

# ALARA EN DESMANTELAMIENTO: GRANDES Y PEQUEÑAS ESTRATEGIAS EN EL AHORRO DE LA DOSIS ESTIMADA

El Sistema de Limitación de Dosis (Alara) es el objetivo fundamental de la Protección Radiológica con el que se consigue que disminuya la dosis colectiva, pese al aumento del uso de las radiaciones ionizantes. El concepto Alara se ha convertido en una filosofía integrada en la toma de decisiones en materia de protección radiológica.

La aplicación del concepto Alara ha sido y continúa siendo un objetivo primordial para el Servicio de Protección Radiológica y resto de la organización en el desmantelamiento y clausura de la central nuclear José Cabrera. Desde que en el año 2010 Enresa tomara la titularidad de la instalación, la prioridad absoluta de la reducción de dosis se ha visto plasmada tras ocho años de desmantelamiento, obteniendo un ahorro superior al 50% sobre la mejor estimación de dosis. Dentro de las estrategias Alara seguidas se presentan dos de ellas: la primera (corte de la vasija del reactor) de gran repercusión y visibilidad radiológica y una segunda (corte de drenajes aéreos en el Edificio de Contención) de menor calibre pero vital y que pretende agrupar a todas aquellas acciones que, desde un punto de vista global, refieren ahorros y mejoras pequeñas pero continuas que han contribuido de una manera discreta pero eficaz al excelente ahorro de dosis conseguido.

## INTRODUCCIÓN

Es indudable que pocos temas generan tanta polémica como el uso de la energía nuclear con fines pacíficos. Esto es debido al desconocimiento, a pesar de los muchos esfuerzos informativos y divulgativos realizados en los últimos años, que tiene gran parte de la sociedad sobre las radiaciones ionizantes y de sus efectos. Esto genera una percepción sesgada y exagerada del riesgo, que da lugar a situaciones de ansiedad que a veces son más perjudiciales que los propios efectos de las radiaciones ionizantes, cuando estos se hayan controlados.

La percepción del riesgo y las medidas para su control han evolucionado a lo largo de los últimos tiempos. Hasta los años 50, el objetivo fundamental era evitar los daños más severos que las radiaciones producían sobre los trabajadores. Se usaba el concepto de *dosis de tolerancia*, cuyo significado era aquel

por el cual se podían tolerar exposiciones a las radiaciones en tanto no produjeran un efecto visible en la piel.

Desde 1950 hasta 1977 se manejaba el concepto de *dosis máxima permisible*. La filosofía era la de mantener las dosis permisibles en valores tales que se garantizara un aceptable nivel de salud para los trabajadores.

A partir de la publicación nº 26 de la ICRP en 1977 se introduce el Sistema de Limitación de Dosis (Alara), que es el objetivo fundamental de la Protección Radiológica. Al aplicar esta nueva normativa, en los manuales y procedimientos, se consigue que disminuya la dosis colectiva, pese al aumento exponencial del uso de las radiaciones ionizantes en los distintos campos de la ciencia (industria, medicina, investigación, etc.).

El concepto Alara pretende, de forma general y desde hace ya



**CARLOS GONZÁLEZ CORRAL**

Responsable del Área de PR Operativa en C.N. de José Cabrera. Senior Engineer en el área de DDR&WM

WESTINGHOUSE ELECTRIC SPAIN

Ingeniero Técnico Forestal y Licenciado en Ciencias Ambientales



**JULIÁN RODRÍGUEZ LEÓN**

Técnico ALARA como colaborador en el Plan de Desmantelamiento y Clausura de la Central Nuclear José Cabrera.

ADQ-TUV IBERIA

Técnico Especialista en Máquinas y Herramientas.

## APPLICABILITY OF ALARA PRINCIPLE DURING DISMANTLING: STRATEGIES FOCUSED ON THE REDUCTION OF THE ESTIMATED DOSE

The Dose Limitation System (ALARA) is the fundamental objective of the Radiological Protection for reducing the collective dose while increasing the use of ionizing radiations. The ALARA concept has become an integrated philosophy in decision making process regarding radiological protection. The application of the ALARA concept has been and continues to be a primary objective for the Radiation Protection Service and the rest of the organization in the decommissioning stage of the José Cabrera Nuclear Power Plant. Since ENRESA took ownership of the installation, the absolute priority of the dose reduction has been reflected after 8 years of decommissioning process, obtaining a saving of more than 50% on the best dose estimate. Within the implemented ALARA strategies, two of them are presented: the first (cutting of the reactor vessel) of great radiological impact, and a second one (cutting of air drains in the Containment Building) of smaller caliber but vital and intended to group all those actions that, from a global point of view, refer to savings and small but continuous improvements that have contributed in a discrete but effective way to the excellent dose savings achieved.



muchos años, convertirse en una filosofía integrada en la toma de decisiones en materia de protección radiológica de la empresa y en las actividades de los trabajadores (relacionados a cualquier nivel con la exposición a las radiaciones ionizantes), que minimice las dosis a todos los niveles, pasando a ser una forma permanente de pensar y actuar.

Conceptualmente el parámetro fundamental para verificar la efectividad de la implantación del principio de optimización en cualquier práctica es el ahorro de dosis. Esta se da como resultado de la adopción de métodos para su reducción a partir de la evaluación de las diferentes opciones o alternativas, mediante el análisis y el uso de herramientas de toma de decisiones, aplicados en las áreas de debilidad identificadas a través de las estadísticas de dosis.

En la actualidad para mantener operable una instalación compleja, como una central nuclear, es necesaria la realización de una infinidad de trabajos entre los que destacan los que se realizan durante las recargas de combustible: el mantenimiento preventivo y correctivo de equipos diversos, la vigilancia de la operabilidad de componentes y sistemas y la realización de modificaciones en sistemas, componentes y áreas. A menudo estas actividades se llevan a cabo bajo condiciones radiológicas diversas, es decir, con niveles de radiación y contaminación variables. A pesar de todo esto, y en la práctica, al cabo de tiempo es posible estandarizar todas las actividades y estimar con cierta precisión los costes radiológicos futuros de las mismas. Sobre esta base se desarrollan planes de mejora y optimización continua de las actividades para reducir en lo posible las dosis colectivas.

Sin embargo, en una planta nuclear en desmantelamiento este planteamiento no es aplicable. Una vez establecido el plan de desmantelamiento la protección radiológica ha de adaptarse de manera automática a las más que previsibles alteraciones del plan. Los trabajos y actividades de desmantelamiento se suceden sobre las diferentes estructuras, equipos y componentes sin que sea posible correlacionar *a priori* el coste radiológico de unas actividades con otras ya que, rara vez, se repiten y en muchos de los casos no se dispone de referencias nacionales ni interna-

cionales que pudieran ayudar a su planificación.

Cuestión importante en el caso de centrales nucleares de primera generación y en concreto en C.N. José Cabrera es que no se pudo aplicar el concepto Alara en su concepción, diseño, y siguientes fases (anteriores a la aplicación de la ICRP nº 26 del año 1977). Esta problemática supone un reto más en el día a día de las actividades que se realizan en dicha planta.

Resulta evidente el beneficio que supone y supondrá el que en las nuevas centrales la filosofía Alara está presente en todo el proceso, desde la concepción, el diseño, la construcción, la operación y el desmantelamiento.

En el desarrollo de los desmantelamientos es interesante recordar la teoría de reacción en cadena promovida por Edward Deming "teórico de la calidad", que postula que al mejorar la calidad en el trabajo se ha de optimizar el tiempo efectivo en que éste se realiza. Por lo tanto, en el caso de la exposición a las radiaciones ionizantes se minimiza la dosis colectiva de los trabajadores. Es más, el uso de técnicas estadísticas para identificar dónde se presentan los costos de calidad (es decir, aquellas partes de los procesos que afectan adversamente a la calidad del trabajo), es un excelente indicador para determinar la forma en que es recibida la dosis por los trabajadores, ya que hace posible identificar los tipos de trabajos que consumen más dosis, los grupos más expuestos, así como lugares, equipos y componentes con mayores riesgos radiológicos. Esta teoría tiene una aplicación interesante en el mundo nuclear.

La optimización de los recursos humanos y materiales para efectuar tales actividades de manera óptima repercutirá directamente en la reducción de las dosis individuales y, por tanto, de las dosis colectivas resultantes. Todo esto sin olvidar que decisiones individuales puede resultar decisivas en la dosis colectiva de cualquier actividad que se realice bajo condiciones radiológicas adversas.

Una actitud proactiva de todos los trabajadores implicados en el desmantelamiento junto con el impulso al desarrollo de medios y tecnología específica adecuados garantizará la consecución de los objetivos marcados. Destacar la importancia que tiene en los desman-

telamientos la formación técnica y la experiencia previa de los trabajadores.

En los siguientes párrafos se mostrará el resultado de la aplicación práctica de estos conceptos, que no son otros, que los de la filosofía Alara.

La aplicación del concepto Alara (*tan bajo como razonablemente sea posible*, por sus siglas en inglés) ha sido y continúa siendo un objetivo primordial para el Servicio de Protección Radiológica (SPR) y resto de la organización en el desmantelamiento y clausura de la central nuclear José Cabrera, desde que en el año 2010 Enresa tomara la titularidad de la instalación, la prioridad absoluta de la reducción de dosis se ha visto plasmada tras ocho años de desmantelamiento, obteniendo un ahorro superior al 50 % sobre la mejor estimación de dosis (6,4 Sv-p) dato de partida incluido en el Estudio de Seguridad.

Muchas e intensas han sido las actuaciones y las implicaciones de todas las organizaciones participantes en el PDC, encargándose el SPR de vehicular todas las acciones asociadas a la reducción del termino fuente y documentar la mayoría de ellas a fin de completar, un extenso informe donde se referencien las acciones Alara junto a las lecciones aprendidas de la primera planta nuclear de nuestro país que está siendo objeto de un desmantelamiento total.

Dentro de las estrategias Alara seguidas en el PDC, deben destacarse dos de ellas, la primera de gran repercusión y vistosidad radiológica y otra de menor calibre pero vital y que pretende agrupar a todas aquellas acciones que, desde un punto de vista global refieren ahorros y mejoras pequeñas pero continuas que han contribuido de una manera discreta pero eficaz al excelente ahorro de dosis conseguido, tras el 100 % completado en la retirada de equipos y el 90 % respecto a las superficies contaminadas, que aún son fuente contribuyente a la tasa de dosis en los diferentes edificios de la central.

## GRANDES ESTRATEGIAS: CORTE DE VASIJAS DEL REACTOR

No existía experiencia operativa previa en cuanto al proceso a seguir para la segmentación de la vasija del reactor a tamaño contenedor. La experiencia existente, centrada básicamente en vasijas desmanteladas de los EE.UU., consistía en la

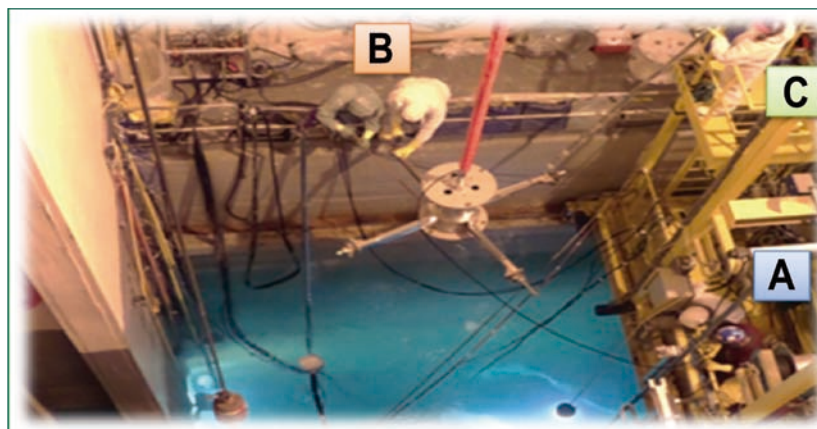
extracción total de la vasija y el almacenamiento de la misma como gran pieza tras fabricar un contenedor específico para tal fin. El reto en Zorita consistía en segmentar a tamaño contenedor y expedir los mismos al único centro autorizado en nuestro país como el Centro de almacenamiento de El Cabril en la provincia de Córdoba. La estimación del estudio de seguridad para el segmentado de la vasija ascendía a 1.052 mSv-p unido a una metodología de corte “muy agresiva” y al “aire”, que contemplaba, tras la desconexión de la vasija, el izado de la misma volteándose a posición horizontal dentro de la misma cavidad de recarga, instalando previamente unas carrileras para la actuación mediante sopletes semiautomáticos, debiendo acondicionar una zona confinada para la reducción de la contaminación ambiental, que de tal metodología de corte se produjera...

Tras el excelente rendimiento obtenido en el proceso de corte y embalaje de los internos del reactor, segmentados en el antiguo foso de combustible y una vez ya estaban realizadas las modificaciones principales en las cavidades, la dirección de la planta optó, con acierto, por un cambio en la metodología de corte de la vasija, sustituyendo el corte al aire por el corte bajo agua mediante equipos robotizados, manejados por operarios a varios metros de distancia. La segmentación de la vasija se saldó con un total de dosis de: 30,81 mSv-p ascendiendo las servidumbres necesarias (acondicionamiento de cavidades, impermeabilización, corte del muro para posibilitar paso de equipos, liberación e izado de la vasija) a 203,5 mSv-p si bien gran parte de la inversión realizada se aprovechó previamente para el corte de los internos y la cabeza del reactor.

El cambio de metodología, redundó en un ahorro efectivo del 80,65% unido al riesgo **cero** en cuanto a la dispersión de partículas durante el corte. La tasa promedio de exposición durante la tarea de segmentado se situó en 4,9 µSv/h, cinco veces por debajo del límite que marca la zona de permanencia limitada.

## PEQUEÑAS ESTRATEGIAS: CORTE DE DRENAJES AEREOS EN EL EDIFICIO DE CONTENCIÓN

Las denominadas *pequeñas estrategias*, han surgido a partir de la vigilancia radiológica y los hallaz-



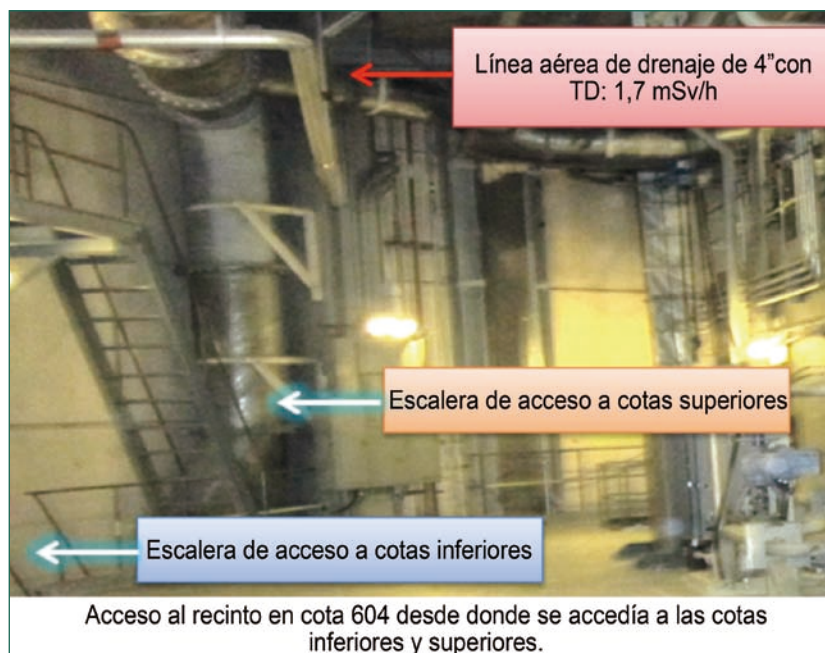
|          |                                                                                                                         |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A</b> | Operarios de corte sobre puesto de mando a 7 metros de la vasija (con 4 metros de blindaje de agua).                    |
| <b>B</b> | Apoyo al corte en el mantenimiento de equipos en mirador “este” del foso a 9 metros de la vasija.                       |
| <b>C</b> | Vigilancia continua por parte del SPR para la detección de puntos calientes en equipos auxiliares y toma de decisiones. |

**Figura 1.**

gos realizados junto al análisis del historial de operación de la planta, cuyas debilidades latentes resolvieron en gran medida aquellos puntos calientes detectados y definieron la realización de acciones de remediación necesarias, todas ellas encaminadas a la reducción y/o eliminación del término fuente. En aquellos casos donde las acciones de remediación no pudieron llevarse a cabo por necesidades de la operación de la planta, se sustituyeron por acciones de reparación,

que identificaban la debilidad y mitigaban su repercusión en tareas adyacentes hasta que se obtenía el correspondiente descargo y se procedía a su eliminación.

Dentro de los puntos calientes detectados en el Recinto de la Contención, figuraba la red de drenajes, que poseía una característica respecto a otras plantas, la red no discurría en su totalidad embebida en los forjados sino que se trataba de tuberías de cuatro pulgadas totalmente accesibles, la falta de



**Figura 2.**

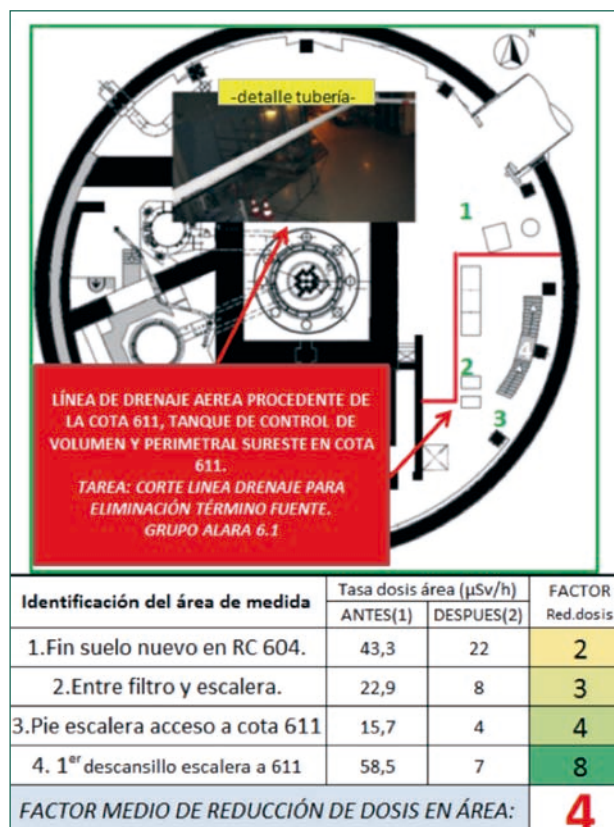


Figura 3.

blindaje unida al vertido histórico en la red de todo tipo de líquidos radiactivos generaban una alta tasa de dosis con un fuerte impacto en algunas zonas de paso, elevando el riesgo de radiación indirecta para tareas simple como el acceso a otras cotas o el acceso a grandes equipos, cuyas zonas permanecían fuertemente condicionadas por la presencia de la citada tubería. Tal circunstancia motivó la creación de un grupo multidisciplinar con la implicación directa del SPR, Sº de Operación, Dirección Técnica y el contratista adjudicatario del contrato de "desmontaje radiológico de equipos en contención". Tras el análisis radiológico de las tuberías investigadas, se decidió la eliminación de dos de las tres líneas de drenaje presentes en el edificio, dejando la tercera con una menor entidad radiológica y situada en zona de menor afectación al tránsito de personal, totalmente operable para las contingencias propias del PDC.

A continuación procederemos a analizar dos casos de eliminación parcial de la tubería de drenajes y los beneficios radiológicos obtenidos de tales decisiones:

- Línea de drenaje procedente de cota 611 ubicada en la proximidad

del acceso desde cota 604 a cota 611.

En la Figura 2 se puede observar la presencia de la línea de drenaje y su proximidad a la escalera de acceso.

La Figura 3 muestra la vigilancia radiológica antes y después de concretar la eliminación de la tubería y factor de reducción conseguido.

La retirada total de los drenajes aéreos en la zona investigada, unido al blindaje del muro exterior de la cavidad de recarga, hicieron descender la tasa promedio de exposición del área referida de 20,4 a 1,89 μSv/h, un cálculo conservador aplicando el 1 % del tiempo empleado como entradas y salidas del recinto, de tareas que se han desarrollado en cotas superiores (adecuación de cavidades, corte de los internos, corte de la cabeza y corte de vasija) trabajos que han sumado más de 50.000 horas/hombre dan como resultado un ahorro de **38 mSv-p**.

- Línea de drenaje procedente de la galería de válvulas del Fosos de Combustible Gastado.

La apertura en el año 2012, de la tarea consistente en aislar el generador de vapor (GV) mediante el corte y taponado de ramas fría



Figura 4.

y caliente, volvió a poner de manifiesto la penalización de las líneas de drenaje, en este caso en la zona de paso al GV en la rama caliente. Tras iniciarse la citada tarea se comprobó la penalización que ejercía la citada línea no sólo en el personal de mano de obra directa que permanecía en la zona el tiempo de vestido/desvestido relativa a la zona de paso, sino también en la dosis acumulada por el auxiliar de PR que permanecía la jornada completa en la zona afectada. Transcurridos los cuatro primeros días se decidió declarar en descargo la citada tubería procediendo a su retirada inmediata, en la Figura 4 se puede constatar el beneficio radiológico extraído de la dosis diaria del individuo crítico (en este caso el auxiliar de PR).

Aplicando de la misma manera que en el caso anterior, un factor conservador del 1 % para los trabajos posteriores de desmontaje del GV con un coste total en horas de 12.908 se puede hablar de una reducción de dosis de 40 mSv-p.

Hasta un total de 200 acciones documentadas han conseguido rebajar en un 55% la estimación inicial pasando de 6,4 Sv-p estimados a 2,9 Sv-p reales.■