



ACTIVIDADES PREPARATORIAS PARA EL DESMANTELAMIENTO

PREPARATORY ACTIVITIES FOR DISMANTLING

Una vez parada definitivamente la central, en la fase previa a su desmantelamiento, se prevén realizar una colección de actividades de preparación que brevemente se enumeran en el artículo. Se describen las más significativas, descontaminación de sistemas, descargos definitivos, caracterización radiológica de la instalación y otras actividades que permitan facilitar el proceso de desmantelamiento posterior.

After definitive shutdown of the plant and in the phase prior to dismantling, there are plans to carry out a series of preparatory activities which are briefly described in the article. It describes the most significant ones: system decontamination, final unloading, radiological characterization of the facility, and other activities aimed at facilitating the subsequent dismantling process.

INTRODUCCIÓN

Las actividades de la instalación durante la etapa posterior a la parada definitiva de la planta hasta el inicio del desmantelamiento de la misma se centran, principalmente, en el almacenamiento y refrigeración de los elementos de combustible gastado dentro de la piscina de combustible gastado, el movimiento y almacenamiento en seco de contenedores de combustible dentro del emplazamiento y el acondicionamiento de los residuos operacionales.

Esta etapa puede utilizarse, además, para iniciar determinadas actividades preparatorias para el desmantelamiento. Estas actividades se concentran, fundamentalmente, en actividades de descontaminación, descargos y adaptación de sistemas, adaptación de instalaciones auxiliares, caracterizaciones radiológicas de la instalación y actividades de eliminación de riesgos.

Entre las actividades de descontaminación destaca la descontaminación del Sistema de Refrigerante del Reactor, del Sistema de Control Químico y Volumétrico y del Sistema de Evacuación de Calor Residual, que

se realiza para reducir el impacto radiológico de la instalación y las tasas de dosis a los trabajadores durante las tareas posteriores.

La tarea de adaptación de los sistemas de la planta tiene como objetivo optimizar el diseño y el funcionamiento de aquellos sistemas que deban permanecer en la instalación para la realización de las actividades específicas y necesarias, ya sea de esta etapa de transición, ya sea de la posterior de desmantelamiento, eliminando, en caso de ser posible, aquellos otros sistemas o componentes no necesarios. Estas tareas permitirán reducir los riesgos asociados a la instalación y facilitarán la operación y el mantenimiento de los sistemas necesarios, eliminando vigilancias no aplicables una vez que la planta ha sido parada definitivamente.

Las actividades relacionadas con la adaptación de los sistemas de la planta consisten, fundamentalmente, en descargos, drenajes, desmontajes convencionales y otras adaptaciones necesarias para adecuar las capacidades y funciones de los mismos a las nuevas actividades de la instalación tras la parada definitiva.

Las actividades de adaptación de las instalaciones auxiliares permiten acondicionar algunas de las instalaciones existentes para que puedan ser reutilizadas durante el desmantelamiento, así como preparar nuevas instalaciones en función de los requisitos especificados para el mismo.

Las actividades de caracterización radiológica tienen como objetivo, mediante el análisis de los resultados de medidas y muestreos, la identificación y cuantificación de los contaminantes, así como la localización de la contaminación dentro de la instalación.

Las actividades de eliminación de riesgos persiguen la reducción del riesgo del emplazamiento minimizando, en la medida de lo posible, la presencia de sustancias químicas, contaminantes y peligrosas.

DESCONTAMINACIÓN DE SISTEMAS

En el marco de las actividades preparatorias para el desmantelamiento destaca la realización de tareas de descontaminación y limpieza de sistemas y componentes.

La descontaminación de sistemas es un proceso diseñado para eliminar,



Esquema tridimensional del contenido interior del recinto de contención.

dentro de lo posible, la contaminación superficial interna de los componentes, de forma que se minimicen los riesgos radiológicos de la planta reduciendo la tasa de dosis durante el desarrollo de las actividades posteriores.

Las lecciones aprendidas tras la clausura de diferentes plantas nucleares, indican que es aconsejable realizar una descontaminación del sistema primario lo antes posible tras la finalización de la operación comercial.

El proceso de descontaminación asociado a los proyectos de desmantelamiento de las centrales tipo PWR incluye, normalmente, la descontaminación del Sistema de Refrigerante del Reactor (total o parcialmente) y sus asociados, el Sistema de Control Químico y Volumétrico y el Sistema de Evacuación de Calor Residual.

La descontaminación de estos sistemas se realiza habitualmente utilizando un proceso químico, ya que se ha demostrado que es con el que se consiguen los mayores factores de descontaminación.

La eliminación de la contaminación superficial de los materiales metálicos por métodos químicos se lleva a cabo mediante la corrosión de su superficie, eliminando los óxidos metálicos y una pequeña capa del metal base de los componentes a descontaminar. Hay que tener en cuenta que cuanto más metal se retire, mayor será la cantidad de residuos generados. La única restricción de estos métodos es que dichos componentes mantengan

la integridad estructural contra fugas durante el desarrollo del proceso.

El proceso de corrosión permite extraer la capa de óxidos y la contaminación fuertemente fijada en el interior de los componentes, así como los radionucleidos depositados en las grietas y hendiduras de la superficie del material.

Los beneficios del proceso de descontaminación son, fundamentalmente, los siguientes:

- Reducción de la dosis a los trabajadores durante las tareas posteriores a la descontaminación, tanto en la fase de transferencia como en la Etapa de Desmantelamiento.
- Reducción de los niveles de contaminación durante las tareas de corte de los componentes afectados.

El método de descontaminación química es un proceso que se desarrolla en ciclos sucesivos mediante reacciones de oxidación y reducción. En cada uno de los ciclos, se ponen en contacto con la superficie de los componentes a descontaminar sucesivas disoluciones de reactivos químicos. Estos reactivos químicos son elegidos en función de los radionucleidos a eliminar y del material base en cada caso, así como de su afinidad para reaccionar con ellos. Los reactivos químicos utilizados habitualmente durante los procesos de descontaminación para las reacciones de oxidación y reducción, son los siguientes:

- Ácido fluobórico para la eliminación de los óxidos, fundamentalmente de hierro y níquel, así como para la disolución de la contaminación suelta y los metales.
- Permanganato potásico o ácido permangánico para la disolución del cromo.
- Ácido oxálico para la disolución de la magnetita y del dióxido de manganeso precipitado, en el caso de que éste se produzca.

Los métodos químicos de descontaminación permiten extraer la contaminación suelta, los metales y los óxidos metálicos de las superficies a descontaminar, incorporándolos a la disolución. Para que estas reacciones se desarrollen de forma óptima, es necesario que la disolución de descontaminación se mantenga a una temperatura próxima a los 90°C.

Durante los ciclos mencionados con anterioridad o una vez que hayan sido finalizados, la disolución se hace circular a través de un filtro y de una unidad de intercambio iónico (resinas catiónicas, celdas electroquímicas,...) con la finalidad de retener las partículas y los iones metálicos disueltos previamente. Durante esta operación se regeneran los reactivos químicos, que podrán seguir actuando sobre la capa de corrosión de los componentes a descontaminar. Este proceso continúa hasta que las partículas de material son eliminadas y la concentración de iones metálicos disueltos alcanza la reducción esperada, devolviendo a la disolución de descontaminación unas condiciones similares a las que tenía al principio del ciclo.

En caso de ser necesario, la disolución estará preparada para iniciar un nuevo ciclo de descontaminación. Los ciclos podrán ser repetidos hasta que se alcance el factor de descontaminación deseado.

Durante el proceso de descontaminación se toman y analizan muestras periódicas para controlar las propiedades químicas de la disolución y conocer su contenido radiológico. El resultado de estos análisis es utilizado para controlar la evolución del proceso, que se da por finalizado cuando los niveles radiológicos en los puntos de muestreo establecidos se reducen hasta los valores deseados.

Una vez finalizado el proceso de descontaminación se realiza la limpie-

za final de la disolución correspondiente al último ciclo. Esta limpieza consiste en retener los metales disueltos remanentes (utilizando resinas catiónicas, celdas electroquímicas,...), así como los reactivos químicos empleados para llevar a cabo el proceso (utilizando resinas aniónicas, reacciones de descomposición con peróxido de hidrógeno y luz ultravioleta,...).

Tras la limpieza final de la disolución, el inventario contenido en los sistemas que han sido sometidos a descontaminación será agua desmineralizada.

El proceso elegido ha sido el Proceso DFD (*Decontamination for Decommissioning*), desarrollado por EPRI (*Electric Power Research Institute*).

Las operaciones que deben ser realizadas durante el proceso de descontaminación serán recogidas dentro de los procedimientos a desarrollar según el Programa de Control de la Descontaminación del Primario. Este programa vigilará la integridad y disponibilidad de los sistemas implicados en el proceso de descontaminación, garantizando que los equipos, componentes y sistemas necesarios son capaces de cumplir con la función que tienen asignada. El programa incluirá, además, las variables críticas del proceso, así como el modo de controlarlas, las medidas de protección y los procedimientos aplicables, incluyendo las acciones correctivas a tomar en caso de posibles desviaciones de los valores especificados.

Los resultados de experiencias previas de descontaminación utilizando los métodos anteriormente mencionados indican que el Factor de Descontaminación podría variar entre 15 y 30, utilizando como medida indirecta del Factor de Descontaminación la media de las medidas de tasa de dosis en contacto en tuberías, válvulas, componentes, etc.

La reducción de la dosis al personal como resultado de la descontaminación, se puede estimar con la reducción de tasa de dosis de área en las zonas en las que se vayan a realizar trabajos con posterioridad. Las experiencias previas de descontaminación utilizando los métodos anteriores indican que la media de la tasa de dosis de área se puede reducir en un factor comprendido entre 4 y 5 (Ref. 1).

DESCARGOS DE SISTEMAS

Los sistemas, o partes de ellos, que han dejado de ser necesarios tras la parada definitiva de la planta debido a que las funciones para las que habían sido diseñados no son aplicables a las nuevas actividades de la instalación en ninguna de las etapas posteriores, podrán ser puestos en descargo definitivo.

Ejemplos de sistemas completos que pueden ser descargados de forma definitiva son, entre otros:

- a. Sistemas relacionados con el Sistema Secundario (Turbogenerador, Sistema de Vacío del Condensador, Condensado, Agua de Alimentación Principal, Derivación de Turbina,...)
- b. Sistema de Aspersión de la Cúpula
- c. Sistema de Agua de Alimentación Auxiliar
- d. Sistemas relacionados con el Generador Diesel de Emergencia
- e. Sistema de Tratamiento de Residuos Gaseosos

Otros sistemas, que son aplicables en alguna de las etapas posteriores a la parada definitiva de la planta, pueden tener componentes que no serán necesarios ya que la función para la que han sido diseñados ha dejado de ser aplicable. Estos componentes, por tanto, podrán ser puestos en descargo definitivo, siempre y cuando no se perjudique el resto de funciones que el sistema ha de mantener operativas. Se incluyen en este grupo los componentes de sistemas soporte (sistemas eléctricos, sistemas de instrumentación y control, etc.) que dan servicio exclusivamente a otros sistemas y componentes puestos en descargo definitivo, así como los componentes redundantes que dejen de ser necesarios por razones de seguridad tras la parada definitiva de la planta. En este grupo de sistemas susceptibles de descargo parcial se encuentran, entre otros, los siguientes:

- a. Sistema de Servicios Esenciales
- b. Sistema de Agua de Refrigeración de Componentes
- c. Sistema de Aire Comprimido
- d. Sistema de Agua de Circulación

Por otro lado, entre los sistemas aplicables existen algunos componentes que únicamente serán necesarios durante actividades puntuales a lo

largo de las etapas posteriores a la parada. Estos componentes podrán ser aislados y mantenidos en descargo temporal hasta el momento de su utilización. Una vez finalizadas dichas actividades, los equipos implicados únicamente en ellas podrán ser puestos en descargo definitivo.

Los descargos definitivos de sistemas incluyen el vaciado y drenaje de los fluidos de proceso y operación de todos los componentes implicados.

El detalle de las acciones necesarias para poner en descargo los sistemas, así como la identificación exacta de los componentes implicados, se recogerá en el correspondiente Plan de Descargos.

CARACTERIZACIÓN RADIOLÓGICA DE LA INSTALACIÓN

La Caracterización Radiológica es un proceso iterativo que implica muestreos iniciales, manejo de muestras, análisis de laboratorio y cumplimiento de unos Objetivos de Calidad, en función de los cuales, y de los resultados de las medidas, podrán ser requeridos muestreos adicionales así como modificaciones de estos Objetivos de Calidad, lo que se conoce como ciclo de vida de los datos.

Para el desmantelamiento previsto de la instalación es necesario realizar una Caracterización Radiológica, que puede definirse en las siguientes cuatro etapas:

- ETAPA 1: Análisis Inicial, que incluye los datos históricos y actuales disponibles.
- ETAPA 2: Caracterización Inicial, previa a las actividades de ejecución del Plan de Desmantelamiento y Clausura.
- ETAPA 3: Caracterización durante la ejecución del desmantelamiento, en función de las necesidades de los trabajos.
- ETAPA 4: Caracterización Final o de Desclasificación.

Durante la fase de preparación para el desmantelamiento podrán abordarse las dos primeras etapas de análisis inicial y caracterización inicial, por lo que se podrán llevar a cabo muestreos y medidas que formarán parte de la Caracterización Radiológica Inicial de la Instalación.

La Caracterización Radiológica Inicial considerará la historia operativa



Esquema tridimensional del lazo primario de la central.

de la Instalación para identificar los contaminantes más probables, debido a los procesos radiológicos implicados y sustancias químicas introducidas durante la operación. Asimismo, se tendrán en cuenta los registros de cualquier fuga o dispersión de la contaminación para ayudar a determinar la localización de la misma, así como la información suministrada por el personal que ha operado la Instalación. Los resultados serán la base para:

- Evaluar la variabilidad y extensión espacial de los potenciales contaminantes radiactivos sobre las superficies de los edificios, los sistemas, componentes, suelos superficiales y sub-superficiales (zona no saturada), aguas superficiales y subterráneas.
- Determinar los espectros tipo y los radionucleidos llave.
- Permitir la modelización de las dosis y desarrollar Niveles Derivados Específicos.
- Diseñar las Vigilancia Radiológicas de las diferentes etapas del desmantelamiento y seleccionar los equipos a utilizar en ellas.

e. Estructurar los Objetivos de Calidad de los Datos.

f. Evaluar la existencia del potencial impacto sobre las aguas superficiales y/o subterráneas utilizando los resultados de la caracterización de suelos y subsuelos.

g. Definir, inicialmente, y modificar, posteriormente, los límites de las Áreas de Vigilancia y de las Unidades de Vigilancia y de Descartificación.

h. Estimar volúmenes de diferentes corrientes de materiales.

i. Planificar actividades de descontaminación inmediatas a la parada de la Instalación y durante la Fase de Ejecución del Desmantelamiento.

j. Planificar los trabajos de desmantelamiento desde un punto de vista ALARA.

La etapa de caracterización inicial se lleva a cabo de varias fases sucesivas, para ir ganando en cada una de ellas un conocimiento mas detallado de la situación de la instalación.

Todas las actividades de caracterización se recogerán en el Plan de Caracterización Radiológica de la Instalación, que formará parte de la documentación de licencia del Plan de Desmantelamiento y Clausura.

OTRAS ACTIVIDADES

Además de las actividades preparatorias para el desmantelamiento presentadas en los apartados anteriores, existen otras actividades que también podrían ser realizadas en la etapa posterior a la parada y que se exponen a continuación.

1.-ELIMINACIÓN DE RIESGOS

Las actividades de eliminación de riesgos tienen como objetivo reducir el riesgo del emplazamiento, minimizando, en la medida de lo posible, la presencia de sustancias químicas, contaminantes y peligrosas. Entre ellas se encuentran los siguientes grupos:

1. Retirada de elementos de aislamiento y calorifugado de los componentes puestos en descargo definitivo.

2. Vaciado y drenaje de fluidos de proceso y operación de los componentes puestos en descargo definitivo. En este grupo destacarán, principalmente, las siguientes actividades:

- Vaciado y drenaje de los fluidos de proceso químicos, contaminantes y peligrosos existentes en los sistemas de la planta puestos en descargo definitivo.
- Venteo de los tanques puestos en descargo definitivo.
- Vaciado y drenaje del gas-oil contenido en los componentes puestos en descargo definitivo del Sistema de Almacenamiento y Transferencia de Gas-Oil del Generador Diesel.
- Vaciado y drenaje del aceite contenido en el Sistema de Lubricación del Generador Diesel.
- Vaciado y drenaje del aceite contenido en el Sistema de Aceite de Engrase y Alta Presión de la Turbina.
- Eliminación de las sustancias químicas contenidas en los componentes mecánicos y eléctricos puestos en descargo definitivo (aceites, PCBs, etc).

2.-DESMONTAJES CONVENCIONALES

El Plan de Desmontaje de sistemas y componentes de la planta durante la etapa posterior a la parada definitiva podrá desarrollarse sobre aquellos sistemas, o partes de ellos, que han sido puestos en descargo definitivo y son convencionales. Por sistema o componente convencional se entiende aquél que no está localizado dentro de un área radiactiva, ni ha sido puesto en contacto con fluidos o ambientes radiactivos.

Estas actividades podrán realizarse siempre y cuando no impidan el desarrollo de las tareas propias de esta etapa, ni perjudiquen al resto de los sistemas de la planta que deben mantenerse en funcionamiento y/o disponibles durante esta etapa y el posterior desmantelamiento.

Previamente al desmontaje de un sistema o parte de él, será necesario que los componentes implicados hayan sido puestos en descargo definitivo y, todos aquéllos que contengan

fluidos en su interior, hayan sido vaciados y drenados convenientemente.

El detalle de las acciones necesarias para llevar a cabo los desmontajes, así como la identificación exacta de los componentes implicados, se recogerá en el correspondiente Plan de Desmontajes Convencionales.

3.- ADAPTACIONES DE SISTEMAS

Las adaptaciones de sistemas se desarrollarán sobre aquellos sistemas, estructuras o componentes que posean alguna función aplicable a las tareas de la etapa de transición o del propio desmantelamiento, pero cuyo diseño original derivado de los requisitos establecidos durante la operación de la planta, pueda ser optimizado acorde a las necesidades de las nuevas actividades a realizar.

Las actividades correspondientes a este grupo consistirán, de forma general, en:

- a. Reforzar algunas de las funciones necesarias para las tareas de las etapas posteriores a la parada definitiva de la planta.
- b. Mejorar, ampliar o sustituir componentes que, desempeñando funciones aplicables a esta etapa, se puedan haber visto influenciados por el descargo definitivo de algún otro sistema o componente.

La finalidad principal de la modificación de sistemas, estructuras y componentes será la optimización del funcionamiento de aquéllos que deban permanecer para la realización de las nuevas actividades específicas de la instalación, reduciendo, dentro de lo posible, los riesgos asociados y

facilitando la operación, el mantenimiento y las vigilancias necesarias.

Las adaptaciones de sistemas que puedan ser realizadas serán implementadas según la metodología y los procedimientos de modificaciones de diseño vigentes.

Durante la etapa posterior a la parada definitiva de la planta podrán llevarse a cabo, además, actividades de implantación y montaje de nuevos sistemas que sean necesarios para el desarrollo de las actividades de desmantelamiento. Estos nuevos sistemas, en caso de ser implantados, se mantendrán desenergizados durante esta etapa y serán sometidos a licenciamiento dentro del Plan de Desmantelamiento y Clausura.

4.- ADAPTACIÓN DE INSTALACIONES AUXILIARES

Entre las actividades preparatorias se podrían incluir la adaptación de las instalaciones auxiliares del emplazamiento. La finalidad principal de estas actividades será la preparación de las áreas de trabajo para el desmantelamiento y la remodelación de instalaciones auxiliares que vayan a ser reutilizadas.

Las instalaciones auxiliares necesarias para el desmantelamiento deberán ser dimensionadas en función de las necesidades esperadas para dicha fase de la instalación.

Algunas de las instalaciones auxiliares del desmantelamiento seguirán siendo las mismas que las utilizadas durante el período de operación normal de la planta. Para otras, será necesario proponer ubicaciones alternativas o reutilizar alguna de las existentes en el emplazamiento que haya dejado de ser aplicable para la función para la que había sido diseñada.

La decisión de reutilizar instalaciones auxiliares existentes para la realización de tareas específicas del desmantelamiento dependerá de los criterios generales, características de diseño y necesidades de las instalaciones auxiliares propuestas para esta nueva etapa. En caso de que se considere oportuno reutilizar alguna de las instalaciones existentes, ésta deberá ser previamente vaciada y acondicionada adecuadamente para facilitar la realización de las actividades correspondientes.

Las adaptaciones de instalaciones auxiliares, serán implementadas según la metodología y los procedimientos de modificaciones de diseño vigentes.

Durante la etapa posterior a la parada definitiva de la planta podrán llevarse a cabo, además, actividades de construcción de las instalaciones auxiliares que se consideren necesarias para el desarrollo de las actividades de desmantelamiento. Estas nuevas instalaciones, en caso de ser construidas, serán sometidas al proceso de licenciamiento requerido en cada caso.

CONCLUSIONES

La etapa de transición posterior a la parada definitiva y previa al inicio del desmantelamiento, lejos de ser una etapa de mera espera, puede ser una etapa de intensa actividad, durante la cual no solo se debe almacenar y refrigerar el combustible, antes de su traslado al almacenamiento en seco, sino que se pueden realizar durante la misma una serie de trabajos que faciliten enormemente el proceso posterior de desmantelamiento de la instalación.



Victor M. García, Jefe del Proyecto de Desmantelamiento de José Cabrera en Unión Fenosa Generación S.A.

Pedro Ortega, Director de Ingeniería Nuclear de Soluziona