

Estimación de costos del almacenamiento interino para la CNA I

Juan E. Bergallo ^{a)} y Carlos Fuenzalida ^{b)}

^{a)} Grupo Diseño de Elementos Combustibles ^{b)} Programa Nacional de Gestión de Residuos Radiactivos
CNEA – Centro Atómico Bariloche

Resumen

Dentro del marco de los trabajos que se han venido realizando para el Programa Nacional de Gestión de Residuos, se ha realizado la evaluación técnica de diferentes alternativas y modalidades de almacenamiento transitorio para los elementos combustibles irradiados de la Central Nuclear Atucha I (CNA I).

Así mismo se ha venido desarrollando la evaluación a nivel internacional para determinar los principales aspectos que hacen a los criterios de selección de esas alternativas, para cada uno de los emplazamientos y las condiciones locales imperantes.

En este caso y dadas las particularidades del elemento combustible de la Central Nuclear Atucha I, se ha procedido a realizar y analizar estos aspectos, a nivel de la ingeniería conceptual que se ha venido desarrollando hasta el presente.

En este caso se presenta la metodología utilizada para la realización de la estimación de los costos de introducción de estos sistemas de almacenamiento en el caso de referencia, como así los principales resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos muestran que dentro de las dos alternativas estudiadas las diferencias en los valores obtenidos, por unidad de masa a ser almacenada, son menores que las incertezas del cálculo, ubicándose los mismos en torno de los 270 \$/kg U almacenado.

Por otro lado se ha realizado un detallado análisis de sensibilidad de las principales variables involucradas en el proceso de evaluación, y las consecuencias que alguna de ellas podría tener a la hora de la toma de decisiones.

Por último se ha realizado un estudio tendiente a determinar los coeficientes de escala de este tipo de almacenamiento, lo que sin duda es un dato necesario para la hora de la ejecución de las evaluaciones de la extensión de la vida de Atucha I, y el posible uso de este sistema de almacenamiento en la CNA II.

En este caso los resultados muestran que ese coeficiente es cercano a 0.85, lo que hace que este tipo de instalaciones alcance muy rápidamente los valores asintóticos, por lo que los impactos de economía de escala son muy limitados.

Esto hace que en todos los casos se pueda estimar en forma simple el costo o impacto que tiene este tipo de sistemas de almacenamiento significa dentro de los costos de generación de la energía eléctrica.

Por último debe ser destacado que en este caso el comportamiento económico, no resulta ser una variable sumamente influyente a la hora de tomar la decisión, dado que existen otros factores que influyen más fuertemente que el costo final del almacenamiento, los cuales se explican y desarrollan en este trabajo.

Estimación de costos del almacenamiento interino para la CNA I

Juan E. Bergallo ^{a)} y Carlos Fuenzalida ^{b)}

^{a)} Grupo Diseño de Elementos Combustibles ^{b)} Programa Nacional de Gestión de Residuos Radiactivos
CNEA – Centro Atómico Bariloche

Title: Cost estimation of interim dry storage for Atucha I NPP

Abstract:

A joint effort between NASA and CNEA has been performed in order to evaluate and fixed the strategy of interim spent storage for Atucha I nuclear power plant.

In this work the cost estimation on the proposed system was performed in order to fix the parameter and design criteria in the next engineering step.

The main results achieved show that both alternatives are all in the same range of costs per unit of mass to be stored, the impact on electricity cost is less than 1 US mills/kwh and the scaling factor achieved is 0.85.

Introducción

En la Central Nuclear Atucha I (CNA I), se han venido introduciendo cambios en la política de almacenamiento de los elementos combustibles irradiados en los últimos 15 años, en función del aprendizaje, las necesidades y cambios del ciclo de combustible.

El primer paso fue la construcción de una segunda casa de piletas destinada a almacenar los combustibles ante la demora del reprocesamiento, originalmente previsto para los mismos. La segunda modificación fue una reducción de los espacios ocupados por los combustibles almacenados, a fin de generar lugar o para poder optimizar el uso de las piletas. Como última modificación se ha introducido el uso de elementos combustibles de uranio levemente enriquecido (ULE), lo que permitió disminuir la cantidad de espacio necesario para el almacenamiento de combustible por año de operación a plena potencia a aproximadamente la mitad que con el uso de uranio natural.

Sin embargo se ha llegado a la situación actual en la que la capacidad de la vida de las piletas y espacios requeridos se completará estimativamente para el año 2014, siendo necesario adoptar una decisión de cual sería la mejor alternativa para culminar con la vida útil de la planta, o para proceder a la extensión de vida de la misma. Ambas alternativas requieren generar capacidad extra para el almacenamiento de acuerdo con las necesidades del ciclo de combustible.

Por otro lado es necesario tener en cuenta las necesidades que surgen de la planificación de las tareas de desmantelamiento de la central que sin duda e independientemente de la decisión respecto de la prolongación o no de la vida ocurrirá en algún momento.

Por último es necesario tener cuenta que en este caso existen dos actores diferentes involucrados en este problema, que son por un lado NASA y por otro CNEA, uno respecto del manejo de los combustible durante la operación de la central y otro que deberá involucrarse desde el momento del final de la vida de la central hasta la disposición de los residuos radiactivos.

Por ello y dado que las dos instituciones tienen intereses opuestos y que podrían generar interferencia en los planes y/o estrategias de cada una, se ha decidido encarar este estudio en forma conjunta entre ambas a fin de poder optimizar las decisiones y no crear interferencias entre ambas necesidades.

Dentro de esa problemática común se ha detectado como importante tener en cuenta el impacto económico, que la implementación de esta estrategia, tendría en la selección de las alternativas.

Por ello se ha realizado este análisis tendiente a determinar desde las más tempranas etapas de ingenierías el costo a fin de poder evitar conflictos y poder optimizar los criterios de diseño, manteniendo las condiciones de seguridad y logística requeridas.

Evaluación económica

Como primer paso se ha realizado la evaluación económica de cada una de las alternativas estudiadas, de forma tal de poder compararlas en forma directa, a fin de poder estimar los valores resultantes del costo de almacenamiento por unidad de material a ser almacenado.

Los datos técnicos utilizados han sido obtenidos de los estudios técnicos realizados en el que se encuentran descriptas las principales variables técnicas de ambos diseños ^(1,2).

En función de ellas se han podido obtener los siguientes variables significativas para cada uno de los sistemas en estudio, tanto el propuesto por NASA como el propuesto por CNEA.

La Tabla 1 permite discriminar los materiales compuestos en cada una de las alternativas, con el fin de poder ponderar para cada caso en particular las cantidades necesarias.

Ítem considerado	Diseño CNEA	Diseño NASA
Hormigón blindaje	43.2 m ³	46.6 m ³
Acero estructural	0.0 Ton	8.0 Ton
Acero Liner/Tubos	12.0 Ton	9.0 Ton
Hormigón platea	14.0 m ³	16.8 m ³
Casco de transferencia	50 Ton	0
Carretón de transferencia	1	1

Tabla 1

En base a estos resultados se puede hacer una estimación del costo, que deben ser interpretados como valores que permiten tener una idea cercana del costo directo de almacenamiento, y de las inversiones necesarias para llevar adelante la adecuación de los sistemas de almacenamiento necesarios.

Con los valores estimados para cada una de las categorías de materiales y componentes a ser utilizados se puede en consecuencia estimar el costo resultante de cada contenedor y de los elementos auxiliares necesarios para cada caso.

Los valores estimados son los presentados en la Tabla 2.

Ítem considerado	Precio unitario	Diseño CNEA U\$S	Diseño NASA U\$S
Hormigón blindaje	600 U\$S/Kg	25920	27960
Acero estructural	20 U\$S/Kg	0	160000
Acero Liner/Tubos	35 U\$S/Kg	420000	315000
Hormigón platea	600 U\$S/Kg	8400	10800
Casco de transferencia	20 U\$S/Kg	1000000	0
Carretón de transferencia	250000 U\$S	250000	250000

Tabla 2- Estimación del costo por componentes

Siendo estos los resultados esperados para cada uno de los módulos y las principales inversiones conexas, necesarias para la implementación de la estrategia.

Sin embargo esto no permite aún determinar ni las inversiones ni los costos por unidad de masa a ser almacenada hasta que no se establezca una estrategia de vaciado de las piletas en función de la necesidad de realizar las amortizaciones de los equipos principales, que se encuentran diseñados para largas campañas de extracción de combustibles.

Por ello en primera instancia se supone que las campañas de extracción de combustibles de las piletas será de 10 años de operación, a fin de generar espacio suficiente como para garantizar una prolongación de la vida de la central compatible con las inversiones necesarias para lograr la misma.

Bajo esta consideración y considerando una estrategia de vaciado de las piletas que permita extender la operación de la central de 10 años sería necesario retirar unos 1800 elementos combustibles de mantenerse el actual uso de ULE.

En ese caso se tiene que el costo por kilogramo de uranio almacenado en ambos casos rondaría en forma preliminar y estimativa entre 85 y 90 U\$S/Kg, dependiendo de sistema que se utilice, pero en este caso debe ser considerado que a los fines prácticos esto no representa una diferencia sustantiva, dado que los errores posibles de estimación son comparables a la diferencia observada.

Por ello, se puede considerar que los costos directos de esta estrategia, rondarían una inversión del orden de 25600000 U\$\$ para el retiro de esos 1800 EC irradiados de las piletas de almacenamiento como costos directos de contenedores a los que deben agregarse los costos indirectos que son tratados en la sección siguiente.

Obtención de los coeficientes de escala

Sin embargo la estrategia descrita anteriormente y utilizada como referencia, puede ser mejorada sensiblemente calculando diferentes alternativas y resumiendo su resultado como los factores de escala típicos para este tipo de emprendimientos de forma tal de poder dotar de flexibilidad a los evaluadores de una herramienta útil a la hora de poder realizar la planificación necesaria de las estrategias de retiro de los combustibles de la central.

Esta información es útil tanto para NASA en la planificación de sus inversiones con para CNEA a la hora de terminar las prácticas más económicas a la hora de evaluar el retiro de servicio de la instalación.

En este caso en consecuencia es necesario estimar los costos indirectos como son los resultantes de la preparación de la ingeniería, el licenciamiento y por otro lado la infraestructura necesaria, a fin de poder estimar el mencionado coeficiente junto con los requerimientos específicos del sistema como son el carretón de transferencia el contenedor en el caso del sistema de CNEA.

De esta manera la estimación utilizada se puede ver en la Tabla 3.

Ítem considerado	Valor
Ingeniería	3000000 U\$\$
Infraestructura	1000000 U\$\$
Licenciamiento	1000000 U\$\$

Tabla 3

Bajo estas condiciones y ya considerando todos los costos involucrados, se puede determinar el coeficiente de escala que satisface la ecuación siguiente:

$$\text{Costo} = \text{Costo base} \left(\frac{\text{Capacidad requerida}}{\text{Capacidad base}} \right)$$

Siendo el coeficiente el que nos interesa determinar, para lo cual se han considerado como valor base el retiro de elementos comestibles correspondientes a 10 años de operación (estrategia previsible por NASA) y el retiro de la totalidad de los combustibles en la etapa de desmantelamiento estimados en 12600 EC.

El valor obtenido es de en consecuencia de 0.85, es decir que el impacto que ofrece por economía de escala este diseño es realmente muy pequeño, permitiendo hacer el

retiro de los elementos en forma paulatina sin incurrir en sobrecostos excesivos, sobre todo si se considera el amplio rango de validez la evaluación realizada.

Impacto en el costo de la energía generada

Otra variable de importancia es determinar el impacto que esto tendría en la energía generada por la central.

En función de los valores estimados de 90 U\$\$/Kg U (como valor promedio) de costo de almacenamiento, se puede estimar que el impacto total es del orden de 1 mills U\$\$/kwh, es decir entorno de 0.003 \$/Kwh, considerando los actuales valores de quemado que se obtienen en la estrategia de uso de combustibles de ULE y la tasa de cambio.

Debe ser considerado que en el caso de los combustibles de uranio natural que ya se encuentran en las piletas el impacto es del orden de 0.006 \$/Kwh.

Esto muestra que es realmente poco significativo el impacto en el costo global de la energía generada.

Conclusiones

Las conclusiones que se pueden obtener de los resultados alcanzados son que este tipo de diseños analizados, muestran un excelente comportamiento en lo que a las posibilidades de modularidad se refiere, dado su alto coeficiente de escala, lo que hace que la relación entre el costo y la masa a ser almacenada sea prácticamente constante independientemente de la masa a almacenar dentro de amplios rangos de validez.

Esto tiene un impacto directo en la selección de alternativas y elimina posibles diferencias de enfoques entre los dos actores involucrados puedan tener al respecto sobre el sistema a utilizar.

Se puede ver que tiene un comportamiento de coeficientes de escala acorde con acomodar los requerimientos financieros del Programa Nacional de Gestión de Residuos Radiactivos a fin de no agotar los recursos de los fondos constituidos, y que el impacto sobre el costo de la energía generada es pequeño.

Por otro lado la inversión necesaria para la adecuación de la instalación para la prolongación de la vida de la central rondaría en principio los 31500000 U\$\$ lo que no debería representar un valor significativo a la hora de las inversiones a realizar.

En lo que al desmantelamiento de la instalación se refiere las inversiones necesarias rondarían los 160000000 U\$\$.

En cuanto a los análisis de sensibilidad realizados muestran que la principal variable a optimizar en este caso es el contenido de acero de los sistemas de almacenamiento, a fin

de minimizar los costos y evitar aumentos excesivos de los precios en caso de variaciones de costos.

Por otro lado y en función de la indiferencia de los resultados en cuanto a precio, existen otras variables técnicas que cobran relevancia, como son las de mantener y garantizar con amplios márgenes la integridad de los combustibles y las posibilidades y facilidades para puedan ser retirados del sitio para el desmantelamiento definitivo.

Referencias

1. Informe Técnico CNEA-CAB 49014-2007
2. Diseño conceptual de un sistema para almacenamiento interino en seco de combustible gastado de la CNA I- Fuezaliza C.S, Bergallo Juan E. et al.