

Trabajos auxiliares para la segmentación de los internos del reactor. Plan de desmantelamiento y clausura de la central nuclear José Cabrera

A. Zurita, M. Curiel, S. V. Cabanillas y C. Herreruela

Dentro del Plan de Desmantelamiento y Clausura de la Central Nuclear José Cabrera (PDC-CNJC), se incluye, como actividad principal, la segmentación de los componentes internos del reactor.

Enresa, que asume la titularidad de la instalación durante el desmantelamiento, adjudica mediante licitación internacional, dicha actividad a Westinghouse.

Los trabajos auxiliares para la segmentación de los internos son contratados por Westinghouse a la UTE Moncasa – Lainsa (Monlain ASI – CNJC), la empresa española con más experiencia en desmantelamientos de instalaciones nucleares.

En este artículo se presenta la descripción de las actividades, previas al inicio del corte de internos, más significativas.

As part of José Cabrera's Nuclear Power Plant Dismantling and Decommissioning Plan one of the main activities is the Reactor Vessel Internals Segmentation.

ENRESA as utility has been awarded these Project to WESTINGHOUSE after International bidding process.

The auxiliary and support activities are subcontracted from WESTINGHOUSE to MONCASA – LAINSA Joint Venture (MONLAIN ASI – CNJC), as the most experienced company on previous dismantling projects of nuclear power plants in Spain.

The main previous activities related to segmentation are described below.

INTRODUCCIÓN

El 11 de febrero de 2010, Gas Natural Fenosa transfería la titularidad de la Central Nuclear José Cabrera (CNJC) a Enresa para acometer el proyecto de desmantelamiento y clausura de la instalación. Se trata del primer desmantelamiento completo de una central nuclear que se realiza en España.

Los trabajos de segmentación de los internos del reactor, se adjudican, mediante concurso público, por parte de Enresa a Westinghouse que, a su vez contrata a la UTE Monlain ASI - CNJC (Moncasa-Lainsa) para la ejecución de todas las actividades previas a la segmentación de los internos, así como para prestar el apoyo necesario durante las fases de segmentación. Asimismo, se subcontratan a Monlain los técnicos de protección radiológica, de prevención de riesgos laborales, calidad y ejecución que colaboran con la Dirección de Proyecto y Jefatura de Obra de Westinghouse en las activi-

dades que les corresponden, interviniendo en la elaboración de la documentación específica requerida por Enresa para autorizar el comienzo de las diversas actividades.

Descripción de la instalación

Las actividades a realizar hasta la finalización de la segmentación de los internos del reactor se llevan a cabo fundamentalmente en dos zonas: cavidad del reactor y foso de combustible gastado. La planta de maniobras, donde se encuentran los grandes medios de manutención: grúa Omega de 70 t, grúa pórtico Jaso de 5 t, hueco de entrada y salida de equipos, residuos, etc. se utiliza, además, como zona de acopio de equipos, maquinaria, contenedores de residuos, etc.

Descripción de la cavidad de recarga

La cavidad del reactor se encuentra situada prácticamente en el centro del Edificio de Contención, entre las cotas 603,770 y 611,330, siendo diáfana has-



ANTONIO ZURITA MONTERO

es ingeniero técnico industrial. Se incorpora a Moncasa en 1975. En actividades de desmantelamiento ha participado en los proyectos de Vandellós I, Almacén III en CNJC, Planta M1 (Pimic) y PDC - CNJC.



MARCELIANO CURIEL NIEVA

es ingeniero técnico industrial (Mecánica). Máster en Dirección de Empresas por la Universidad Rey Juan Carlos. *European Engineer*. Supervisor de Instalaciones Radiactivas (Biomedicina e Investigación). Técnico superior en Seguridad del Trabajo. Técnico superior en Higiene Industrial.



SANTIAGO V. CABANILLAS DIESTRO

es ingeniero industrial por la E.I.I. de Badajoz (Universidad de Extremadura) desde junio de 2001.

En 2001 ingresó en Moncasa como técnico responsable en la Revisión- Desmontaje de 3 turbinas de C.H. Cedillo. En 2004, se integra en la Delegación de Trillo, donde actualmente es delegado de Zona.



CARLOS HERRERUELA

es ingeniero industrial Mecánico por la ETSII de Madrid (1976-1977), desde 1990 es desarrolla su carrera profesional en Westinghouse Technology Services. En la actualidad es Director del Proyecto de Segmentación de los internos del Reactor de CNJC-Zorita.



Foto 1.



Foto 2.

ta las losas superiores desmontables de la cota 621. Está comunicada con el foso de combustible gastado por su lado sur, mediante un hueco en la parte oeste del muro de separación. Este hueco, salvo en operaciones de recarga de combustible se encuentra tapado con bloques de hormigón denominados crucetas.

Se accede a la cavidad a través de una puerta metálica ubicada en el lado este que comunica con el área de penetraciones eléctricas situadas en la cota 611,600.

En el lado norte se encuentra el *stand* de la cabeza del reactor, sobre una plataforma situada en la cota 611,330 y el útil de extracción de los internos.

En el lado oeste dispone de una zona diáfana con el local que alberga los sistemas del generador de vapor y presurizador.

Sobre los paramentos verticales se encuentran diversos soportes que albergan las guías de extracción/montaje de cabeza e internos.

En el suelo de la cavidad se encuentra la vasija del reactor y a su alrededor el anillo de ventilación y los pocetes de instrumentación nuclear.

Descripción del Foso de Combustible Gastado (FCG)

El FCG (Foto 1) se encuentra en el Edificio de Contención, lado sur, entre las cotas 596,860 y 611,600. Consiste en un recinto delimitado por cuatro muros y una losa de hormigón armado, todos ellos de 1.680 m de espesor. De igual modo están recubiertos por acero inoxidable austenítico hasta la elevación 603,760 (algo más de 6 m). Tiene 6,5 m de ancho y 7 m de largo y la altura máxima inundaible es de 11,72 m (elevación 609,690). El fondo se encuentra en la elevación 597,645 con un foso de 2,08 m de largo y 1,98 m de ancho en la elevación 596,860.

Dentro del FCG se encuentran los *racks* de combustible gastado que contienen diversos residuos operacionales (el combustible gastado fue extraído y acopiado en el Almacén Temporal Intemperie (ATI) por parte del titular de la instalación, antes de que esta fuera transferida a Enresa). Asimismo se encuentran los desmineralizadores CH-14 A/B; CH-15 y CH-25, apoyados en el suelo, cota 597,645.

En una plataforma adosada a la pared este se encuentran los *racks* de combustible nuevo, cota 611,600.

En la pared suroeste se encuentra el panel del alumbrado eléctrico del FCG.

En la pared norte se encuentran los soportes de las herramientas de movimiento de combustible.

El FCG dispone de una plataforma móvil con doble grúa que se mueve sobre railes en sentido norte-sur.

En la pared sur desde el mirador del foso se encuentra una escalera vertical para acceder a los desmineralizadores.

ACTIVIDADES PREVIAS

Las principales actividades previas realizadas hasta el comienzo de corte de los internos superiores son:

- Inspección visual (mediante cámara sumergible de alta resolución) y radiológica del interior del FCG y de los elementos allí almacenados.
- Caracterización radiológica inicial de cavidad y FCG.
- Cambio de ubicación de soporte de guías.
- Desmontaje de elementos que sobresalen de paramentos verticales y suelo de cavidad: placa de apoyo del alojamiento temporal de los internos superiores, soportes de los CRDM, tubería de venteo de la cabeza del reactor, etc.
- Desmontaje de elementos que interfieren con actividades o la zona que ocupan es requerida para aco-

pios: conductos de ventilación, *rack* de combustible nuevo y soportes sísmicos, bandeja de cables de la cabeza del reactor, etc.

- Demolición de solera de hormigón en cota 604 para permitir el paso de losas de cavidad a su alojamiento temporal cuando se requiere quitarlas para maniobras con el útil de izado de internos y retirada de cabeza.
- Retirada de soportes del útil de izado de internos con el fin de que el espacio ocupado por el útil en la cavidad, una vez extraídos los internos, pueda ser utilizado como superficie de acopio de residuos, cestas, etc.
- Control de estado y pruebas funcionales de útiles.
- Limpieza de alojamientos y cambio de juntas en pozos de instrumentación nuclear.
- Modificaciones y adecuación a normativa de grúa pórtico Jaso de 5 Tm.
- Retirada de crucetas y placa metálica de sellado de FCG.
- Retirada de elementos de paramentos verticales y suelo del FCG.
- Reubicación de residuos operacionales: de *racks* V y N a V1, de V1 a dos *racks* de cuatro alojamientos y de éstos a sus alojamientos definitivos para MPC o cestas una vez cortados, pesados y caracterizados radiológicamente.
- Extracción de *racks* tipos V y N.
- Reparación de liner con buzos (Foto 2).
- Corte de muro de hormigón para paso de internos a FCG.
- Desmontaje de desmineralizadores y tuberías e instrumentación asociada.
- Sustitución puente grúa en FCG. (Foto 3).
- Limpieza y filtración del agua del FCG.
- Losa de hormigón en cavidad y sellado de pocetes de instrumentación nuclear y anillo de ventilación

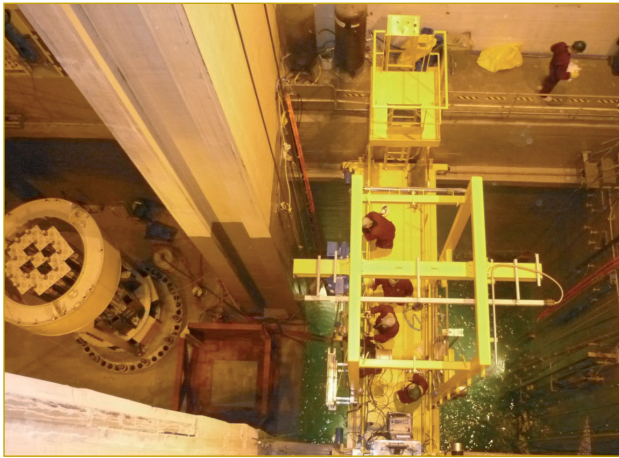


Foto 3.

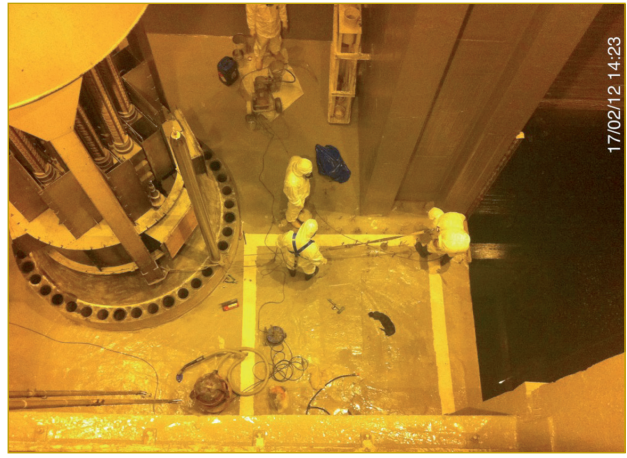


Foto 4.



Foto 5.



Foto 6.

- Eliminación de tela asfáltica de paramentos verticales del FCG.
- Pruebas de impermeabilización e impermeabilización de Cavity y FCG (Foto 4).
- Protección del fondo del FCG con chapas de inoxidable.
- Montaje e instalación de mesa giratoria sobre plataforma Hi-Track para soporte de internos durante el corte.
- Instalación de bombas de recirculación y de contingencias.
- Distensionado de pernos de cabeza y extracción de cabeza a su stand (Foto 5).
- Extracción de internos superiores y ubicación sobre mesa giratoria en FCG. (Foto 6).

A primeros de mayo de 2012 han finalizado las operaciones previas, se inician las actividades de corte del interno superior.

A continuación se analiza con más detalle la actividad de corte del muro de hormigón oeste que separa la ca-

vidad del FCG que, junto con la impermeabilización, reparación de fuga en el liner con buzos y el conjunto de operaciones para el vaciado y limpieza y filtración del agua del FCG es de las más significativas.

Corte del muro de hormigón

Las operaciones de segmentación de los internos se llevarán a cabo en el FCG, lo que hace necesario la apertura de un hueco (Figuras 1 y 2) entre ambas cavidades para el traslado de los internos al mismo.

Las actividades de corte del sector oeste del muro que aísla el FCG y la Cavity de recarga se realizan mediante hilo de diamante con los equipos de corte en lado Cavity ya que el FCG, al encontrarse lleno de agua, a sus paramentos verticales solo puede accederse mediante cesta. Se utilizó el modelo BA-164G (2,4x2) de 0,75 t colgada de puente grúa.

Secuencia de actuación

De forma general se siguió la secuencia mostrada a continuación:

• Actividades preparatorias

Acopio de materiales, equipos y máquinas; plastificado / pintado de zonas, equipos, máquinas; etc.

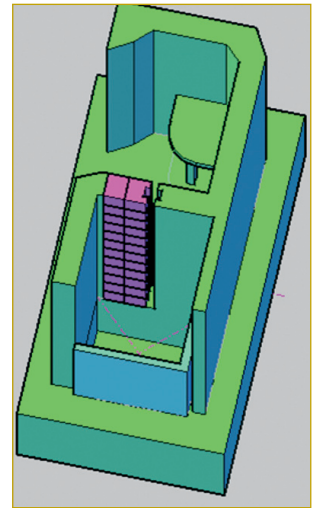


Figura 1.

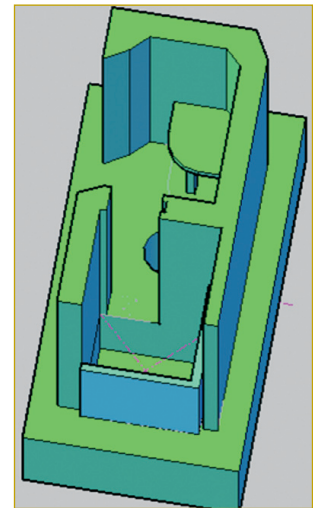


Figura 2.

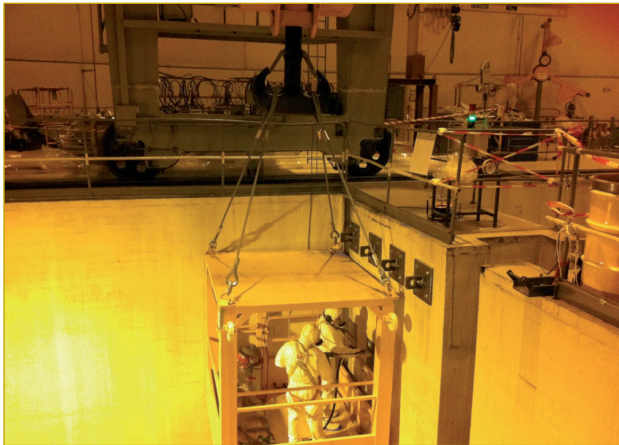


Foto 7.



Foto 8.



Foto 9.

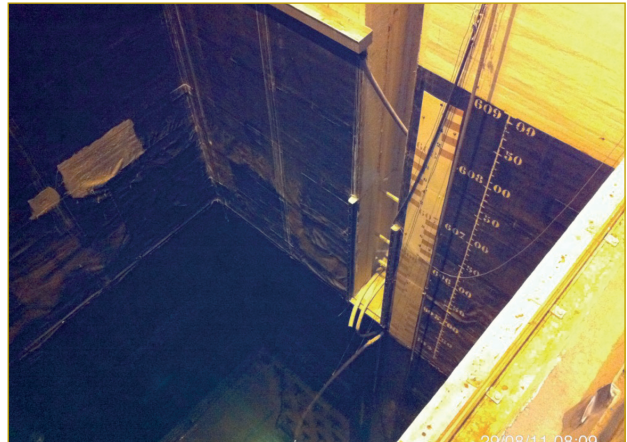


Foto 10.

- *Ejecución de taladros pasantes para ruteado del hilo de diamante.*
Ejecución de taladros pasantes con broca hueca de diamante de 24 mm, con refrigeración por agua, mediante dos equipos en paralelo sobre plataforma elevadora de tijera situada en cavidad, con sellos de goma con conexión para aspiradora y canaletas de captación.
- *Ejecución de taladros para montaje de placas de izado.*
Ejecución de taladros con broca hueca de diamante de 24 mm, de 125 mm de profundidad, con refrigeración por agua, mediante dos equipos en paralelo sobre plataforma de tijera en lado cavidad y otros dos sobre cesta suspendida en el lado FCG, (Foto 7) con sellos de goma con conexión para aspiradora y canaletas de captación.
- *Montaje de placas de izado de bloques cortados.*
Montaje de cuatro placas de izado por bloque a retirar, dos a cada lado del muro, fijadas con cuatro pernos HILTI HSL-3 M16 cada una y con un par de apriete de 120 Nm.

- *Montaje de poleas motrices, poleas guía, guías cremallera e hilo de diamante.*
Montajes de equipo de corte de hormigón con sierra de hilo de anillos diamantados; compuesto por polea motriz, polea guía, guía cremallera e hilo de diamante; acceso a puntos de montaje desde plataforma de tijera de cavidad.
- *Montaje de elementos de protección mecánica, contención y canalización de lodos de corte (cobertores auxiliares de corte, decantadores, etc.).*
Montaje de canaletas, cajones registrables, decantadores, mangueras, etc., (Foto 8) necesarios para la contención, recogida, canalización de los lodos provenientes del corte; y situación de los decantadores en cavidad.
- *Corte de muro de hormigón armado con hilo de diamante.*
Corte del muro (Foto 9) en base al replanteo y secuencia (Figuras 3 y 4). El tercer sector del muro (bloques 17 a 24), en lado el FCG, se encuentra revestido por un material impermeabilizante compuesto por placas flexibles adheridas al mismo en su perímetro (Foto 10), por tanto:

Previo a la intervención sobre dicho revestimiento se realizó un lavado del mismo con el equipo utilizado para chorreado de racks. Se retiraron, recortando con cuchilla, las partes no adheridas del revestimiento (parte central de las placas) y se metieron en bolsas de plástico para su gestión como residuo. Una vez retirado, se trapearon las líneas de corte.

- *Izado de bloques.*
Izado del bloque liberado: tras los cortes horizontales y verticales que liberan cada bloque se procede a su izado (las placas de izado ya estarán montadas). El pulpo de cadenas o juego de eslingas se engrilleta desde ambos lados del bloque (FCG y cavidad) desde la cesta de personal y la plataforma de tijera, dejando la maniobra sobre el bloque. Una vez que la cesta de personal se deposite en la cota de operación y quede liberado el gancho de la grúa, éste se baja sobre el bloque ya engrilletado para que, desde la plataforma de tijera de cavidad, se estrobre la maniobra al gancho.

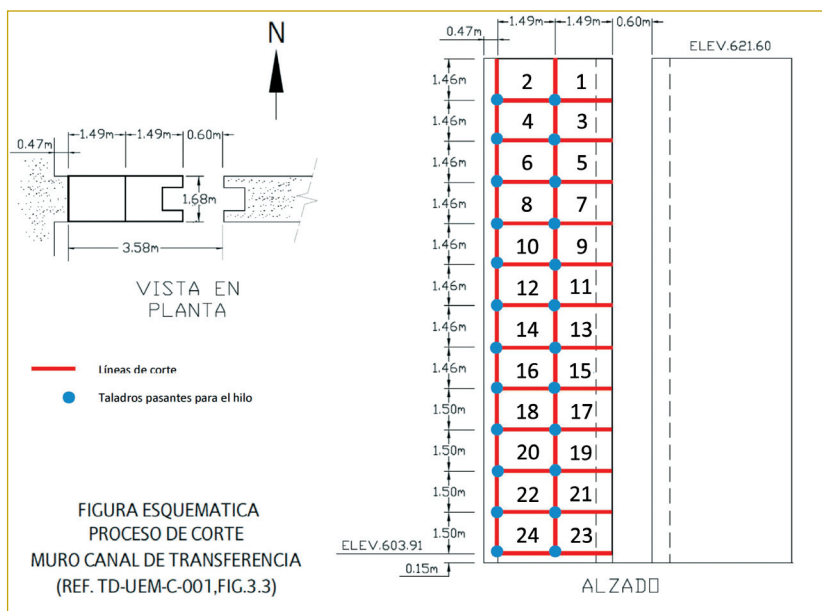


Figura 3.

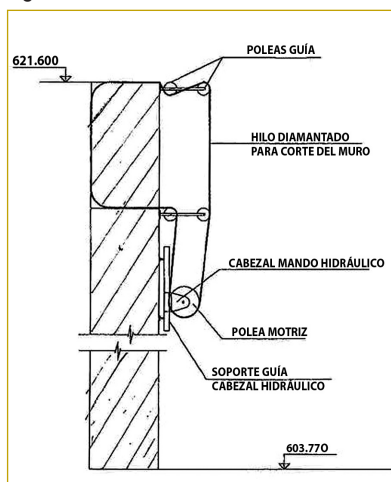


Figura 4.

- **Preparación de bloques para expedición.**
La preparación de los bloques para expedición se realiza, en la cota 621 o 604, según los criterios del Servicio de Protección Radiológica. Como norma general se traean para eliminar la contaminación desprendible de los mismos, se pintan las caras vistas y se plastifican y sellan con cinta americana.
- **Expedición de bloques.**
Realizadas las operaciones del punto anterior se bajan con la grúa hasta la cota 604 donde se depositan sobre un carro de transporte fabricado para ello y se trasladan al punto de entrega a Enresa en puerta sur del Edificio Auxiliar.
- **Gestión de lodos de corte.**
El hilo de diamante se refrigera con agua durante el corte; el lodo generado se separa en residuo de hor-

migón desecado y agua mediante decantación natural.

El lodo generado se capta mediante los distintos cajones y canaletas y es conducido mediante mangueras al grupo de decantadores ubicado en cavidad.

En cuanto el agua sobrenadante de los decantadores tiene una claridad suficiente para la refrigeración del hilo, se bombea a la cota 621 a unos depósitos o bidones; de este modo se cierra el circuito cerrado de refrigeración del hilo.

El residuo de hormigón se va decantando y se trasvasa a bidones en la cavidad, antes de que se autocompacte y con la menor cantidad de agua posible. El trasvase de decantadores a bidones se realiza, en función del estado del material decantado, mediante bombeo, aspirado o con herramientas manuales.

Los bidones con residuo de hormigón se suben a la cota de operación donde reposan hasta que el mismo alcance niveles de humedad aceptables para la expedición de los bidones. Durante este periodo se va eliminando el agua sobrenadante mediante aspirado y, finalmente alcanzan las condiciones de expedición por evaporación natural.

Técnicas Alara

Medidas de protección contra la exposición externa

Se implementaron las siguientes medidas de reducción de la dosis colectiva estimada con el fin de optimizar la exposición a la radiación:

- Instalación de unidades hidráulicas y de control en la cota 621 y 611.

- Seguimiento y control del corte del muro desde cotas 621 y 611.
- Utilización de elementos de control remotos para la ejecución de taladros en puntos de tasas de dosis elevadas: tercio inferior del muro, lados FCG y cavidad.
- Acceso a la plataforma elevadora de tijera instalada en cavidad a través del mirador del generador de vapor, en la cota 611.
- Reducir al máximo las intervenciones en cavidad relacionadas con la gestión de los lodos de corte. Para ello se determinan los tiempos óptimos de retirada de lodos decantados, buscando aprovechar el máximo volumen de almacenamiento de los decantadores.
- Blindaje de cesta de elevación de personas y/o de fuente principal del FCG (*Rack V1*).
- Chorro de revestimiento del 1/3 inferior del muro del lado FCG y barrido intencional del mismo en busca de puntos calientes, previo a la retirada del mismo.
- Pintado de las caras vistas de los bloques en la cota 604 (menor tasa de dosis que en la 621), cuando sus niveles de contaminación desprendible lo permitieron.
- Información y formación previa del personal de ejecución y supervisión sobre el procedimiento de trabajo y las medidas de protección radiológica a aplicar.
- Optimización del número de horas de exposición mediante la reducción del número de personas expuestas durante las tareas de ejecución y supervisión.
- Planificación minuciosa del trabajo de forma que se optimizaron los tiempos de exposición.
- Reducción en la medida de lo posible del tiempo de supervisión. Para dicha actividad se utilizarán preferentemente el mirador del FCG en la cota +611 y la planta de operaciones en la cota +621.

Medidas de protección contra la contaminación superficial desprendible

- Previo a la instalación de la plataforma elevadora en la cavidad se realizó un acondicionamiento de la zona para eliminar, todo lo posible, la contaminación desprendible del suelo.
- Previo a la intervención sobre el 1/3 inferior del muro del lado FCG, se hizo un lavado con el equipo de chorreo de *racks* del revestimiento que lo recubre.
- Previo al corte y perforación del muro, se realizó una descontamina-

ción manual de las líneas de corte y de los puntos de perforación.

- Una vez situado el bloque en la cota 621 o 604, en función de su nivel de desprendible, se fijó la contaminación mediante pintado con rodillo de las caras vistas (lado FCG, lado cavidad) y, en su caso canal de transferencia.
- Se utilizaron las medidas de protección respiratoria y la ropa de protección personal que se especificaba en el PTR correspondiente.
- Se hizo un adecuado uso de las zonas de paso.
- Se introdujo la cantidad mínima necesaria de herramientas, máquinas y medios auxiliares para ejecutar cada tarea, protegiéndose en la medida de lo posible para evitar su contaminación.

Medidas de protección contra la contaminación ambiental

Varias de las medidas reflejadas en el punto anterior contribuyeron a evitar el aumento de la contaminación ambiental. A las mismas se añadieron:

- Los taladros pasantes y los de montaje de placas de izado se hicieron mediante perforación refrigerada

por agua, con recogida en origen de la misma.

- Los taladros de montaje de plantillas y montaje de elementos de protección mecánica y canalización de lodos de corte se hicieron mediante perforación en seco, con aspirado de polvo y filtración HEPA, en origen.
- La refrigeración del hilo de diamante para los cortes del muro se realizó con agua, con recogida de la misma en origen.

Estas medidas asociadas al corte y perforación contribuyeron al control de la dispersión de la contaminación.

Materiales radiológicos generados

Residuos primarios:

- 16 bloques de hormigón armado de 1680 x 1490 x 1460 mm, con un peso aproximado de 8,94 t/unidad (bloque numerados del 1 al 16).
- Ocho bloques de hormigón armado de 1680 x 1490 x 1500 mm, con un peso aproximado de 9,39 t/unidad (bloque numerados del 17 al 24).
- Aproximadamente 1,5 m³ de residuo de corte del muro de hormigón (hormigón pulverizado una vez desecado). Este residuo de corte se de-

positaba, en un primer momento, como barro o lodo, en los decantadores.

- Aproximadamente 18 m² de revestimiento del FCG.

Como secundarios:

- Agua de refrigeración, aproximadamente 1,5 m³.
- Hilo de diamante.
- Poleas, guías y otros elementos de equipo de corte que quedan contaminados.
- Cobertores auxiliares de corte y decantadores (acero al carbono). Aproximadamente 450 kg.
- Mangueras de canalización de lodos y recirculación de agua de refrigeración.

En cuanto a materiales secundarios compactables, se generaron plásticos y cinta adhesiva, además del vestuario desechable, en un volumen de 2,4 m³. Los equipos o medios auxiliares utilizados fueron descontaminados, lo que dio lugar a residuos secundarios compactables adicionales (trapos y papel humedecidos con agua y/o descontaminante). ■