Félix RECIO VELASCO, Ingeniero de Minas por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Madrid y en posesión del título de Jefe de Servicio contra las radiaciones.
Ha trabajado en Fos-bucraa, INTA y AUXIESA. En 1975 ingresa en ENUSA y tras una etapa inicial de entrenamiento en EEUU en las áreas de ingeniería nuclear, radiológica y ambiental y de salvaguardias, participa en las diferentes etapas de proyecto, licenciamiento, puesta en marcha y operación de la Fábrica de elementos combustibles de Juzbado.
En la actualidad es Jefe del Departamento de Seguridad y Protección Radiológica.

IMPACTO AMBIENTAL DE LA FABRICA DE JUZBADO

F. RECIO

DESCRIPCION DEL PROCESO

La Fábrica de Combustibles de Oxido de Uranio que la Empresa Nacional del Uranio, S.A. (ENUSA) tiene en Juzbado (Salamanca) (ver Figura I), está clasificada por el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares Radiactivas como una instalación nuclear, y cuenta por tanto con todas las autorizaciones requeridas a este tipo de instalaciones.
La Fábrica está autorizada para fabricar combustibles para reactores nucleares de agua ligera, PWR y BWR, a partir de polvo de óxido de uranio enriquecido hasta un 5% en peso en el isótopo ^{235}U.
En el proceso de fabricación hay dos etapas bien diferenciadas:
- Proceso Cerámico, paso de polvo de óxido de uranio a pastillas de alta densidad y su posterior carga en los tubos.
- Proceso Mecánico, que comprende desde la carga de barras hasta el montaje del elemento combustible.

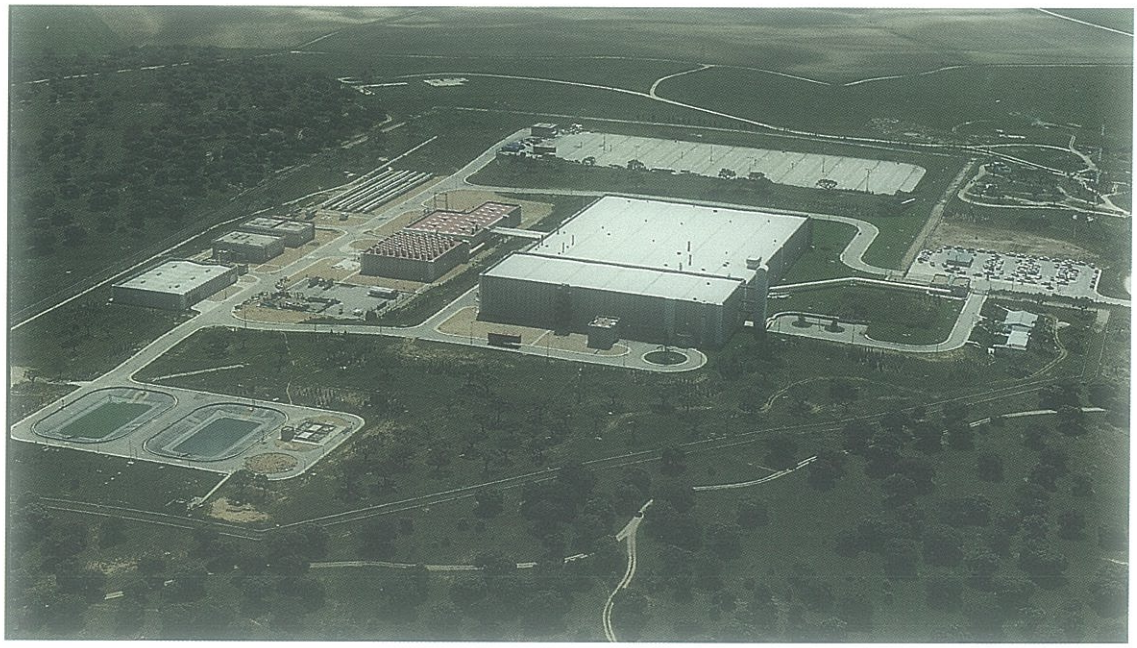
En la Figura II se muestra una descripción resumida del proceso.

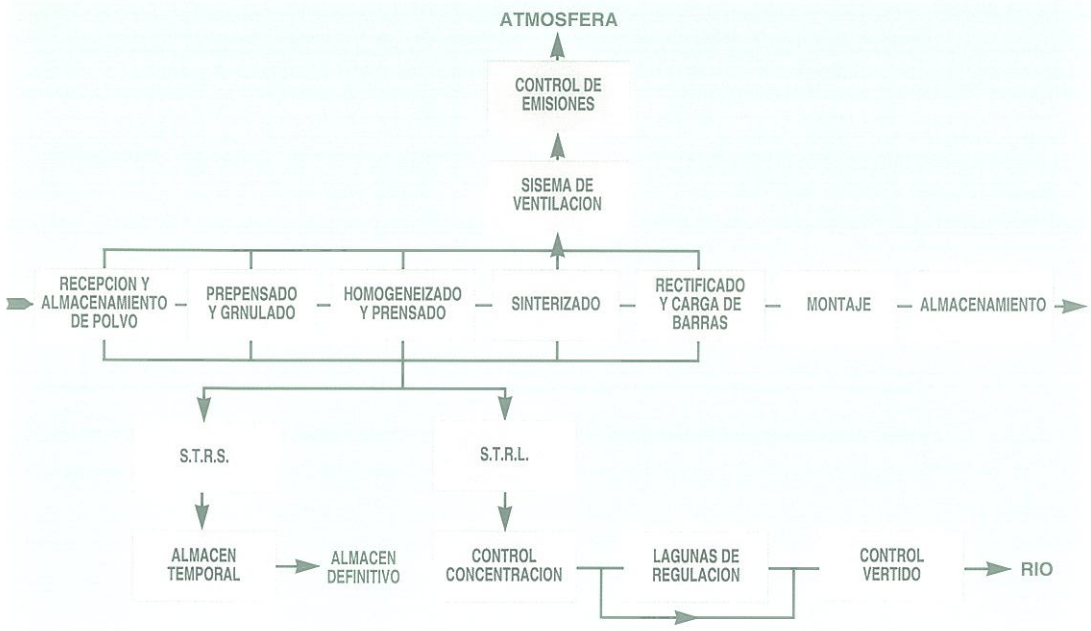
RESIDUOS

En el proceso de fabricación de los elementos combustibles se generan, atendiendo a su origen, dos tipos de residuos:

a) **Los radiactivos**, procedentes principalmente del proceso cerámico.
b) **Los convencionales**, procedentes de la actividad auxiliar de la propia fabricación.

F I *Fábrica de elementos combustibles de Juzbado (Salamanca).*





F II *Descripción del proceso.*

En este artículo nos vamos a referir únicamente a los primeros ya que los residuos convencionales generados no son importantes ni por la cantidad ni por su peligrosidad, nocividad o toxicidad.

Los residuos radiactivos proceden de la manipulación del óxido de uranio enriquecido. Los radioisótopos presentes en el polvo son los siguientes:

- ^{238}U y sus descendientes más inmediatos ^{234}Th, ^{234}Pa, que se consideran en equilibrio secular, y el ^{234}U que no está en equilibrio secular con el ^{238}U sino es un porcentaje mayor debido a que aumenta su proporción en el proceso de enriquecimiento.
- ^{235}U y sus descendientes más inmediatos ^{231}Th y ^{231}Pa, con los que se supone en equilibrio.
- ^{236}U, en una proporción insignificante, y sus descendientes más inmediatos, y trazas de ^{232}U y descendientes.

Los restantes descendientes de las cadenas del ^{238}U y ^{235}U no se tienen en cuenta ya que se eliminan en procesos previos a la llegada del producto a Fábrica y no da tiempo a que se formen, en el proceso de fabricación, de forma significativa.

Por lo tanto el seguimiento a realizar debe incidir en el control de la radiación que emiten estos isótopos.

TIPOS DE RESIDUOS Y SU TRATAMIENTO

Como consecuencia directa o indirecta del proceso cerámico de fabricación se producen residuos radiactivos sólidos y efluentes líquidos y gaseosos, que son tratados de forma que se cumplan los límites establecidos en las Especificaciones de Funcionamiento (E.F.) de la Instalación.

La procedencia y tratamiento a que están sometidos cada uno de los diferentes residuos se resume a continuación:

Efluentes Líquidos

El proceso de fabricación es casi en su totalidad seco, excepto la etapa de rectificado de las pastillas PWR, por lo que es mínima la generación de efluentes líquidos. Los líquidos de esta procedencia, junto con los que se generan en el baldeo de los suelos de la zona cerámica y los procedentes de la descontaminación de los equipos, son sometidos a un pretratamiento en una Planta Auxiliar (P.A.), mediante filtrado y centrifugado previo a su envío a la Planta General de Tratamiento de Efluentes Líquidos Radiactivos (PGTELR).

A la PGTELR llegan los efluentes procedentes de la Planta Auxiliar, los de la lavandería, las duchas y lavabos de vestuarios de la Zona Cerámica, los de los condensados de los climatizadores y de las aguas procedentes de la Sala de Descontaminación (Servicio Médico). Estos efluentes sufren un tratamiento en esta planta mediante una filtración y una posterior comprobación de que su concentración de actividad alfa es inferior al límite autorizado (L.A) por las E.F. (1110 KBq/m^3). Los efluentes que cumplen con estos niveles se envían a una Planta de Homogeneización, donde se reúnen con el resto de efluentes de diferentes procedencias de la Fábrica, que previamente han sido tratados en una Planta de Tratamiento de Aguas Sanitarias. Para obtener autorización de vertido desde la Planta de Homogeneización, la concentración de actividad alfa debe ser menor del Límite Autorizado por las Especificaciones de Funcionamiento (222 Kbq/m^3).

Adicionalmente se tiene una limitación, recogida en el mismo documento, de la actividad alfa total vertida diariamente, trimestralmente y anualmente (1,2x10^4 MBq/año).

Se pretende con todo ello que la persona, que es el último eslabón de la cadena trófica, no pueda recibir por todos los caminos de exposición, debido a los efluentes líquidos, una dosis superior a 0,10 mSv/año en las peores condiciones.

T I

Número de determinaciones del PVRA FABRICA DE JUZBADO

Determinación	Preoperacional	Operacional	Total
Alfa Total	1198	4282	5480
Alfa de Uranio	194	662	856
Espectrometría Alfa	13	825	838
Gamma u-235	15	428	443
Beta Total	1230	2707	3937
Resto Beta		430	430
T.L.D.	2123	3760	5883

Efluentes gaseosos

Las diferentes etapas del proceso cerámico se efectúan en equipos que se encuentran protegidos por campanas, cabinas o cajas de guantes conectadas a un sistema de extracción y filtrado, y por tanto en depresión con el medio que las circundan. El flujo de aire extraído pasa a través de una doble etapa de filtrado compuesta, cada una de ellas, por prefiltro y filtro absoluto HEPA con una eficiencia de al menos 99,97% para partículas ≥0,3µm.

La concentración de actividad alfa vertida por cada uno de los extractores viene controlada por los niveles de alerta y alarma, impuestos por las Especificaciones de Funcionamiento, al que están tarados los equipos de control asociados a las sondas isocinéticas existentes en ellos.

Adicionalmente la actividad alfa total vertida viene limitada en el mismo

T II

PROGRAMA DE VIGILANCIA RADIOLOGICA AMBIENTAL 1993 (PVRA)

	RECOGIDA DE MUESTRAS				ANALISIS DE LAS MUESTRAS	
	Nº de puntos de muestreo	Localización (1)	Tipo	Frecuencia (2)	Frecuencia	Tipo de medida
1. AIRE:						
1.1. Partículas	Seis	A-1 a A-6	Contínua	Cambio semanal de los filtros	Semanal Anual: (Diciembre), compuesta con las muestras semanales.	Alfa total Isotópico Uranio: ^{234}U, ^{235}U y ^{238}U (3)
2. AGUA:						
2.1. Aguas superficiales	Tres	As-1, As-2 y As-3	Contínua	Mensual	Mensual Anual (Junio)	Alfa total, Beta total y Beta resto Isotópico de Uranio: ^{234}U, ^{235}U y ^{238}U (4)
	Dos	As-4 y As-5	Simple	Mensual	Mensual Anual (Junio)	Alfa total, Beta total y Beta resto. Isotópico de Uranio: ^{234}U, ^{235}U y ^{238}U (4)
2.2. Aguas subterraneas						
2.2.1. Fuentes	Cinco	F-1 a F-5	Simple	Trimestral	Trimestral Anual (Junio)	Alfa total Isotópico de Uranio: ^{234}U, ^{235}U y ^{238}U (4)
2.2.2. Sondeos	Tres	So-1 a So-3	Simple	Trimestral	Trimestral	Alfa total
2.2.3. Agua de lluvia	Tres	LL-1 a LL-3	Simple	Trimestral	Trimestral	Alfa total
3. VEGETALES:						
3.1. Consumo humano	Cinco	Vh-1 a Vh-5	Simple	Una en Enero Una en Junio Tres en Septiembre	Uno de cada muestra	Alfa total Isotópico de Uranio: ^{234}U, ^{235}U y ^{238}U
4. CARNE Y LECHE						
4.1. Carne	Cuatro	C-1 a C-4	Simple	Dos en Mayo Una en Julio Una en invierno	Uno de cada muestra	Alfa total Isotópico de Uranio: ^{234}U, ^{235}U y ^{238}U
4.2. Leche	Cuatro	L-1 a L-4	Simple	Trimestral	Trimestral	Alfa total Isotópico de Uranio: ^{234}U, ^{235}U y ^{238}U
5. PECES Y SEDIMENTOS:						
5.1. Peces	Dos	P-1 a P-2	Simple	Anual	Uno de cada muestra	Alfa total Isotópico de Uranio: ^{234}U, ^{235}U y ^{238}U
5..2. Sedimentos	Cuatro	Sd-1 a Sd-4	Simple	Dos en Mayo Dos en Julio	Uno de cada muestra	Alfa total Isotópico de Uranio: ^{234}U, ^{235}U y ^{238}U
6. SUELOS	Ocho	Su-3, Su-4, Su-5 Su-8, Su-11, Su-12 Su-15, Su-18	Simple	Uno a 5 cm de profundidad	Uno de cada muestra	Alfa total Isotópico de Uranio: ^{234}U, ^{235}U y ^{238}U
7. RADIACION GAMMA:	Veinte	T-1 a T-20	Contínua	Trimestral	Trimestral	Radiación gamma

documento a $1{,}92 \times 10^2$ MBq/año, de forma que en las peores condiciones la persona más expuesta no pueda recibir, por esta vía, una dosis superior a 0,15 mSv/año.

Residuos Sólidos

Durante el proceso cerámico y en sus operaciones auxiliares se generan residuos radiactivos sólidos. Estos residuos son fundamentalmente objetos que han estado en contacto con el polvo de uranio (trapos, guantes, cubrecalzados, bolsas, papeles, piezas y útiles de equipos), filtros de las unidades de extracción y climatización y de la P.A y PGTELR.

Los materiales anteriormente citados, si no son descontaminables, son clasificados, embidonados y almacenados temporalmente en la instalación hasta su envío a su almacenamiento definitivo, por ENRESA.

Estos residuos están considerados de baja actividad, por lo que no requieren blindaje ni en su manejo ni en su transporte y se caracterizan por su baja densidad más que por su actividad específica.

La actividad específica de estos residuos está fijada, en las Especificaciones de Funcionamiento, en 3,7 MBq/kg para emisores alfa.

Asimismo está regulada, en el mismo documento, la tasa de exposición en superficie y a un metro y el nivel de contaminación en su superficie que pueden tener.

IMPACTO RADIOLOGICO AMBIENTAL

Como ya se ha comentado en el punto anterior, la Fábrica cuenta con sistemas de tratamiento, vigilancia y control de los efluentes y residuos que en ella se generan, que permiten asegurar el cumplimiento de los límites impuestos por la Administración.

Así, después de casi una década de fabricación de combustible, las emisiones medias de actividad han sido inferiores al 1% de los valores límites para efluentes líquidos e inferiores al 0,1% de los valores límites para los gaseosos.

Las dosis a la persona más expuesta de los diferentes grupos de población, se han calculado tomando como datos de partida las emisiones de efluentes radiactivos, desde que la Instalación entró en operación, suponiendo que habitan en el límite de la Zona Bajo Control del Explotador, y considerando los caminos de exposición y los tipos de radionucleidos emitidos potencialmente más desfavorables.

Para el cálculo de la dosis debida a los efluentes gaseosos se cuenta con una estación meteorológica que facilita los parámetros meteorológicos necesario para su determinación (coeficientes de dispersión y deposición).

Del análisis de los valores obtenidos se desprende que la dosis son despreciables e indistinguibles de la del fondo natural, lo que da una idea de la optimización del diseño de los sistemas de confinamiento y de tratamiento.

Por otra parte la Fábrica previamente a la puesta en operación siguió, durante un período de 4 años, un Programa Preoperacional continuado por otro Operacional, de toma de muestras de aguas (superficiales, subterráneas y lluvia), vegetales (consumo humano y animal), carne, leche, peces, sedimentos, suelos y radiación gamma. Se estableció una periodicidad de recogida según la clase de muestra y el tipo de determinación que se llevaba a efecto (alfa, beta total y resto, isotópico uranio).

La experiencia acumulada con las muestras analizadas y las determinaciones efectuadas, durante el período 1981-1992, de los Programas Preoperacionales y Operacionales (ver Tabla I) ha permitido adaptar y optimizar las sucesivas campañas de muestras a tomar y determinación a realizar. Ejemplo de lo anterior es el PVRA que se efectuó en 1993 y que se recoge en la Tabla II.

La Fábrica dispone de laboratorios, convenientemente dotados de equipos, en los que se controla y evalúa el impacto ambiental tanto de la propia instalación como de otras, con las que se tiene establecidos contratos para suministrarlas estos servicios.

Estos laboratorios son:

- Laboratorio de Medio Ambiente.
- Laboratorio de Medidas de Radiactividad Ambiental.
- Laboratorio de Protección Radiológica.
- Laboratorio de Dosimetría (Servicio Oficial de Dosimetría Personal).

CONCLUSIONES

De lo anterior expuesto se puede concluir que:

- Durante el tiempo que la Fábrica de Juzbado lleva en producción (1985-1993), los niveles de emisión de los efluentes se han mantenido en niveles muy bajos que permiten asegurar que las dosis a la que pudieran dar lugar en el exterior de la Instalación son despreciables e indistinguibles del fondo natural.
- Los PVRA han corroborado esta afirmación al no detectarse ningún impacto en el medio ambiente. Las determinaciones realizadas sobre muestras ambientales no presentan diferencias estadísticamente significativas de las del fondo del emplazamiento.

Por todo ello se puede afirmar que la actividad de la Fábrica, durante estos años, no ha representado una agresión al medio natural.