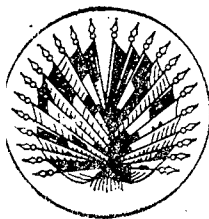
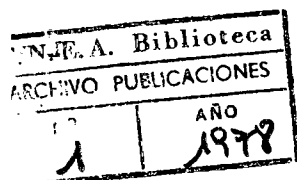


08.78.03



COMISION INTERAMERICANA DE ENERGIA NUCLEAR Y
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA DE LA REPUBLICA ARGENTINA

**CURSO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA NUCLEAR
ORIENTADO A LA CAPACITACION BASICA PARA LA
IMPLEMENTACION DE PROGRAMAS NUCLEOELECTRICOS**



CNEA-AC 70/78

CICLO DE COMBUSTIBLE DE URANIO NATURAL

ING. R. CIRIMELLO

BUENOS AIRES-ARGENTINA

OCTUBRE - 1978

1.- GENERALIDADES

El nombre de "ciclo" es el resultado de la esperanza inicial en el uso del combustible nuclear de lograr la utilización total de los isótopos fisionables.

En el estado actual por razones económicas, políticas y/o estratégicas el "ciclo" no se ha cerrado en forma industrial o comercial y por ello se habla de "ciclo abierto"

La utilización del combustible nuclear requiere de diversas etapas de transformación las cuales introducen no solo empleo de nuevas técnicas y actitudes de quienes lo manipulean sino de un costo aditivo que finalmente computado globalmente constituirá la base de la economía de su utilización.

Las fuentes primarias de energía en los combustibles nucleares de fisión son el Uranio y el Torio, los cuales proveen los tres isótopos fisionables de utilidad.

La figura 1 muestra una relación entre la fuente primaria, el elemento natural contenido, la vía de utilización o conversión isotópica y finalmente la conversión a energía utilizable.

De esta representación puede destacarse que el reactor actúa en un caso como productor del isótopo fisionable y en el otro como máquina térmica, transformando energía de fisión en térmica. La optimización de su funcionamiento depende del uso preferencial o combinado de ambas funciones.

Si bien nos referimos en esta parte del curso al ciclo de uranio natural resulta interesante destacar algunas características diferenciales de los reactores:

Los HWR, LWR y FBR usan el ciclo de Uranio-Plutonio.

Los HTGR usan torio enriquecido con Uranio-235 (o Pu) y Uranio-233 reciclado.

Los HWR pueden usar torio enriqueciéndolo con Pluto-

nio y luego reciclando el Uranio-233 producido.

Los HWR, LWR y FBR producen plutonio utilizable en los cuatro tipos de reactores considerados.

2.- LOGISTICA DEL CICLO DE COMBUSTIBLE

Se entiende por logística del ciclo de combustible el conjunto de decisiones y operaciones necesarias para un eficiente suministro, utilización y recuperación del combustible nuclear.

Desde el punto de vista del suministro la figura 2 muestra un esquema donde se han incluido todas las operaciones involucradas en el uso del uranio y el torio.

Tomando la parte del ciclo de uranio natural, este comprende:

- Minería, purificación, conversión a UO_2 , fabricación de elementos combustibles, el uso en el reactor, el almacenamiento temporario del combustible irradiado y el almacenamiento definitivo.

Si se considera la posibilidad de la recuperación y utilización del Plutonio debe agregarse:

- Transporte de elementos combustibles irradiados, reprocesamiento, conversión a PuO_2 , fabricación de elementos combustibles con óxidos mixtos, almacenamiento de residuos radiactivos y productos de fisión.

Un estudio de R. Solanilla analizó los requerimientos de combustibles y agua pesada para un sistema en expansión.

La proyección de potencia nucleoelectrica instalada lleva con una proyección optimista- a 10000 MW eléctricos en el año 2000 la componente nuclear.

Esta proyección se integra con doce centrales de 600 MWe y dos reactores rápidos para ver las características que tendrían las instalaciones del ciclo en particular las inversiones requeridas y otros parámetros económicos de interés.

Las figuras 3, 4, 5, y 6 muestran los requerimientos de uranio natural, capacidad de producción de elementos combustibles, requerimientos de agua pesada y material a reprocesar, respectivamente.

En la tabla del diapositivo que se proyecta se han listado las instalaciones típicas del ciclo de combustible a los que se agregan las centrales nucleares como comparación.

Se dan asimismo las capacidades de producción requeridas para satisfacer la demanda de la mencionada potencia nucleoeléctrica considerando un factor de producción de 0,8.

Se ha incluido la inversión requerida en millones de dolares para cada una de las plantas industriales en base a costos unitarios internacionales.

Se da también los costos unitarios de producto, la venta anual y la vida útil de las instalaciones.

Como conclusión puede decirse que la inversión requerida para las instalaciones industriales del ciclo de uranio natural incluidas aquellas involucradas en el reciclado de plutonio es del orden de 400 millones de dolares contra 12000 millones de dólares requeridos para las centrales nucleares. Esto implica solo el 3% de la inversión total.

La necesidad de instalaciones experimentales y plantas pilotos para asegurar un suministro en calidad y precio adecuado, es decir para el manejo integral de la tecnología requiere de una inversión del orden de 60 millones de dólares lo cual constituye solo el 15 % de lo necesario para las plantas industriales.

Como resulta entonces de estas consideraciones es ne

cesario un análisis de la utilización del combustible en el reactor para definir la logística del ciclo.

Características tales como:

Potencia específica, el quemado de descarga, el tipo de material combustible, la geometría del ensamble, el peso de material combustible por elemento combustible y el porcentaje de material fisiónable en los elementos combustibles afectan la logística.

3.- COSTO DEL CICLO DE COMBUSTIBLE

Existen dos razones principales para conocer el costo del ciclo de combustible expresado en terminos de su influencia en el costo del KW-h.

(1) En el planeamiento, diseño y evaluación de varios tipos de centrales y soluciones tecnológicas, el costo específico de combustible puede servir para determinar el diseño más económico.

Para esta finalidad interesa el costo del ciclo computado para toda la vida de la central.

(2) Cuando varias centrales estan sincronizadas en una red, el costo específico de combustible obtenido es el parámetro de control decisivo para una programación económica del despacho de carga.

En el primer caso se trata de una estimación ya que depende de suposiciones de valores futuros o tendencias de los precios o costos de producción. Por ello el valor de estos cálculos es el de servir para estudios comparativos en donde interesa el valor relativo y no absoluto.

Se utiliza el método del "valor presente" o actualización, a una fecha especificada.

Se contabilizan así todos los gastos involucrados

en el ciclo incluido los tiempos muertos, reservas, mermas, intereses de almacenamiento, etc.

Deben considerarse además factores técnicos tales como el quemado, eficiencia térmica y el valor residual de la posible recuperación del plutonio.

También se consideran los factores operacionales tales como el factor de carga y disponibilidad.

De la misma manera se calcula la energía a generar durante la vida útil considerada.

Ambos valores se dividen para obtener el costo del ciclo de combustible por KW-h.

El segundo caso, denominado "costo corriente" del ciclo de combustible en una central en operación requiere de otro método.

En este caso se toma un período de tiempo y se actualiza a la mitad del mismo. Se computan los elementos combustibles cargados y descargados en ese período y se divide por los KW-h generados en el mismo.

En los reactores de uranio natural la componente más importante es hoy el costo del Uranio. Esto es válido para los reactores tipo CANDU en los que el costo de fabricación es muy bajo.

En el caso de Atucha en que los Elementos Combustibles tienen un diseño estructural similar a los de uranio enriquecido el costo de fabricación sigue siendo superior al del uranio.

Los valores siguientes son datos indicativos:

Costo del Uranio	90-95	U\$S/Kg U_3O_8
Costo de fabricación de EC- CANDU	40-45	U\$S/Kg U
Costo de fabricación de EC-Atucha	240-250	U\$S/Kg U

Con estos valores se puede calcular la incidencia del ciclo de combustible en el costo del KW-h resultando los siguientes:

En reactores CANDU: 3,5 mills/KW-h

En reactores Atucha: 10 mills/KW-h

Estos valores son indicativos y por ello deben considerarse aproximados.

FUENTE PRIMARIA	ELEMENTO NATURAL	CONVERTIDOR DE ISOTOPO	ELEMENTO FISIONABLE	CONVERTIDOR DE ENERGIA.
--------------------	---------------------	---------------------------	------------------------	----------------------------

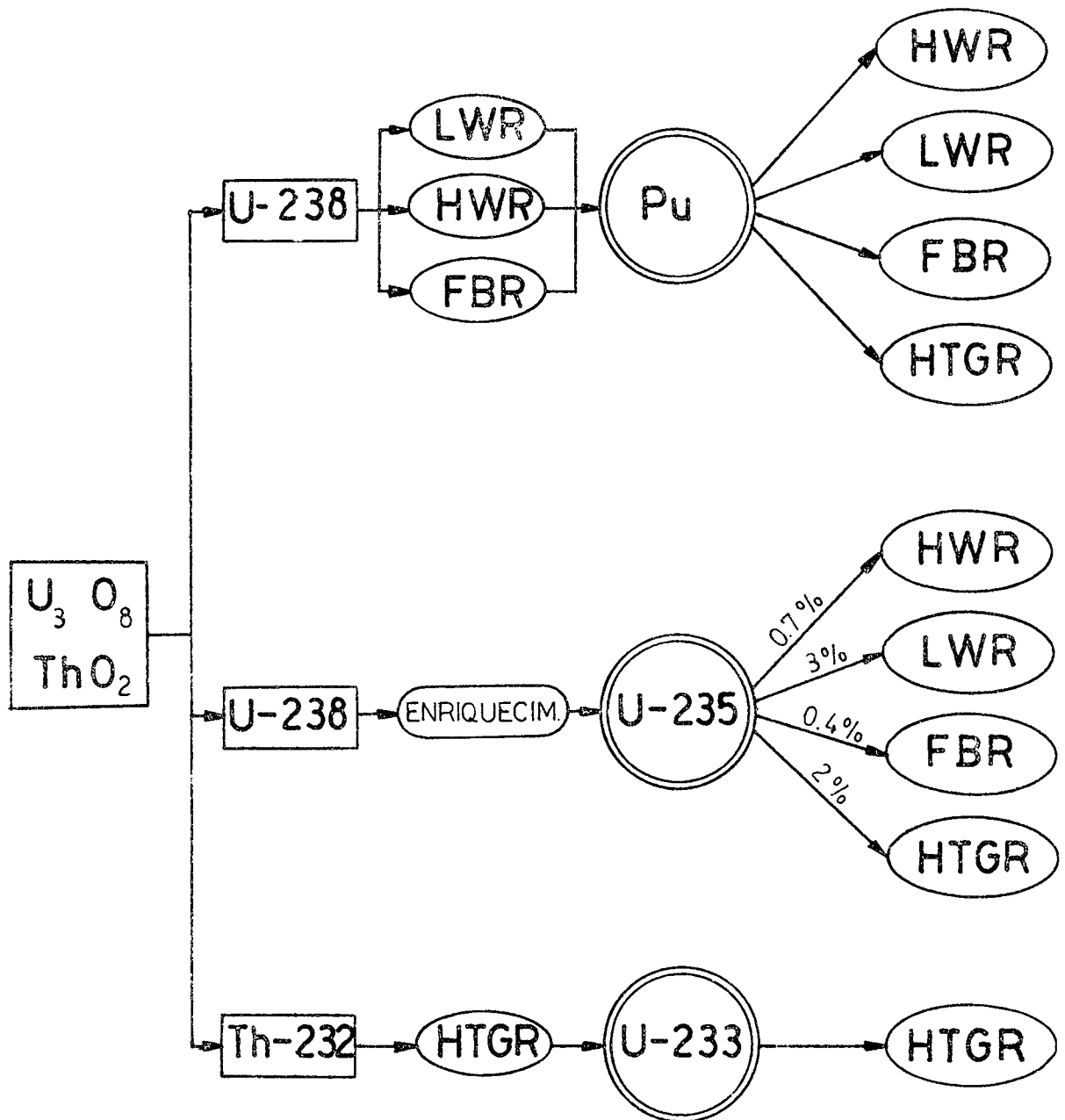


Figura 1- Relación entre la fuente primaria-conversión- utilización del combustible nuclear de fisión.

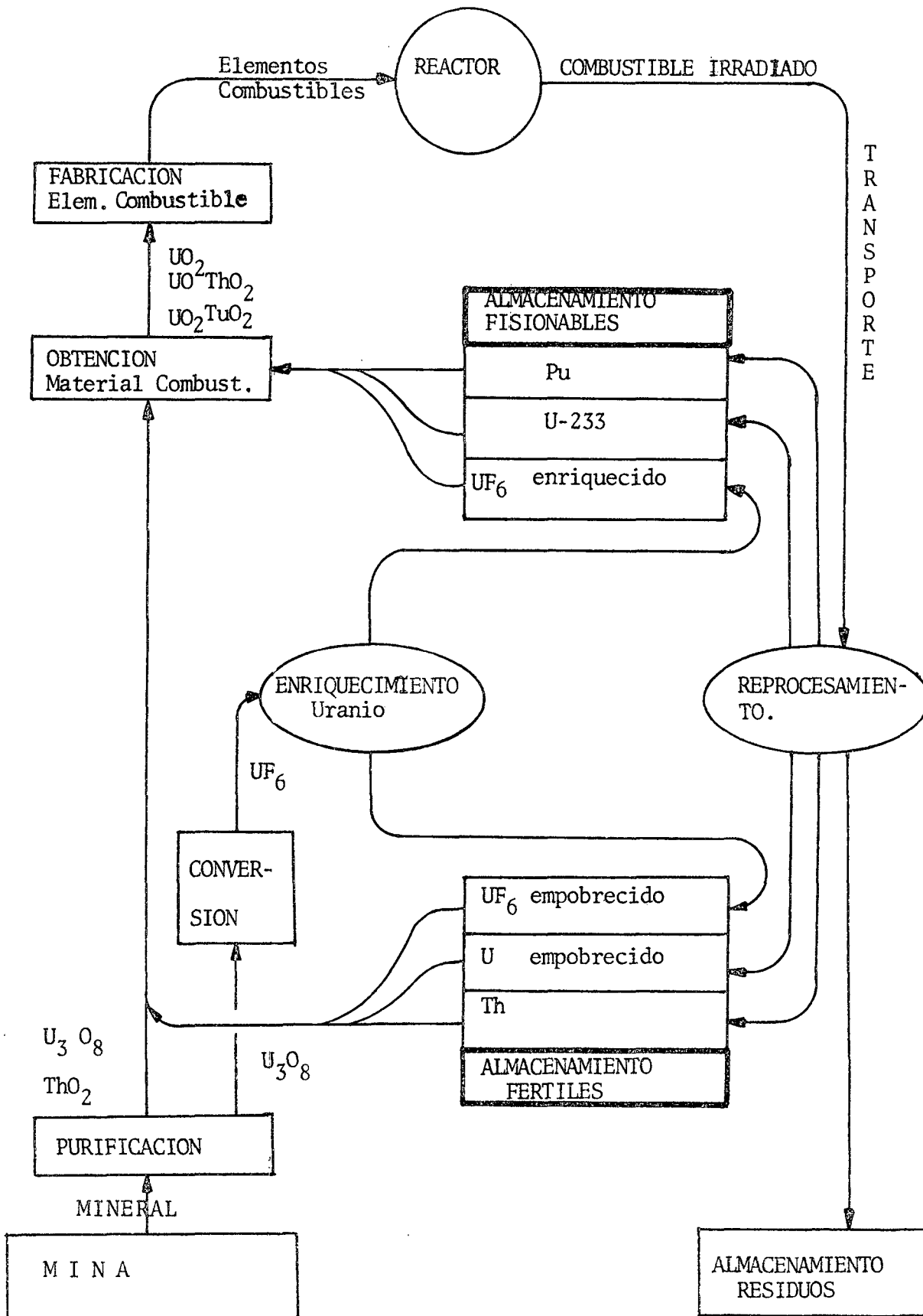


Figura 2 - Ciclos de combustibles Nucleares.

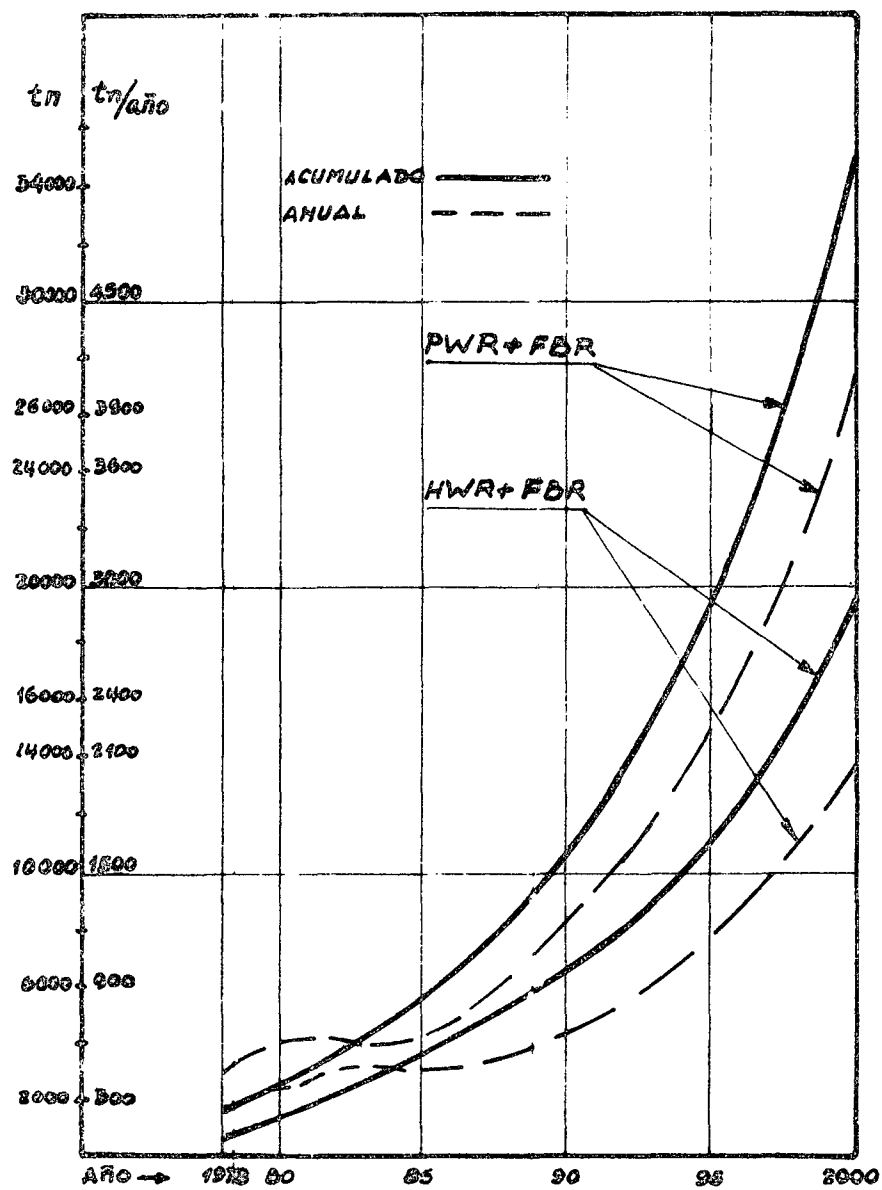


Figura 3 - Requerimiento de uranio natural.

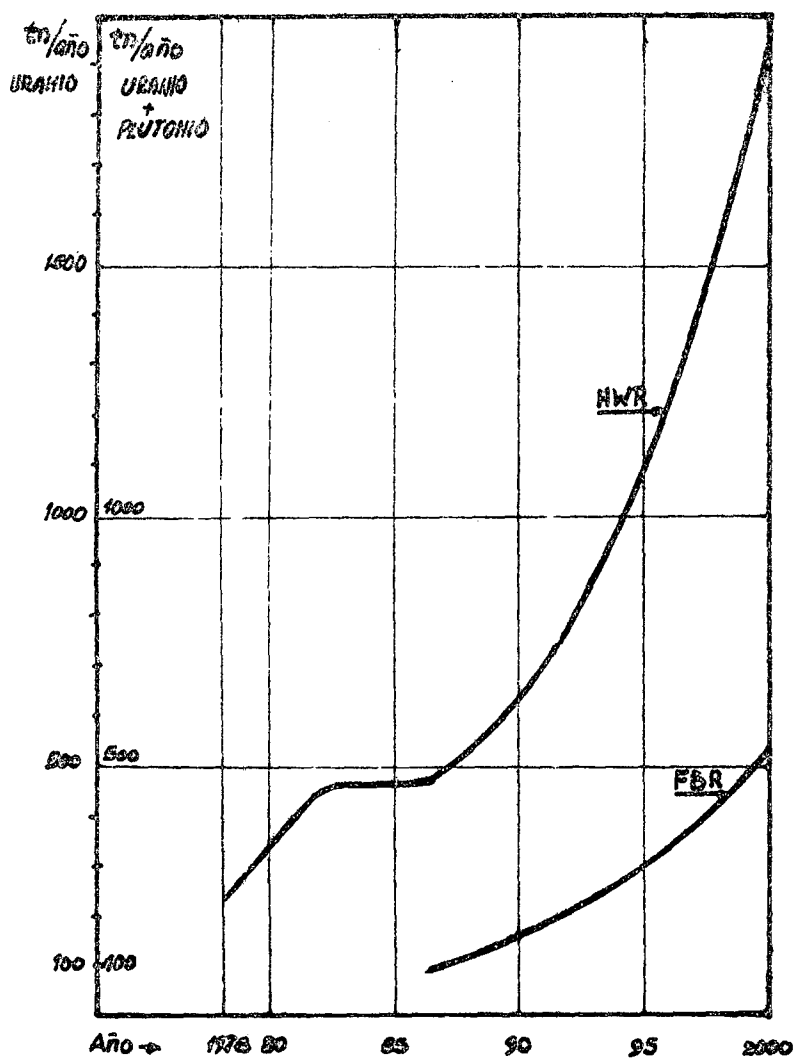


Figura 4 - Capacidad de producción de elementos combustibles.

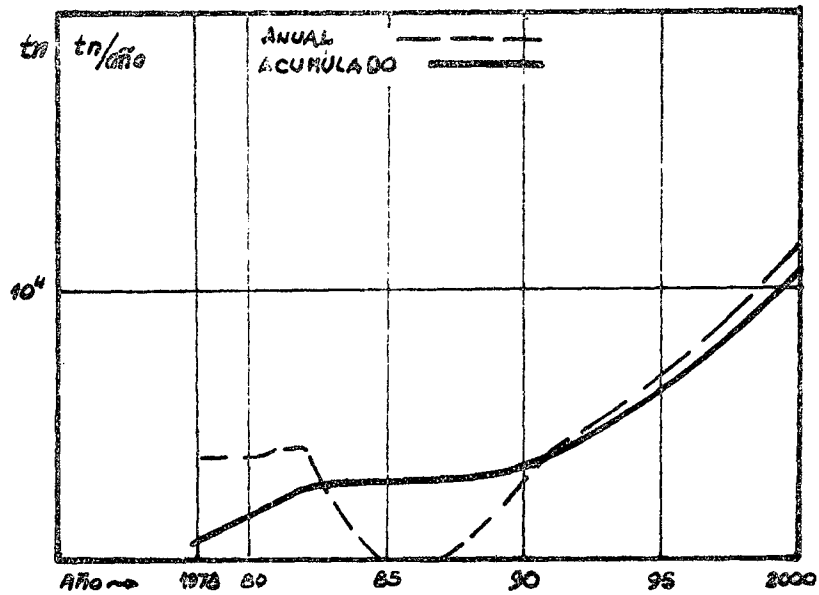


Figura 5 - Requerimiento de agua pesada para HWR + FBR.

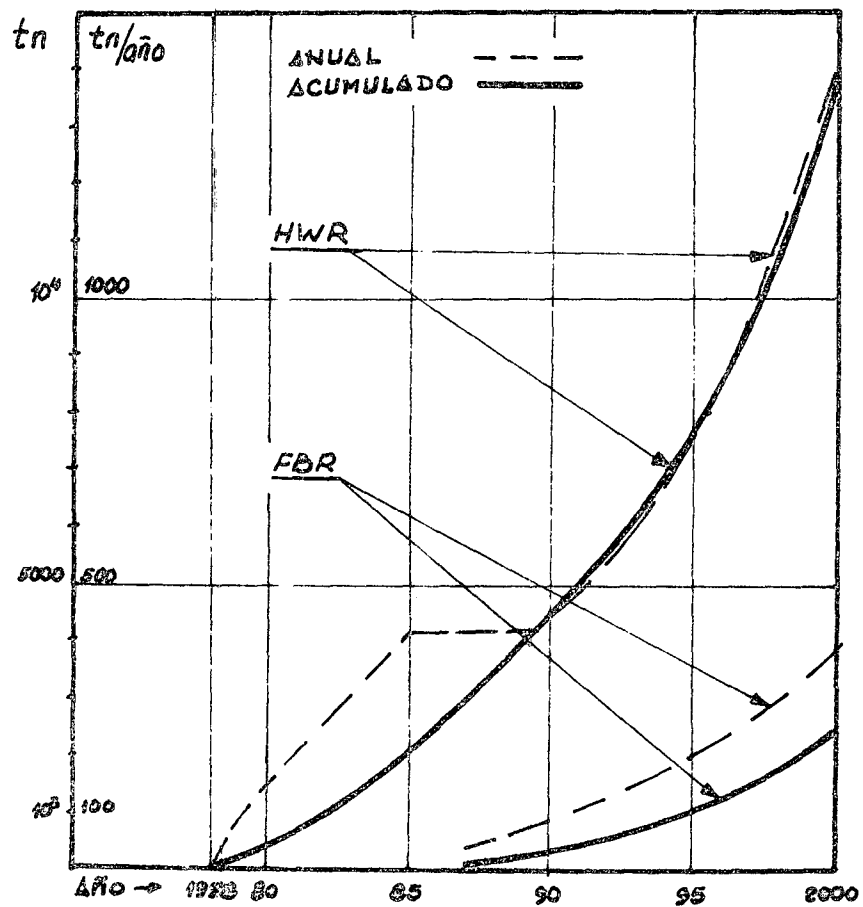


Figura 6 - Material a reprocesar.