenzó la construcción del Windscale Piles y sus dos reactores refrigerados por aire.
- En marzo de 1952, los reactores de Windscale estaban en funcionamiento produciendo plutonio con fines militares.
- Ese mismo año comienzan a separar uranio y plutonio del combustible usado.



# Sellafield: Historia



- En 1952 se tomó la decisión de construir una central nuclear de tamaño comercial para aprovechar el calor
- El 17 de octubre de 1956, Su Majestad la Reina abrió el reactor 1 en Calder Hall.
- Tres reactores más siguieron y operaron con éxito hasta 2003, después de casi 46 años de generación de electricidad.
- En 1963 comenzó a operar el prototipo Windscale Advanced Reactor de refrigeración por gas (WAGR).





# Sellafield: Historia



- En 1990 la Planta de Encapsulación Magnox (MEP) entró en funcionamiento
- En 2002, la nueva planta de Vitrificación de Residuos de Alto Nivel comenzó la puesta en marcha activa.
- En 2005, la propiedad de Sellafield se transfirió a la Nuclear Decommissioning Authority (NDA)
- En 2011/12, el reactor refrigerado por gas Advanced Windscale se convirtió en el primer reactor nuclear en ser desmantelado en el Reino Unido



# Sellafield: Gestión del combustible gastado



La gestión del combustible gastado de Sellafield incluye:

1. La planta de reprocesamiento de Magnox
1. La gestión con seguridad el combustible nuclear usado en nombre de nuestros clientes.
1. La recepción continua de combustible AGR
1. La planta de reprocesamiento de óxido térmico (Thorp)



# Sellafield: Reproceso Magnox



- La planta de procesamiento Magnox en Sellafield es la única de su tipo en el Reino Unido.
- El combustible Magnox proviene de los primeros reactores nucleares de Gran Bretaña
- Antes de que pueda ser reprocesado, debe almacenarse durante al menos 180 días.
- Tras el transporte a Sellafield y un período de almacenamiento adicional, el revestimiento se retira de la barra de uranio.



# Sellafield: Reproceso Magnox



- Disolución de las varillas de uranio irradiadas en ácido nítrico.
- El uranio, el plutonio y los productos de fisión se separan en tres corrientes diferentes.
- El uranio, en forma de nitrato de uranio, se convierte en trióxido de uranio sólido.
- El plutonio, en forma de nitrato de plutonio, se convierte en óxido de plutonio.
- Los productos de fisión, en forma de licor nítrico, se almacenan en tanques de almacenamiento altamente activos antes de ser vitrificados.

# Sellafield: Recepción de combustible AGR



- Se recibe en la planta de manejo de combustible.
- El combustible se desmonta usando el desarmador AGR.
- Proporcionará almacenaje provisional para el combustible que no es reprocesado a través de Thorp.
- Incluye instalaciones como el el tanque de almacenamiento de combustible AGR, el desguace de combustible AGR, el almacén de residuos del desguace de combustible AGR y la planta de envasado de combustible gastado



# Sellafield: La planta de reprocesamiento de Thorp



- Combina todas las instalaciones necesarias para el reprocesamiento del combustible gastado bajo un mismo techo.
- La construcción de Thorp fue uno de los proyectos de ingeniería civil más complejos del mundo
- Las operaciones de Thorp se dividen en tres áreas principales.
- Recibo y almacenamiento de combustible
- Operaciones de la planta de cabecera donde el combustible gastado es cortado y disuelto en ácido nítrico
- Separación química donde se separan uranio, plutonio y productos de desecho



# Sellafield: La planta de reprocesamiento de Thorp



- Los frascos de transporte que contienen combustible gastado entregan por ferrocarril.
- El combustible se retira de los frascos bajo el agua y se almacena para permitir que el combustible se enfríe más antes de reprocesar.
- En la Planta Principal el combustible se corta en secciones y se disuelve en ácido nítrico.
- El licor de combustible disuelto se envía a la planta de separación química donde tiene lugar la extracción con disolvente para separar los 3% de residuos del 96% de uranio y 1% de plutonio.



# Sellafield: La planta de reprocesamiento de Thorp



- Los residuos de este proceso se envían a las plantas de alto nivel de residuos para la concentración, el almacenamiento y la eventual conversión a vidrio. El uranio y el plutonio se convierten en polvo de óxido y se almacenan.
- Posteriormente pueden reciclarse para fabricar óxido de uranio o MOX
- Thorp ha despachado más de 1.200 toneladas de uranio.
- Esto ahorrará más de 14 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> de la generación de combustible fósil.





# La Hague



La central de reprocesamiento de La Hague tiene casi la mitad de la capacidad mundial de reprocesamiento de combustible nuclear gastado de los reactores de agua ligera.

Situada en Francia en la región de la Mancha.

Emplea a más de 5000 personas, y es el principal centro industrial de su tipo en el mundo.



# La Hague: historia.



- 1961: inicio de la construcción de la planta para el reciclaje de combustible usado de los reactores de línea UNGG. UP2
- 1967: UP2 entra en operación industrial junto a la Estación de Tratamiento de Residuos Líquidos (LWTS)
- 1974: creación de una instalación para reciclar combustible de la línea de agua ligera.
- 1981: para satisfacer la creciente demanda de reprocesamiento, se crean tres nuevas plantas UP3-A y UP2-800 con una capacidad anual de alrededor de 800 toneladas de combustible usado de la línea de agua ligera y STE-3, una nueva instalación de reciclaje para el tratamiento de residuos líquidos de ambas plantas nuevas.

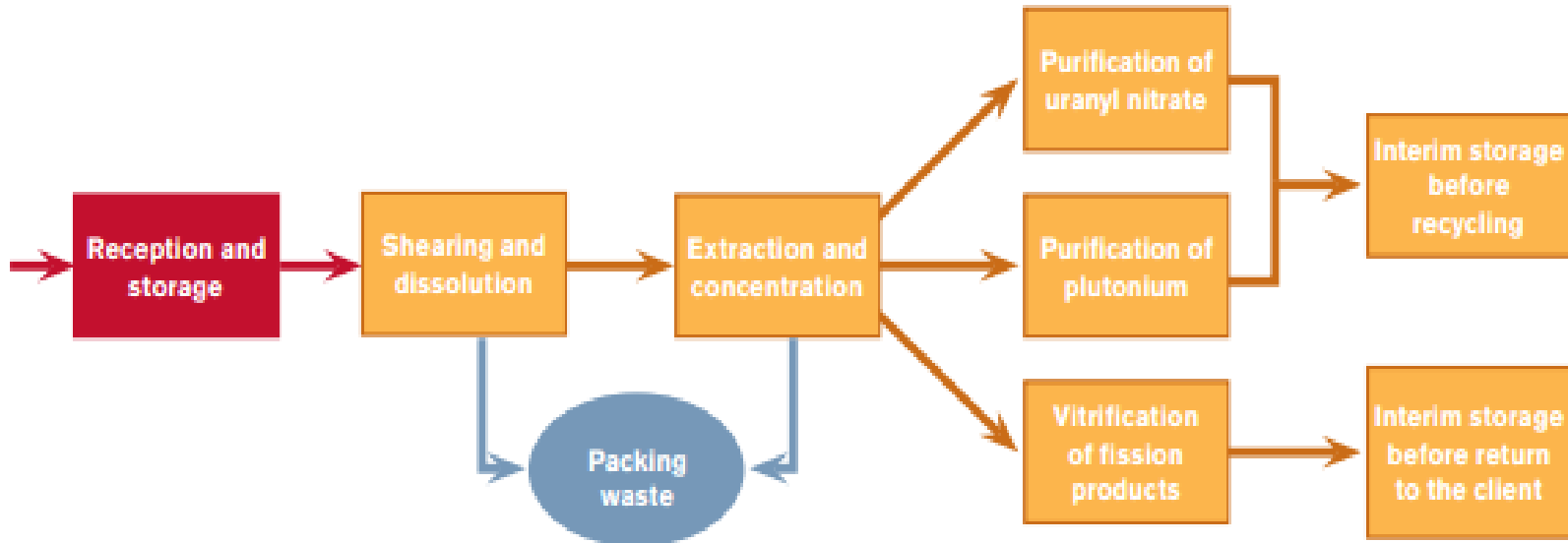


# La Hague: historia.



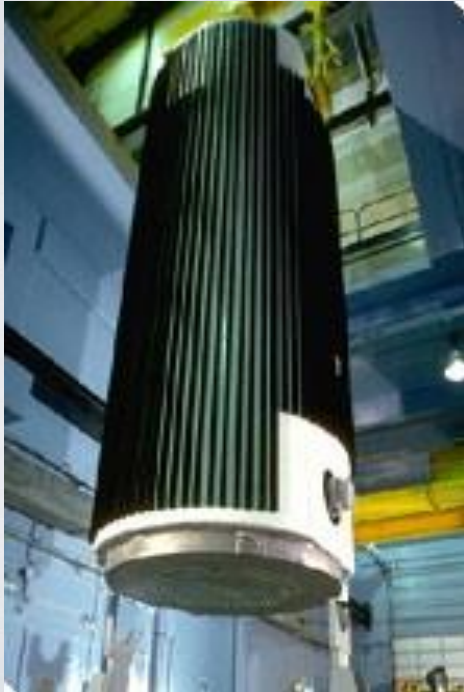
- 2009: puesta en marcha de los trabajos de movimiento de tierras para el nuevo depósito de almacenamiento de residuos radiactivos vitrificados franceses.
- 2010: inauguración del frigorífico de crisol frío para vitrificación de residuos radiactivos de alto nivel.
- Pasó de pertenecer en primer lugar a CEA, luego a COGEMA y por último y hasta la actualidad a AREVA

# La Hague: Reciclaje del combustible





# La Hague: envío, recepción y almacenamiento provisional



- El combustible usado se envía en los frascos por camiones, trenes o barcos que han sido especialmente diseñados para este propósito.
- A su llegada al sitio, el combustible usado es descargado de su contenedor. Se utilizan dos métodos para ello: seco o bajo el agua.
- Todas las operaciones sobre el combustible usado, se llevan a cabo de forma remota con robots completamente seguros.
- Los elementos combustibles se transfieren a piscinas intermedias.
- Sumergidos en nueve metros de agua, permanecen durante tres a cinco años para permitir que su radioactividad disminuya.



# La Hague: separación y purificación de uranio y plutonio.



- Una vez finalizado el período de enfriamiento de la piscina, el elemento combustible se transfiere a los talleres R1 o T1.
- Se inserta en la cizalla para obtener secciones de 35 mm que caen en un tanque lleno de ácido nítrico.
- El ácido disuelve el material nuclear mientras que los pedazos de la estructura metálica (vainas) se quitan usando una rueda de cubo y se envían a una unidad de acondicionamiento.
- La solución de ácido nítrico se transfiere a una instalación de separación química en la que un solvente separa los elementos pesados sin extraer los productos de fisión.



# La Hague: recuperación de los materiales energéticos.



- En segundo lugar, se utiliza el mismo principio para separar el uranio y el plutonio.
- Uranio: purificado por separación líquido-líquido, se concentran entonces por evaporación en forma de líquido llamado nitrato de uranilo y este se almacena, se muestrea, se envasa y luego se transporta a las plantas para su reciclado o almacenamiento
- Plutonio: Convertido en un polvo conocido como óxido de plutonio por calcinación en un horno. Embalado en cajas de acero inoxidable, se coloca en un recipiente y se verifica que esté hermético al agua y al aire, y que no esté contaminado antes del almacenamiento. Son enviados a una planta de fabricación de combustible MOX.



# La Hague: acondicionamiento de residuos



- Una vez separados los materiales reciclables, se procesan los residuos finales:
- Los residuos más radiactivos, los productos de fisión, se estabilizan por vitrificación
- Las estructuras metálicas del combustible se compactan
- Estos dos tipos de residuos se envasan en contenedores
- Todos los efluentes gaseosos o líquidos generados durante las operaciones son tratados y rigurosamente monitoreados antes de su descarga a la atmósfera.
- Gracias al reciclaje y a la vitrificación, el volumen de desechos altamente radiactivos se reduce cinco veces.





# Referencias



- <http://www.aveva.com/EN/operations-1118/aveva-la-hague-recycling-used-fuel.html>
- <http://www.sellafieldsites.com/solution/end-states/>
- <https://www.newscientist.com/article/mg22530053-800-shocking-state-of-worlds-riskiest-nuclear-waste-site/>
- [http://www.dissident-media.org/infonucleaire/hague\\_environement.html](http://www.dissident-media.org/infonucleaire/hague_environement.html)
- <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90209/fichero/Memoria+TFG+definitiva.pdf>
- [https://ev.us.es/webapps/portal/frameset.jsp?tab\\_group\\_id=21&url=%2Fwebapps%2Fblackboard%2Fexecute%2Flauncher%3Ftype%3DCourse%26id%3D69450\\_1%26url%3D](https://ev.us.es/webapps/portal/frameset.jsp?tab_group_id=21&url=%2Fwebapps%2Fblackboard%2Fexecute%2Flauncher%3Ftype%3DCourse%26id%3D69450_1%26url%3D)
- <http://web.upcomillas.es/catedras/crm/descargas/2010-2011/Libronuclearjornada-WEB.pdf>