

VOLATILIDAD DE LOS MERCADOS DE URANIO ENRIQUECIDO. IMPACTOS SOBRE EL COSTE DE COMBUSTIBLE

J. ARNÁIZ - J.M. INCHAUSTI - F. TARÍN

En este artículo se evalúa cuantitativamente la gran volatilidad histórica del precio total del combustible (incluyendo concentrado, conversión, enriquecimiento y fabricación) y se concluye que ha sido debida sobre todo a los vaivenes de los precios de los principales componentes del uranio enriquecido (concentrados y enriquecimiento).

Para evitar en lo posible los efectos negativos de dicha volatilidad, se recomienda una determinada estrategia en la gestión del abastecimiento del uranio (unión de compradores, diversificación de suministradores, gestión de "stocks", optimización de cartera de contratos y adecuada gestión de divisas) que garantice un suministro seguro a unos precios razonables. Estas pautas de actuación son las que sigue ENUSA desde hace años por encargo de las Empresas Eléctricas Españolas a través de la Comisión de Aprovisionamiento de Uranio (CAU).

In this article the historical high volatile behaviour of the total nuclear fuel price is evaluated quantitatively and it is concluded that it has been due mainly to the fluctuations of the prices of the principal components of enriched uranium (concentrates and enrichment).

In order to avoid the negative effects of this volatile behaviour as far as possible, a basic strategy in the uranium procurement activities is recommended (union of buyers, diversification of suppliers, stock management, optimisation of contract portfolio and suitable currency management) that guarantees a reliable uranium supply at reasonable prices. These guidelines are those that ENUSA has been following on behalf of the Spanish Utilities in the Commission of Uranium Procurement (CAU in Spanish).

INTRODUCCIÓN

El mercado del uranio ha sido siempre muy inestable. Citaremos en primer lugar los dos extremos: el de la escasez, debida a la extraordinaria demanda provocada por la enorme cantidad de centrales nucleares que se programaron a raíz de la crisis del petróleo de 1973, y el de la abundancia, debida al parón nuclear que se produjo posteriormente a nivel mundial junto a la oferta adicional de uranio procedente de los "stocks" y la producción de los

países que conformaban la antigua Unión Soviética después de su desintegración a finales de los 80.

Entre estos dos extremos el mercado ha sufrido una serie de ciclos de variaciones de los precios de los componentes del uranio enriquecido (concentrados, conversión y enriquecimiento) producidos por eventos menos históricos. Las cuestiones que trata de responder este artículo son las siguientes:

- a) ¿De qué orden de magnitud han sido esos vaivenes?
- b) ¿Qué podemos aprender de ellos?
- c) ¿Cuál es la mejor estrategia para conseguir un abastecimiento seguro del uranio a unos precios razonables?

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS PRECIOS DE LOS COMPONENTES DEL URANIO ENRIQUECIDO DE UNA RECARGA TIPO

Para que el estudio sea cuantitativo, además de cualitativo, se ha decidido estudiar cómo ha variado el coste total de los componentes del uranio enriquecido de una recarga tipo a lo largo de los años.

Hipótesis de partida:

Las suposiciones han sido las siguientes:

- 1) La recarga consta de 64 elementos del tipo PWR 17x17 de 12 pies (el más

usado en España). Es cierto que antes eran más frecuentes recargas de menos elementos cuando los ciclos eran anuales, pero cada vez más se tiende a ciclos de 18 y 24 meses, que requieren mayor número de elementos y mayores enriquecimientos.

2) Por ello se ha supuesto un enriquecimiento variable a lo largo de los años, con enriquecimientos que van desde el 3.15% antes de 1984 hasta los 4.70 % actuales. Simulando la evolución de los mismos en las plantas PWR españolas.

3) Se han utilizado precios de mercado para cada uno de los componentes del uranio enriquecido. Estos han sido más fáciles de obtener después del año 1980, y algo más difícil en la década de los 70, por lo que a veces ha sido necesario usar precios estimados (Referencias 1, 2, 3). La evolución real de dichos precios en cada país ha sido distinta a la que representan estos precios de mercado, por unos motivos u otros (proteccionismos, "stocks", independencia de suministro, compromisos adquiridos en contratos a largo plazo,...), pero también es cierto que los mercados están cada vez más globalizados, por lo que usar precios de mercado publicados para estudiar el pasado nos da una mejor visión de los que nos puede deparar el futuro.

4) A partir del año 1983 también se han incluido unos precios aproximados de fabricación del combustible, para completar el precio del combustible fresco. Aunque en este caso es todavía

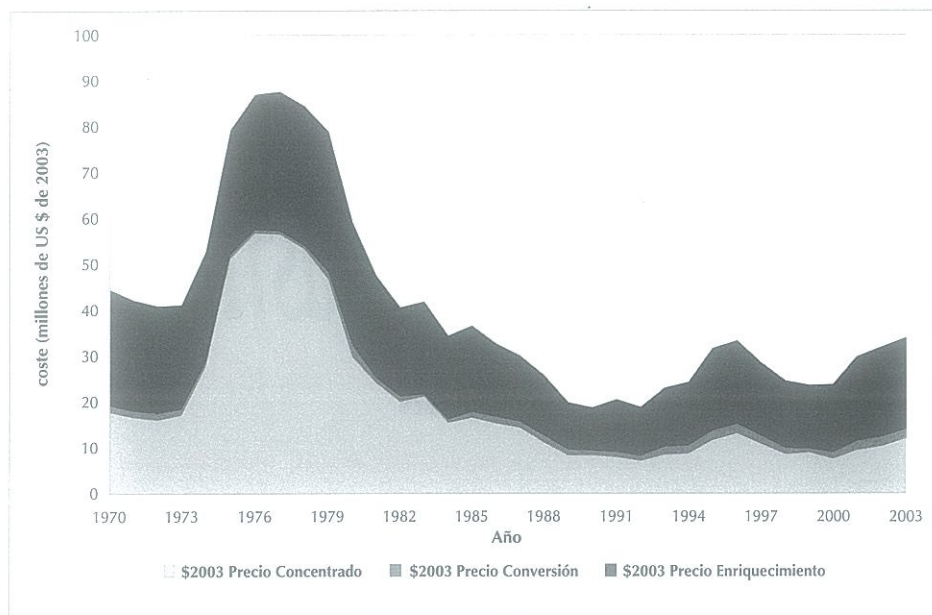


Figura 1. Evolución del Coste de los Componentes del Uranio Enriquecido en una recarga Tipo (64 Elementos, Enriquecimiento Variable, Cola Óptima, Precios de Mercado).

más difícil obtener precios de mercado fiables (Referencias 4 a 7), por lo que ha sido necesario hacer estimaciones, incluyendo medias entre precios en América y en Europa.

5) Además se ha supuesto el uso de una cola óptima en el proceso de enriquecimiento para minimizar el coste de nuestra recarga tipo.

6) Sólo se incluyen los costes de compra de los distintos componentes, y no otros costes, como son las cargas financieras, transportes, gestión de "stocks", seguros, etc...

7) Se han transformado los costes en dólares americanos corrientes (US \$) a dólares constantes del 2003 (US \$2003; Ref. 8) con el fin de tener una visión más clara de la evolución de los costes reales de los componentes principales del coste del combustible fresco.

Experiencia Histórica:

En la figura 1 se muestra la evolución del coste de los componentes del uranio enriquecido de nuestra recarga tipo desde el año 1970 hasta finales del 2003.

En la figura 2 se incluyen a partir de 1983 también unos precios estimados de fabricación.

Concentrados:

En primer lugar se ve el tremendo aumento de los precios de los concentrados que se produjo después de la crisis del petróleo del año 1973 y se

entiende por qué se produjo uno de los mayores descabros del mercado, el llamado caso Westinghouse (Ref. 9).

A principios de los 70 y con el fin de conseguir los contratos de construcción de nuevas centrales nucleares, Westinghouse se comprometió con 27 clientes no sólo a construir las centrales sino a suministrar el combustible que necesitaran durante los primeros 20 años. El precio del combustible se fijó teniendo en cuenta que los precios de los concentrados habían estado en valores muy estables antes de 1973, alrededor de los 6 o 7 \$/libra U_3O_8 y parecía improbable que pudiera sobrepasar la barrera de los 10 \$/lb, sin embargo se encontró a mediados de 1975 con contratos firmados para suministrar 65 millones de libras de concentrados en los siguientes 20 años, con el precio de mercado del uranio 30 \$/lb por encima del esperado cuando se firmaron dichos contratos.

Cuando Westinghouse descubrió que era imposible cumplir con dichos contratos se inició una batalla legal con las Eléctricas americanas que se resolvió en el año 1979, con el compromiso de Westinghouse de compensar a las empresas afectadas con servicios y descuentos durante los siguientes 25 años, lo que ha producido efectos en los precios de combustible en América hasta la actualidad, además del riesgo de interrupción del suministro de uranio muy real en ese momento.

Esto nos muestra que estabilidades pasadas de los precios no aseguran es-

tabilidades futuras. Además nos enseña que no se pueden firmar compromisos de entrega de combustible fabricado sin tener bien asegurado el suministro y los precios de los distintos componentes (concentrados, conversión, enriquecimiento y fabricación).

En el otro extremo se puede ver tanto en la figura 1 como en la 2, las bajadas de precios producidas en los años 90, todavía bajo los efectos del parón nuclear y el exceso de oferta de uranio procedente de los países de la antigua Unión Soviética.

El peso porcentual del coste de los concentrados sobre el coste total del combustible ha sufrido desde el año 1983 hasta la actualidad variaciones notables (entre un 20% y un 32% sobre el coste total) y tanto hacia arriba como hacia abajo. En los años 70 este porcentaje llegó a ser mucho más elevado.

En el pasado año 2003 se han producido una serie de hechos que muestran los aspectos negativos de la tremenda reducción y concentración de productores primarios y la confianza tal vez exagerada en las fuentes secundarias, que son relativamente desconocidas y están sometidas a riesgos no fácilmente medibles.

Estos acontecimientos unidos a algunos otros han provocado un incremento de los precios de los concentrados de un 42% sólo en el último año 2003. Como se ve en la Figura 2 esto ha hecho que se eleve nuestro hipotético precio de combustible hasta niveles similares a los del pico del año 1996.

Conversión:

A la vista del pequeño impacto (siempre menos del 5%) que supone el servicio de conversión respecto al precio total podríamos sacar la conclusión errónea de que las variaciones de los precios de conversión no deben influir mucho en las variaciones del precio total. Este proceso industrial intermedio en la producción de uranio enriquecido, representa un volumen económico muy inferior a los otros componentes. Sin embargo, debido a su importancia logística y a la disminución del número de suministradores se encuentra en una situación de inestabilidad.

Muy recientemente se han producido una serie de incidentes en una planta de conversión que han puesto temporalmente en peligro el suministro real de UF₆ natural ("feed"). Esto ayuda también a la subida de los precios del uranio, ya que muchas veces la compra de uranio se hace en forma de UF₆ natural. Por lo tanto la conversión es un eslabón pequeño de la cadena

pero muy importante ya que se encuentra en medio de la misma.

Enriquecimiento:

Como se ve el enriquecimiento es la componente más importante del coste total del combustible en la actualidad (del orden de un 45%, de un total que incluye el uranio enriquecido y la fabricación). Aunque también el porcentaje del servicio de enriquecimiento sobre el coste total ha sufrido variaciones muy importantes en los últimos 20 años (entre un 26% y un 50%).

Sin embargo, en este campo las previsiones de demanda a largo plazo están suficientemente cubiertas por los grandes productores (EURODIF, USEC, URENCO y TENEX), con sus plantas actuales y sus nuevos proyectos para el futuro.

Por lo tanto parece que hay suficiente disponibilidad de servicios de enriquecimiento para cubrir las necesidades del mercado a medio y largo plazo.

Valoración Cuantitativa de la Volatilidad:

La Figura 2 también nos muestra una bajada continua en los precios de fabricación del combustible. Sin embargo, las oscilaciones del precio total del combustible (incluyendo todos sus componentes) han sido siempre producidas fundamentalmente por variaciones en los precios de los componentes del uranio enriquecido, especialmente los precios de los concentrados y el enriquecimiento.

En la Figura 2 podemos observar que la diferencia entre los mínimos alcanzados por nuestro hipotético coste total del combustible de una recarga tipo, alcanzado en los años 1992 y 2000 y los máximos del mismo, alcanzados los años 1996 y 2003, es del orden de 10 millones de dólares americanos del 2003.

Esta es una volatilidad importante, aunque pueda parecer pequeña si se compara con los niveles de precios que se alcanzaron en los años 70.

En la Figura 2 podemos comprobar que la magnitud de esas subidas y bajadas es del orden de un 25% del coste total del combustible, lo que equivale de forma aproximada a alguno de los siguientes costes:

1. El coste completo de la fabricación de una recarga
2. El coste total de los concentrados necesarios
3. El coste de la conversión de 5 recargas

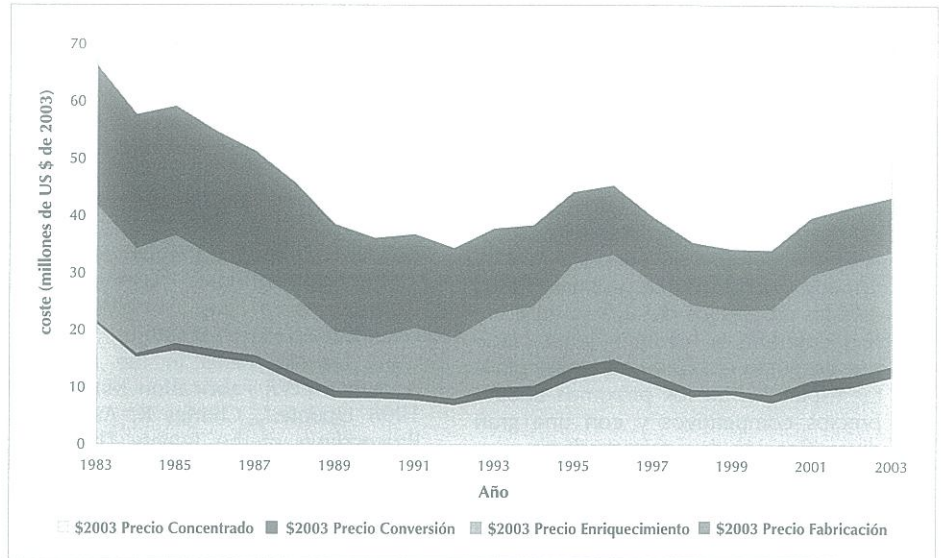


Figura 2. Evolución de los Componentes Principales del Coste del Combustible en una Recarga Tipo (64 Elementos, Enriquecimiento Variable, Cola óptima, Precios Aproximados de Mercado).

4. La mitad del servicio de enriquecimiento de una recarga

5. El coste en el mercado actual de producción español de 200 millones de kWh (Ref. 10), que equivaldría al consumo anual medio de una ciudad de más de 50.000 habitantes.

Otra causa de la volatilidad de los costes, que no está reflejada en las figuras 1 y 2, es el factor añadido de las fluctuaciones que sufren los cambios de divisas. Aunque los precios publicados se dan siempre en dólares americanos, los diversos contratos entre suministradores y compradores de las diversas componentes del uranio enriquecido se suelen firmar en distintas divisas. Por ello a las volatilidades de los precios mostradas en las figuras 1 y 2 hay que añadir las que se producen por las variaciones de los tipos de cambio entre las diversas divisas (US\$-Euro, Cnd\$-Euro...).

Basándose en la experiencia histórica, son esperables en el futuro, vaivenes en los precios de los componentes del coste del combustible similares a los producidos hasta la actualidad.

MEDIDAS PARA UNA GESTIÓN DE COMPRA RESPONSABLE

Para evitar en lo posible los efectos negativos de dichas volatilidades de precios, la gestión del abastecimiento del uranio en sus diversas componentes debe tener en cuenta las siguientes medidas:

1. *Unión de compradores:* Cada vez más se está produciendo en Estados Unidos una tendencia a la formación de grupos de Eléctricas (como Fuelco; Ref. 11) que aumentan tanto la capacidad de compra, como disminuyen los costes de gestión. Este modelo lo aplican desde hace muchos años las Eléctricas españolas con la ayuda de ENUSA mediante la Comisión de Aprovisionamiento de Uranio (CAU).

2. *Diversificación de los Suministradores:* Procurar un suministro diversificado con la intención de minimizar el impacto de fallos de uno o más productores sobre el suministro final. Hoy en día es aconsejable la contratación a los 5 productores de conversión (4 una vez cierre BNFL), en enriquecimiento a los cuatro grandes suministradores, y en concentrados hay que procurar una diversificación geográfica y de forma de producción (de uranio como producto principal, o como subproducto del cobre o el oro, o bien como producción secundaria).

3. *Gestión de stocks:* Realizar una gestión de los mismos adaptada a las circunstancias de cada momento.

4. *Optimizar la cartera de contratos* a medio y largo plazo, procurando obtener flexibilidades que en un momento determinado podrían permitir comprar en el mercado "spot" (a corto plazo), si éste lo justifica.

5. *Gestión de divisas:* Dada la importancia de las variaciones del cambio dólar-euro en los últimos años (del orden de un 50%), es importante llevar una buena gestión de seguros de cambio y realizar una diversificación en la

moneda de pago de los distintos contratos.

Las pautas antes mencionadas reflejan el tipo de actuaciones que ENUSA lleva a cabo dentro de la gestión encargada por las Empresas Eléctricas Españolas, mediante la Comisión de Aprovisionamiento de Uranio (CAU).

Como ejemplo de ello, ENUSA ha firmado recientemente (y antes de las subidas de precios del último año) varios contratos a medio y largo plazo que aseguran el suministro de las plantas españolas en los próximos años a precios competitivos y con una gran diversificación de suministradores.

Estas actuaciones han supuesto que, entre 2001 y 2003, las compras de uranio enriquecido se han realizado con un ahorro del 13% en relación al mercado spot, (mercado cuyos precios están normalmente por debajo de los de contratos a medio y largo plazo, a los que ENUSA contrata). Esto en términos de precio de compra de uranio enriquecido (con un enriquecimiento medio del 4,25%) supone un ahorro al año de 12 millones de US \$ (en moneda corriente).

CONCLUSIONES

A modo de conclusión, podemos decir que las tremendas volatilidades del precio total del combustible (incluyendo concentrado, conversión, enriquecimiento y fabricación) han sido debidas sobre todo a los vaivenes de los precios de los principales componentes del uranio enriquecido (concentrado y enriquecimiento).

También hemos visto los riesgos de la adquisición de compromisos de venta del combustible incluyendo el uranio, sin tener asegurados los suministros y los precios de sus diversos componentes.

Por último se recomiendan una serie de actuaciones en la gestión del abastecimiento del uranio (unión de compradores, diversificación de suministradores, gestión de stocks, optimización de cartera de contratos y adecuada gestión de divisas) que garanticen un suministro seguro a unos precios razonables. Estas pautas de actuación son las que sigue ENUSA desde hace años por encargo de las Empresas Eléctricas Españolas a través de la Comisión de Aprovisionamiento de Uranio.

REFERENCIAS

1. Nuclear Review (TradeTech). Noviembre 2003.

2. Nuclear Power in the OECD (2001).

3. "Repercusión del Coste del Uranio Enriquecido sobre el coste del combustible". Juan Manuel Blanco (CN Almaraz), Reunión Combustible Córdoba, Marzo 1999.

4. "Nuclear Fuel Cycle Costs versus Burnup" (www.nea.fr/html/ndd/reports/efc).

5. "Westinghouse Nuclear Fuel Going Forward". Jim Fici (West. Fuel Users Group March 2000).

6. "Developments in the US and European LWR Fabrication Markets: A 1998 Update.", Charles K. Anderson. Proceedings of the Twenty Third Annual Symposium of the Uranium Institute (10-11 September 1998, London, UK).

7. "Long Term Strategy and Nuclear Fuel Evolution.", Jean Paul Lannegrace. Proceedings of the Twenty Third Annual Symposium of the Uranium Institute (10-11 September 1998, London, UK).

8. "Inflation Conversion Factors for Dollars 1665 to Estimated 2013". Robert Sahr. Oregon State University. (http://oregonstate.edu/dept/pol_sci/fac/sahr/sahr.htm).

9. "Who killed Westinghouse". S. Massey (<http://www.post-gazette.com/westinghouse>).

10. Boletín estadístico de Energía Eléctrica. Octubre 2003. nº 65. Red Eléctrica de España.

11. "U.S. Nuclear Fuel Costs: Is the Downhill Ride Over?". Focus III/2003 (pág. 13).



Javier ARNÁIZ DE GUEZALA es Ingeniero de Minas. Ha trabajado en exploración de uranio en España y el exterior entre 1976 y 1991, año en el que siendo Jefe del Departamento de Exploración de ENUSA finalizaron las actividades de exploración de uranio de ENUSA. Jefe de Investigación y Planificación minera en el centro de Saclices (Mina FE) en Salamanca, entre 1991 y 1996. En 1996 pasa a desarrollar actividades de diversificación minera y a adjunto al Responsable de Gestión de Uranio, ya en las oficinas de ENUSA en Madrid. Es Responsable de Gestión de Uranio desde 1999, a cargo de la planificación, contratación y logística de transportes para la compra y entrega del uranio enriquecido para fabricación con destino a los reactores españoles.



José Manuel INCHAUSTI ÁLVAREZ
Se incorporó a ENUSA en 1982 como jefe administrativo de la División de Exploración de uranio en España, colaborando en 1984 y 1985 en la implantación del control analítico de los proyectos de Exploración realizados por ENADIMSA. En 1986 entra a formar parte del División de Aprovisionamiento de ENUSA, como responsable del control de almacenes del ciclo de combustible nuclear. En la actualidad además del control de almacenes, es responsable de la programación para cubrir las necesidades de los reactores españoles a corto, medio y largo plazo.



Francisco TARÍN GARCÍA es Licenciado en Ciencias Físicas (Especialidad Física Teórica) por la Universidad de Valencia (1981) y Diplomado en Ingeniería Nuclear por el Instituto de Estudios Nucleares (1983). Comenzó su actividad profesional en el Departamento de Seguridad Nuclear, Garantía de Calidad y Protección Física del CIEMAT (antigua JEN). En 1984 se incorporó a ENUSA y desde entonces prestó sus servicios en el área de Diseño Nuclear PWR durante 19 años en los Departamentos de Diseño Nuclear, Proyectos Especiales e Ingeniería del Núcleo. Su experiencia profesional también incluye diversas estancias de trabajo en la "Nuclear Fuel Division" de Westinghouse (USA). En Septiembre de 2003 se incorpora a Gestión del Uranio de ENUSA Industrias Avanzadas S.A. donde presta sus servicios en la actualidad como Responsable de Gestión de Información y Seguimiento de Mercados.