

LA GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE GASTADO

AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

En el diseño de las plantas nucleares de KWU, la piscina de elementos combustibles está situada en el interior de la contención. Lo anterior facilita el movimiento de combustible durante las paradas para recarga, pero supone una capacidad de almacenamiento relativamente reducida.

En 1985, durante la fase de Proyecto de la Central y a la vista de las dificultades para cerrar el ciclo de combustible, C.N. Trillo 1 decidió llevar a cabo una primera ampliación de la capacidad de la piscina mediante el empleo de bastidores compactos. Esta ampliación permitió comenzar la operación de la Central con una capacidad de almacenamiento en la piscina de combustible equivalente a siete recargas anuales, más un núcleo.

Los acontecimientos posteriores confirmaron las dificultades de gestión de la segunda parte del ciclo del combustible, por lo que se decide ampliar de nuevo la capacidad de almacenamiento en la Central siguiendo, de acuerdo con ENRESA, las directrices del Plan General de Residuos Radiactivos aprobadas por el MIE. Para ello se realizan las actividades siguientes:

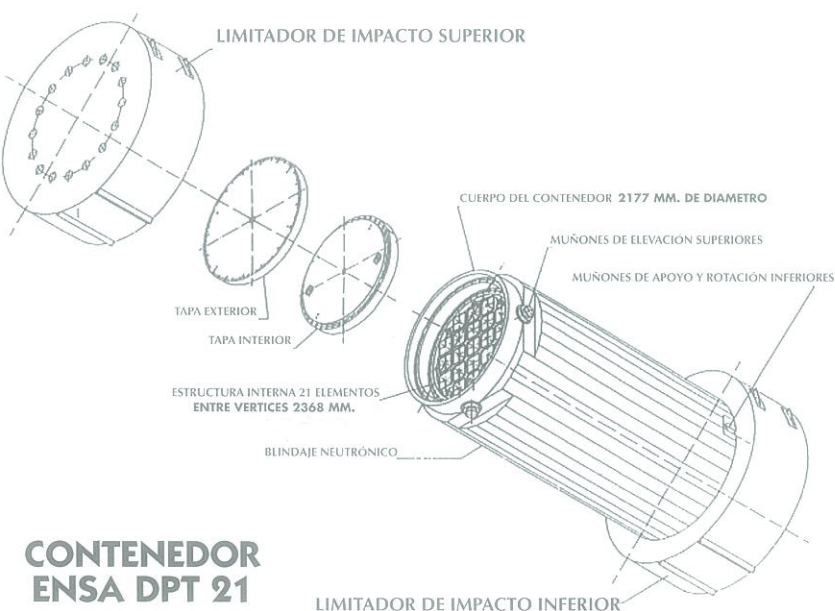
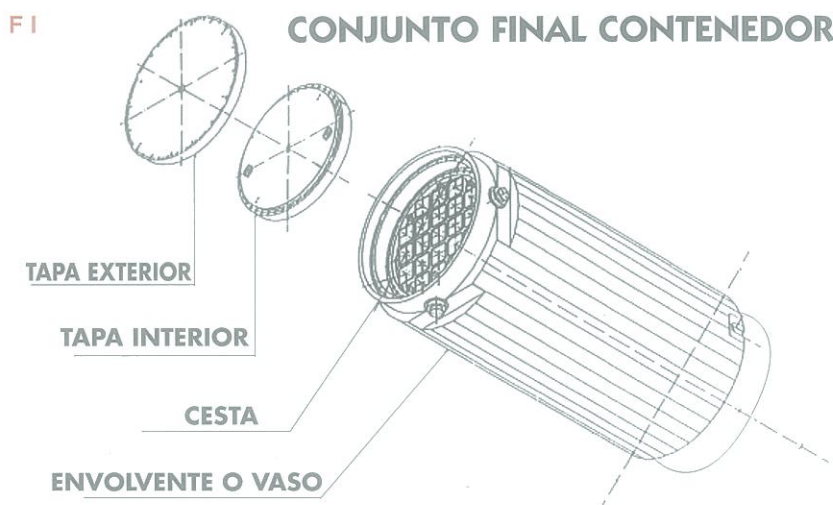
- Llevar a cabo una segunda ampliación de la capacidad de almacenamiento de la piscina de combustible.
- Diseño y fabricación de contenedores capaces de servir para el almacenamiento y transporte del combustible gastado de la Central Nuclear de Trillo 1.
- Diseño y construcción de un Almacén temporal para ubicar los contenedores con el combustible gastado de la Central.

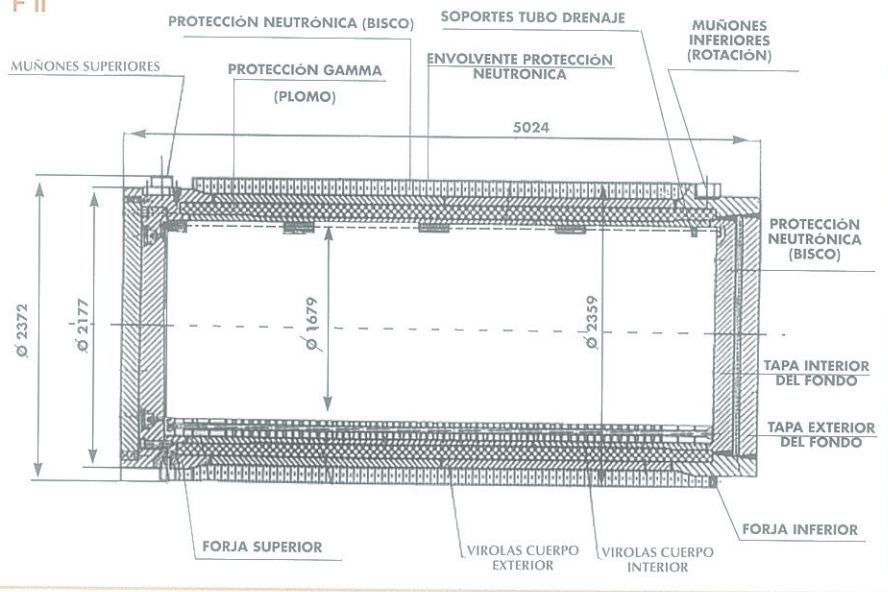
A continuación se presenta un resumen de las características técnicas de cada una de estas actividades:

Segunda ampliación de la capacidad de almacenamiento de la piscina de combustible

Desde 1989 se fue reduciendo el tamaño de las recargas desde de 56 a 44 elementos combustibles y aumentando el grado de quemado

FI CONJUNTO FINAL CONTENEDOR





correspondientemente, de forma que se pudo ganar el equivalente a dos años y medio de almacenamiento en la piscina inicial y así extender la capacidad de almacenamiento hasta 1997.

La ampliación última presenta la característica de dividir la piscina en dos zonas o regiones, pudiendo una de ellas recibir combustible solamente con un quemado por encima de un cierto mínimo, función asimismo del enriquecimiento inicial (región II).

En la región II por dar crédito a este quemado se pudieron acercar más los elementos combustibles y así ganar espacio de almacenamiento. Al mismo tiempo se rediseñó toda la piscina para aprovechar al máximo el espacio disponible. El resultado final ha sido una ampliación de 213 posiciones, que con el tamaño de recarga actual de 44 elementos combustibles supone un aumento de capacidad para unos cinco años adicionales de operación.

Los cinco nuevos bastidores que ha sido necesario fabricar, emplean la misma tecnología que los actuales con canales de acero borado, ya que el comportamiento de éstos en operación ha resultado muy satisfactorio.

Sin embargo, la nueva región con 533 posiciones de almacenamiento, no dispone de orificios de centrado para la máquina de recarga, por lo que fue necesario modificar el mástil de dicha máquina. Asimismo ha sido necesario modificar el indexado de la piscina para poder centrar sobre la región nueva.

Otras modificaciones necesarias para aprovechar el espacio disponible al máximo fueron:

- eliminación del bastidor de almacenamiento de los ejes de accionamiento de las barras de control
- recolocación de las consolas de almacenamiento de las lanzas de instrumentación
- corte del pedestal del "sipping"

además se ha procedido a mejorar la iluminación de la piscina e instalar una protección para el fondo de la misma.

Los cinco bastidores sustituidos se han almacenado

temporalmente en el edificio ZY3 a la espera de su retirada definitiva por ENRESA.

El proyecto fue adjudicado al Consorcio Siemens-Ensa que aportaba amplia experiencia en este tipo de cambios.

La fase de montaje comenzó después de la recarga de 1996 y se inició con la modificación de la máquina de recarga que debía estar disponible para realizar los movimientos de combustible necesarios durante la operación de cambio de bastidores. Durante esta primera fase se realizó el cambio de luminarias y colocación de las protecciones del suelo. La fase correspondiente al cambio de bastidores propiamente dicho, comenzó en enero de 1997 programándose su finalización para el comienzo de verano.

El licenciamiento del cambio ante el CSN ha requerido un período aproximado de un año prestándose especial atención a los temas de criticidad, diseño sísmico y estructural, refrigeración y blindajes. Los trabajos se efectuaron con la central a potencia ya que no interfirieron con la operación normal de la Planta.

El contenedor ENSA-DPT

ENRESA, en colaboración con empresas estadounidenses y españolas desarrolló el contenedor de almacenamiento y transporte NAC-STC que fue licenciado ante el Organismo Regulador de los EE.UU. (NRC). Este contenedor está licenciado para almacenar y transportar diferentes tipos de elementos combustibles gastados del tipo 17 x 17 de W.

En paralelo al diseño del contenedor NAC-STC, ENRESA encomendó a la empresa Equipos Nucleares S.A. el desarrollo de otro contenedor, basado en la misma tecnología que la del NAC-STC, capaz de servir para el almacenamiento y transporte del combustible gastado en la Central de Trillo 1. En el diseño de este contenedor, conocido bajo las siglas de ENSA-DPT (Doble Propósito para Trillo), ha sido realizado por ENSA con participación de Empresarios Agrupados, Principia y NAC.

Las actividades previas al diseño del contenedor

ENSA-DPT comenzaron aproximadamente en junio de 1990. En ese momento, y tras una inspección de las vías de acceso a la central e instalaciones de la misma, se identificaron los siguientes parámetros físicos envolventes que regirían el diseño de detalle, con el fin de no acometer modificaciones significativas a la Planta:

- El peso máximo del contenedor sin agua en su interior y sin los limitadores de impacto debería ser inferior a 120 toneladas. Esta limitación se debe a la capacidad de carga del carro de entrada de equipos a través de la esclusa de acceso al Edificio de Contención del Reactor.
- La longitud máxima del cuerpo del contenedor quedaba fijada en 5,65 metros, debido a la profundidad del pozo de contenedores de la Central, a la longitud del elemento combustible y a la altura mínima del agua requerida por encima del mismo para transferirlo al contenedor.
- La anchura o diámetro externo máximo del contenedor debía ser de 2,51 metros por la dimensiones de la esclusa de entrada de equipos en contención.

A finales de 1991, se realizó una prueba de manejo con un contenedor simulado a escala real, reproduciendo todas las maniobras a realizar con el futuro contenedor, desde su izado mediante la grúa semipórtico, colocación en el carro de transferencia de equipos, introducción en el Edificio del Reactor, manejo con la grúa polar, colocación en la zona de preparación, en el pozo de contenedores, etc. A partir de entonces se iniciaron las tareas de diseño de detalle.

El diseño final del contenedor ENSA-DPT se muestra esquemáticamente en las Figuras Ia y Ib. Puede albergar 21 elementos combustibles de tipo 16 x 16. El peso del bulto, cargado se ha mantenido por debajo de 118 toneladas en cualquier condición de manejo.

El diseño del contenedor ENSA-DPT es similar al del NAC-STC, si bien en él se han incorporado algunas mejoras que facilitan el proceso de fabricación y su futura operación. El cuerpo del contenedor es un cilindro de construcción multipared (acero-plomo-acero-blindaje neutrónico). En su parte superior dispone de dos tapas de acero inoxidable, una interior y otra exterior, que son chapas circulares que se fijan con pernos a los asientos de las tapas, mecanizados en la forja superior. Dispuestas en la tapa inferior existen dos penetraciones a la cavidad del contenedor que se utilizan para las operaciones de venteo y drenaje. En la parte inferior del cuerpo, las virolas interior y exterior van soldadas al fondo del cuerpo que está a su vez formado por dos forjas y una chapa (Fig. II).

El blindaje necesario frente a la radiación se consigue principalmente mediante el empleo de una capa de plomo, situado entre las dos virolas principales del contenedor, y una más exterior de un blindaje neutrónico, conocido como NS4FR, que es un polímero absorbente de neutrones que contiene carburo de boro. En el interior de la envolvente de blindaje neutrónico se

disponen radialmente 36 aletas bimetálicas que facilitan la disipación del calor.

Para cumplir con la reglamentación del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en materia de hipotéticos accidentes que tuvieran lugar durante el transporte, se ha llevado a cabo un completo programa de validación y pruebas. Se realizaron una serie de 6 ensayos de caída con un modelo a escala 1/4 para demostrar la capacidad de absorción de energía y la resistencia a la rotura o pérdida de estanqueidad del contenedor. Este programa de pruebas se completó satisfactoriamente en las instalaciones de Winfrith (Reino Unido), homologadas al efecto.

En la actualidad el Consejo de Seguridad Nuclear, Organismo Regulador Español, ha terminado el proceso de licenciamiento del contenedor, por lo que con las oportunas autorizaciones del Ministerio de Industria y Energía, se ha comenzado la fabricación de las primeras unidades necesarias para garantizar el almacenamiento del combustible gastado generado por la Central Nuclear de Trillo 1.

Almacén temporal para contenedores de combustible gastado

Como se ha indicado al comienzo de este artículo, la segunda ampliación de la capacidad de almacenamiento de la piscina de combustible, permite alcanzar la recarga del año 2001.

Por lo tanto, para poder continuar con la operación de la Central, es necesario disponer de una nueva ampliación de almacenamiento de elementos combustibles operativa en el año 2002.

La utilización de los contenedores descritos anteriormente, conlleva la necesidad de prever un lugar para su almacenamiento; actualmente están desarrolladas dos variantes: intemperie y en edificio.

Después de un estudio conceptual de ambas variantes, C.N. Trillo 1 y ENRESA se decidieron por el almacenamiento en edificio, siguiendo para su diseño la pauta de las instalaciones alemanas de Gorleben y Ahaus.

Este edificio, para almacenar con carácter temporal y exclusivo el combustible gastado de la C.N. Trillo 1, tendrá una capacidad de 80 contenedores, que a 21 elementos combustibles por contenedor supondría unas 30 recargas, lo que permite un margen adecuado hasta su retirada de la Central.

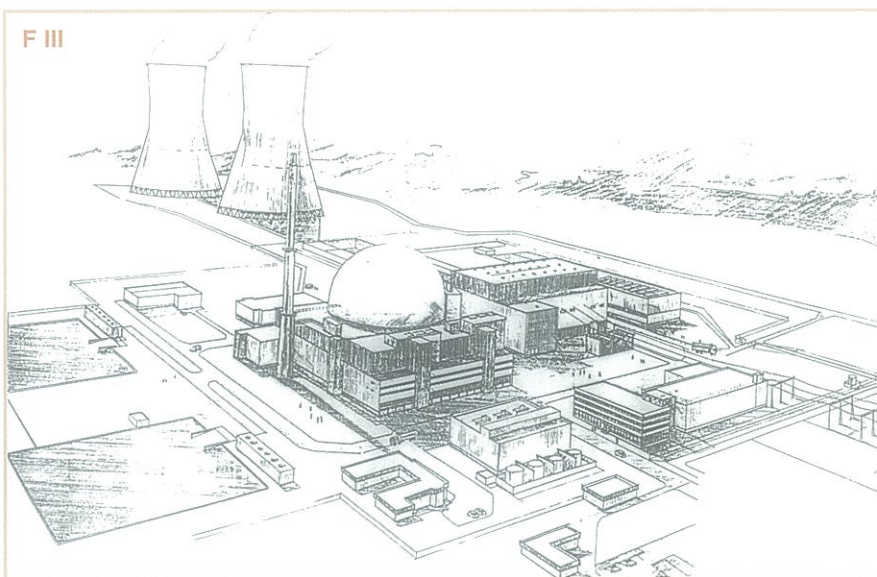
Se ha previsto ubicar este Almacén Temporal de Contenedores al sur de la Central, dentro de la zona de protección de la misma y justo detrás del edificio de turbinas (Fig. III). El proyecto del Almacén mantiene dicha zona como de libre tránsito para el personal, ya que en el exterior del Almacén se mantienen las mismas características radiológicas que para el resto de zonas exteriores de la Central (1 mSv/hora) (Fig. IV).

El Almacén Temporal de Contenedores es una nave en superficie de planta rectangular, cuyas dimensiones exteriores son de 80,8 m. de largo, 43,5 m. de ancho y 21,7 m. de alto. El interior del Almacén se divide, mediante un muro de

blindaje de 6,5 m. de altura, en dos áreas perfectamente diferenciadas: un Área de Almacenamiento Temporal de Contenedores y un Área de Acceso (Fig. V).

• Área de Almacenamiento Temporal de Contenedores

El Área de Almacenamiento Temporal tiene unas dimensiones útiles de 57,6 x 40,3 m., lo que permite almacenar en posición vertical sobre la losa del edificio hasta 80 contenedores con la siguiente disposición:



a) Los 80 contenedores están distribuidos en diez grupos de ocho.

b) Cada grupo de ocho contenedores está compuesto de dos filas o subgrupos de cuatro.

c) Con el fin de facilitar la evacuación de calor de los contenedores, la separación entre ejes verticales de los mismos dentro de un grupo se fija en cuatro (4) metros.

d) La separación entre ejes verticales de los contenedores de dos grupos contiguos se establece en seis (6) metros, con el fin de facilitar las maniobras con los contenedores.

Con esta disposición, la zona de almacenamiento temporal queda dividida por un pasillo central en su sentido longitudinal y por varios pasillos en sentido transversal que permiten el acceso a cualquier contenedor y su movimiento con la grúa sin tocar los demás. También se facilita la evacuación del calor generado por los contenedores.

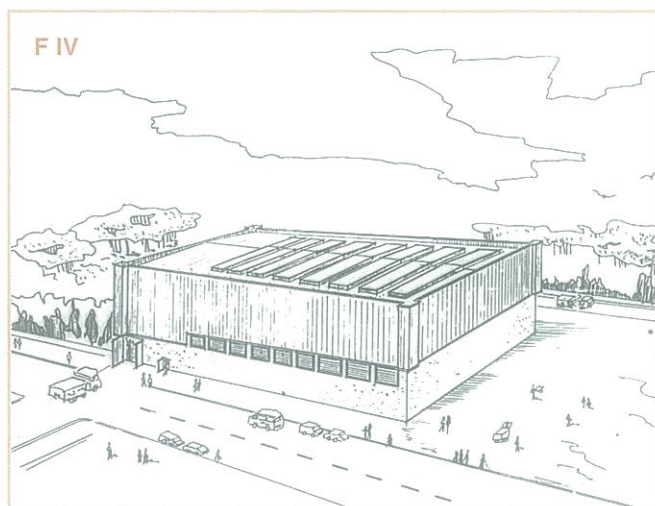
• Área de Acceso

Este área está ubicada delante del Área de

Almacenamiento Temporal. En ella se realizan la recepción y descarga de los contenedores del vehículo de transporte, el control y acceso de personal al Área de Almacenamiento y determinados servicios auxiliares, para lo cual está dotada de los medios y espacios necesarios a tales fines.

Está integrada por los recintos que se describen a continuación.

- Carga/Descarga: Al que accede el vehículo de transporte de los contenedores. Dispone de dos



puertas enfrentadas de (5 x 5 m.) para paso de vehículos, de tal forma que el vehículo de transporte puede entrar y salir del edificio sin necesidad de maniobra o cambio de sentido en la marcha.

- Mantenimiento: Abierto por su parte superior para poder acceder a él con los ganchos del puente grúa. Se emplea como zona de estacionamiento de aquellos contenedores necesitados de pequeñas operaciones de mantenimiento que no requieran romper su contención, como cambio de presostato, rellenado de helio del

espacio entre tapas, cambio de juntas de la tapa externa, lavado exterior, etc.

- Control y Acceso de Personal: Alberga los compartimentos de sala de control y cuadros eléctricos, vestuarios, aseos, puesto de Protección Radiológica, etc. El acceso de personal al interior del edificio se realiza a través de este recinto, desde el que se puede entrar al área de carga y descarga o salir de ella, después de haber pasado por los controles de Protección Radiológica y Seguridad.

- Recinto de depósitos: Alberga el depósito de recogida de drenajes y su bomba asociada y está abierto por su parte superior para poder retirar el depósito mediante el puente grúa y proceder a su vaciado.

- Almacén de Equipo Auxiliar: Se destina al almacenamiento del equipo auxiliar asociado al contenedor (yugos, limitadores de impacto, repuestos, etc.).

• Diseño Civil

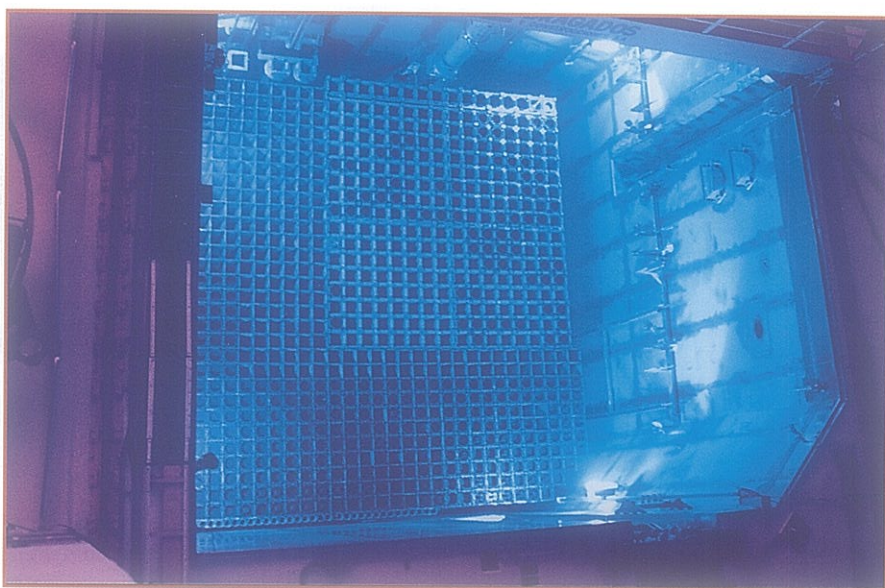
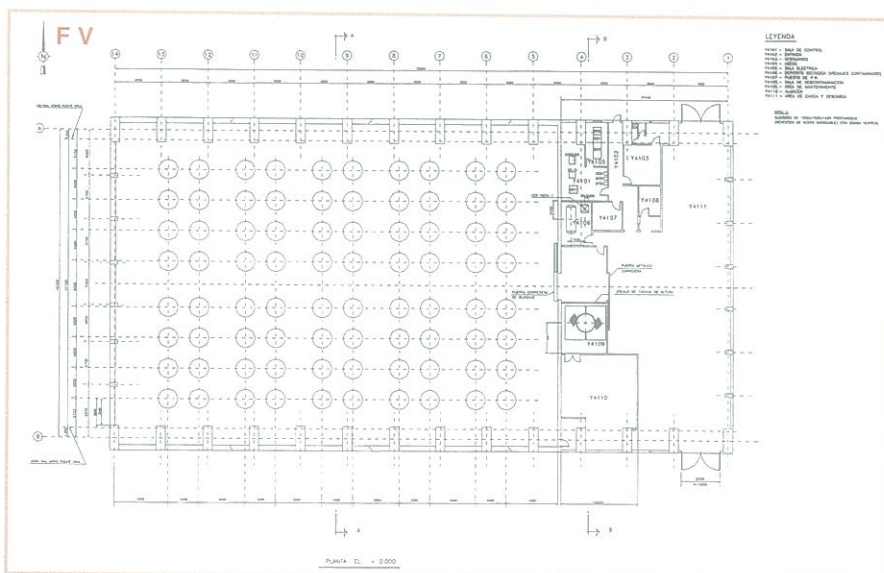
Básicamente el Almacén Temporal de Contenedores consta de una losa de cimentación continua

y una estructura de hormigón que hace de cerramiento y blindaje formada por 14 pórticos realizados mediante pilares de hormigón y dintel de cercha metálica que soporta la cubierta, la cual está formada por una capa de hormigón de 30 cm. con aberturas en la parte central a nivel diferente para permitir la ventilación (Fig. VI).

Estructuralmente la nave puede considerarse dividida en cinco zonas independientes al disponer de juntas cada tres pórticos.

Dado que el contenedor es el único elemento con funciones de seguridad, el edificio del Almacén Temporal de Contenedores es un elemento pasivo sin funciones de dicho tipo, debiendo asegurar únicamente que su colapso no afecte al contenedor. Para cumplir con lo anterior, de acuerdo con la normativa vigente, se diseña como de categoría sísmica I y de forma que bajo las diferentes combinaciones de cargas permanentes, variables, térmicas y sísmicas se mantenga en régimen de tensiones admisibles de acuerdo con la normativa aplicable al proyecto.

La cimentación del edificio se realiza sobre una



losa corrida de hormigón armado, con espesores de 1,5 m. en la banda central a lo largo del eje principal del edificio, y de 3 m. bajo cada una de las dos líneas de pilares del edificio. Dicha losa sirve de apoyo a los contenedores albergados en la zona de almacenamiento y evita la posibilidad de fallo local en la sustentación de los mismos y, por tanto, su vuelco.

Los pilares están dispuestos de manera que la viga carril del puente grúa se apoya directamente sobre éstos. A partir de este punto los pilares reducen su sección manteniéndola constante hasta llegar a la cubierta.

El blindaje lateral del edificio está resuelto por muros perimetrales de 0,70 m. de espesor hasta la cota + 6,5 que luego se reducen a 0,30 m. de espesor hasta la cubierta.

Sobre el muro de 0,70 m. de espesor se ha practicado una abertura para ventilación del edificio. Con la finalidad de restablecer el blindaje perdido por la abertura lateral de ventilación y a su vez orientar la entrada de aire hacia la base de los contenedores, se ha dispuesto un faldón por la cara interior del pilar que va desde la cota +

3,60 m. hasta la cota de apoyo del puente grúa.

El blindaje superior está resuelto por losas prefabricadas de hormigón de 0,30 m. de espesor soportadas por las cerchas metálicas de la cubierta. Dichas losas prefabricadas llevan unas aberturas para posibilitar la salida de aire y permitir la evacuación de calor. En la vertical de las aberturas se han dispuesto losas de blindaje de hormigón, también de 0,30 m. de espesor, que impiden la salida directa de radiación y su dispersión en el aire, evitándose por tanto la dosis por radiación dispersa a nivel de suelo en el exterior del Almacén.

Todas las aberturas de ventilación, tanto las laterales como las de cubierta, llevan incorporada la correspondiente malla para impedir la entrada de pájaros.

Los materiales de acabado tanto exterior como interior se seleccionan para que soporten el uso y las condiciones ambientales de cada zona, la

exposición al medio ambiente durante la vida de la instalación.

Los paramentos interiores en zonas sometidas a posible contaminación se protegen con pinturas descontaminables.

Asimismo, en el Almacén, existen los siguientes sistemas:

- Sistema de Agua Desmineralizada.
- Sistema de Aire Comprimido.
- Sistema de Agua Potable.
- El Sistema de Protección Contra Incendios del Almacén Temporal de Contenedores de Combustible Gastado que se ha diseñado para realizar las funciones de detección, alarma y extinción.

En el área de Almacenamiento no se prevé sistema de detección al no existir riesgo de incendio y a la ausencia de materiales combustibles.

- Sistema de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado de la Zona de Servicios del Almacén.
- Sistema de Alimentación Eléctrica.

En el edificio existen dos cuadros principales que serán:

- Cuadro de Servicios normales, formado por un cuadro de 380/220 V PEN, alimentado a través de un transformador seco, de relación 10 kV/380 V, desde barras normales de 10 kV de la Central.

De este cuadro se alimentan todos los sistemas de fuerza, tal como bombas, ventiladores, aerotermos, Panel de PCI, motores de plataforma elevadora, grúa utilizada para el traslado de contenedores dentro del edificio, así como el panel de alumbrado normal.

- Cuadro de Emergencia, formado por un cuadro de 380/220 V. PEN, situado en sala de control y alimentado desde una UPS.

De este cuadro se alimenta el panel de alumbrado de emergencia, el panel de instrumentación y control, la vigilancia de radiación y el control de accesos, que son los servicios que deben tener una alimentación de emergencia.

- Sistema de la Red de Tierras, cuya función es la de proteger al personal contra diferencias de tensión peligrosas.

El sistema, en el cual queda incluido el Sistema de Protección Contra Descargas Atmosféricas, configura la "Jaula de Faraday" y forma la malla captarayos, e incluye los descargadores de sobretensiones, intercalados en los circuitos de I&C y de comunicaciones.

- Sistema de Supervisión y Control (SSC), cuya principal función es la vigilancia del comportamiento de los contenedores que se realiza por medio de los presostatos que controlan la presión entre tapas de cada contenedor.

- Sistema de Vigilancia de la Radiación, cuyo objetivo principal, dentro del Programa de Protección Radiológica, es conocer las condiciones radiológicas en la Instalación para comprobar su correcto funcionamiento y el cumplimiento con los límites radiológicos aplicables.

- Los equipos para mantenimiento y manejo de contenedores en el Almacén son los siguientes:

- Puente Grúa
- Plataforma para mantenimiento

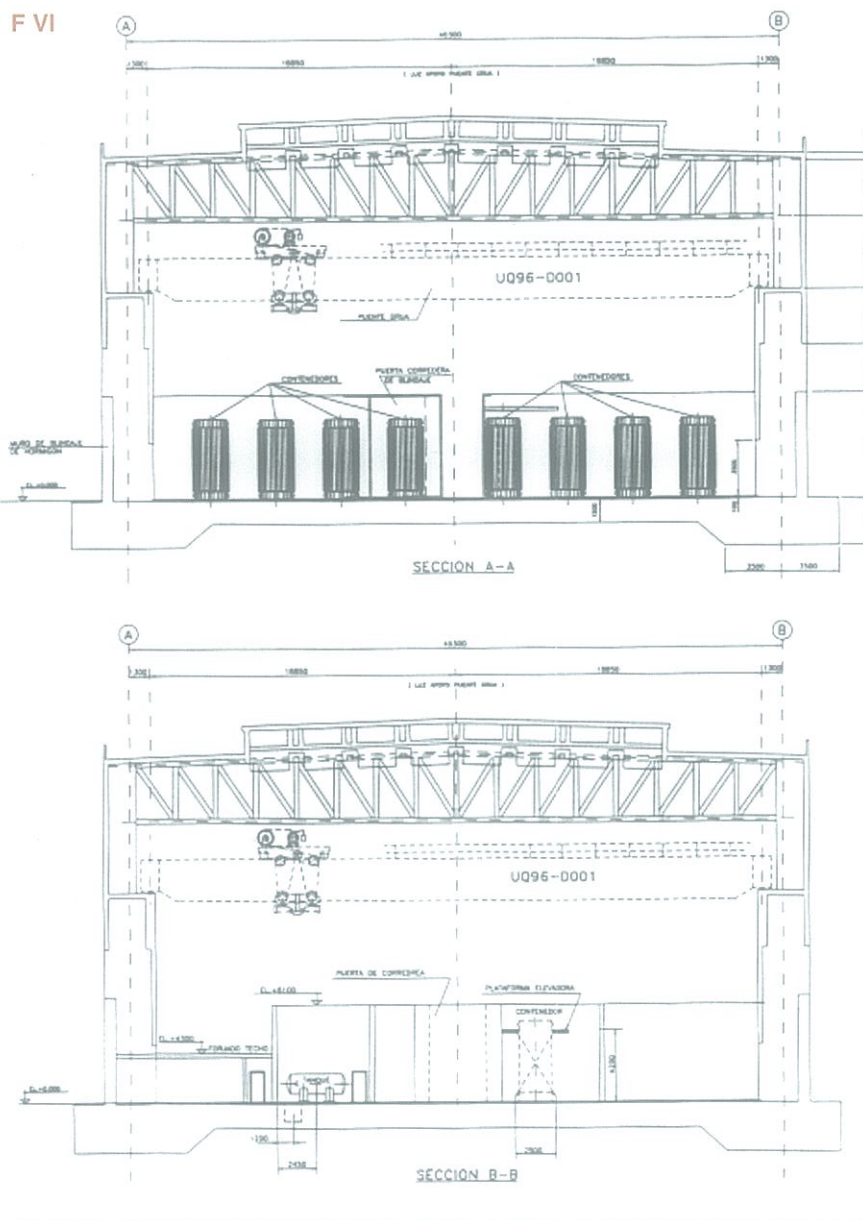
Puente Grúa

El puente grúa del Almacén se utiliza para cargar y descargar los contenedores, vacíos o llenos de combustible, en el camión de transporte y ubicarlos en la zona de almacenamiento correspondiente o en la zona de mantenimiento, según sea requerido.

Dispone de dos grupos de suspensión:

- Mecanismo de Elevación Principal de 135 Tm de capacidad, donde está instalado el yugo de izado para el traslado de los contenedores.

- Mecanismo de Elevación Auxiliar con un gancho sencillo de capacidad 10 Tm. Se prevé su utilización en operaciones de mantenimiento del contenedor.



El control se realiza de forma remota estando el operador asistido por cámaras y monitores de televisión. Se ha previsto además la posibilidad de automatizar los movimientos de traslación, programando de antemano las coordenadas del área de almacenamiento sobre las que se desea situar un contenedor. Estas operaciones se realizan desde la Sala de Control del propio edificio.

Plataforma de Mantenimiento

La plataforma es necesaria para poder acceder a la parte superior de los contenedores que necesitan mantenimiento durante el período de almacenamiento en la instalación, como sustitución de presostatos, presurización con helio, sustitución de juntas de tapa externa, etc., que requieran trabajar a determinada altura.

La plataforma está constituida por dos mesas que se pueden elevar o bajar mediante un

sistema completo de accionamiento electro-mecánico. Las dos mesas juntas forman una superficie rectangular o cuadrada con un orificio circular central, de aproximadamente 2500 mm de diámetro, donde se sitúa el contenedor durante las operaciones de mantenimiento. La anchura mínima de las mesas es de un (1) metro.

La plataforma en su conjunto se controla mediante una única botonera dispuesta de modo que las dos mesas puedan operarse por una persona situada encima de cualquiera de las mesas de la plataforma.

A lo largo del presente artículo, se han plasmado las previsiones, unas ya en servicio y otras a implantar en un futuro próximo, necesarias para mantener la capacidad para almacenar el combustible gastado de la Central Nuclear de Trillo 1 y en consecuencia la gestión de su combustible, así como la operación de la Planta.