

OPERACIÓN

TRABAJOS DE RE-RACKING EN C.N. VANDELLÓS II

RAFAEL PRADO FERNÁNDEZ

JEFE DE PROYECTO RERACKING VANDELLÓS II
EQUIPOS NUCLEARES S.A., S.M.E.

DANIEL HIDALGO DA SILVA

INGENIERO DE PROYECTO RERACKING VANDELLÓS II
EQUIPOS NUCLEARES S.A., S.M.E.

TOMÁS CARO JIMÉNEZ

PROJECT MANAGER (DEPARTAMENTO DE PRODUCTOS &
PROYECTOS)
FRAMATOME

RUBÉN MORENO ZUBELZU

MARKETING & SALES MANAGER (DESARROLLO DE NEGOCIO)
EQUIPOS NUCLEARES S.A., S.M.E.

La central nuclear de Vandellós II tiene la necesidad de ampliar la capacidad de almacenamiento de la piscina de combustible gastado mediante la sustitución de los bastidores de boraflex actualmente instalados. ENSA es la adjudicataria de este contrato utilizando un rack de diseño propio y patentado como *Region II Optimized Interlocking Cell Matrix*® solution.

INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de ampliar la capacidad de almacenamiento de la piscina de combustible gastado, con un incremento de posiciones mínimo que permita alojar los elementos combustibles de al menos 3 recargas de combustible adicionales, mediante la sustitución de los bastidores de boraflex de región II actualmente instalados, ENSA fue la adjudicataria de este contrato a finales de 2017.

El alcance incluye el diseño, la fabricación y el suministro de 6 nuevos bastidores, así como el diseño y fabricación de todos los utillajes necesarios para llevar a cabo el trabajo en campo. La solución elegida para este trabajo ha sido un rack de diseño propio y patentado por ENSA denominado *Región II Optimized Interlocking Cell Matrix*® solution. Para la parte de diseño, se ha contado con la colaboración de Framatome para los estudios termohidráulico global y local, radiológico y civil.

DISEÑO

ENSA ha desarrollado un diseño innovador que permite una optimización del coste por celda manteniendo un paso mínimo entre ellas, con dos beneficios principales: al no haber soldadura se evita la deformación de las celdas, y al no soldar el acero borado no hay dispersión de boro. Este diseño hace uso de un concepto de fabricación basado en rejillas ranuradas rectangulares machihembradas. Las hojas de rejilla ranurada se ensamblan en medio escalón para asegurar que los bastidores, una vez montados, no tengan ningún deslizamiento entre las placas de rejilla. Las placas en una dirección se instalan a un nivel diferente de las placas transversales de tal manera que el conjunto final es una rejilla sólida (Figura 1). Las placas se cortan por láser,

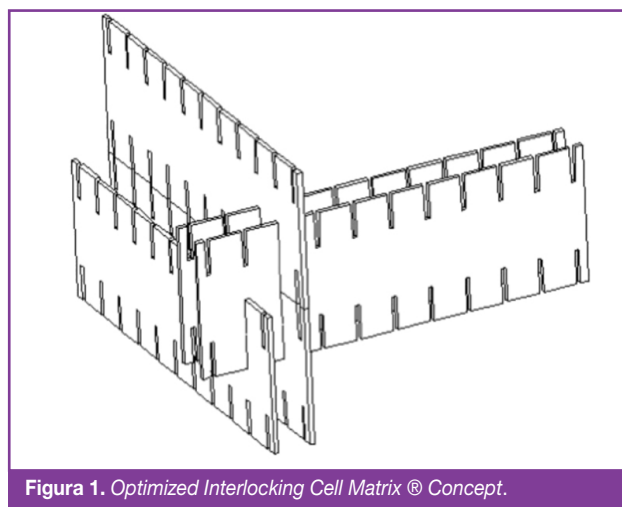


Figura 1. Optimized Interlocking Cell Matrix® Concept.

lo que proporciona muy buenas tolerancias dimensionales que aseguran un ajuste entre las placas. Esto evita huecos indeseables en la conexión de ranuras entre placas.

Las placas de nivel superior, desde la altura en la que el elemento combustible es menos activo, están hechas de acero inoxidable. El resto de las placas están fabricadas en acero inoxidable borado (BSS) (Figura 2).

Las rejillas superiores de acero inoxidable (no boradas) son estructuras soldadas. Las placas laterales son también de acero inoxidable. La estructura completa se mantiene unida (arriba a abajo) soldando los contactos en las placas laterales, creando una estructura integral capaz de soportar tanto la carga hidráulica como la sísmica.

La estructura resultante tiene el potencial de disminuir el paso entre celdas y, como consecuencia, permite incrementar

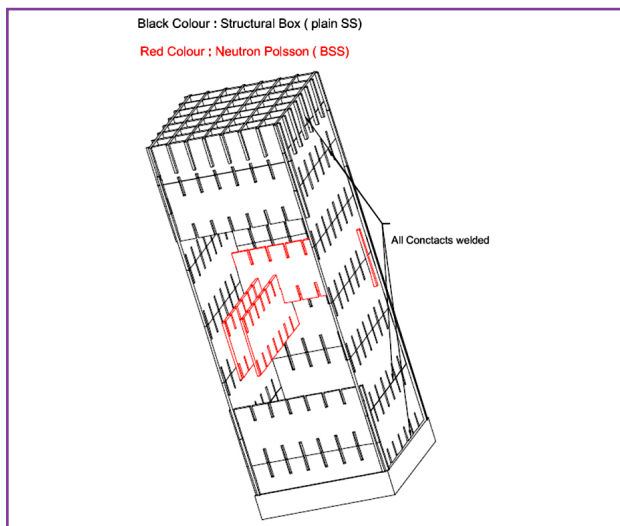


Figura 2. Distribución de placas.

el número de posiciones en la PCG aunque, lógicamente, se requiere una mayor capacidad de veneno neutrónico. Además, esta configuración permite un diseño simple y económico de la placa base.

Todos los bordes horizontales de las placas están achaflanados para evitar cualquier interferencia con el elemento combustible cuando entra o se retira de la celda.

En el extremo de las ranuras de la placa típica, hay un dispositivo de construcción para conectar esta parte libre de la placa con su correspondiente placa transversal. Por lo tanto, se evita el movimiento transversal de la parte libre y, como resultado, se reduce la longitud de pandeo de las placas; esto mejora el comportamiento estructural. Este dispositivo también permite una alineación mejorada entre placas sucesivas verticales.

Estudio civil – análisis del edificio de combustible

En este estudio se comparan las cargas de diseño originales de la estructura del edificio de la piscina de combustible gastado con las cargas actuales relacionadas con la nueva distribución de los racks, incluyendo las bases de diseño para terremoto (SSE & OBE). Los tres puntos principales a tener en cuenta:

- Justificación de la capacidad global de la piscina y resistencia local de las placas de la piscina.
- Verificación del diseño del sistema de anclaje de los railes y las fuerzas aplicadas en los soportes por las cargas de la grúa temporal. Se calculan de nuevo los elementos de anclaje existentes.
- Justificación de la resistencia estructural ante *Extended Seismic Excitation (RLE Earthquake)*.

Estudio radiológico – protección alrededor de la piscina

El almacenamiento de elementos adicionales en la piscina implica un cambio del inventario de actividad de la piscina. Por tanto, se necesita realizar una evaluación de las nuevas tasas de dosis comparadas con los límites de tasa de dosis.

Donde sea necesario, se definen las medidas apropiadas para mantener los niveles de dosis por debajo de los límites

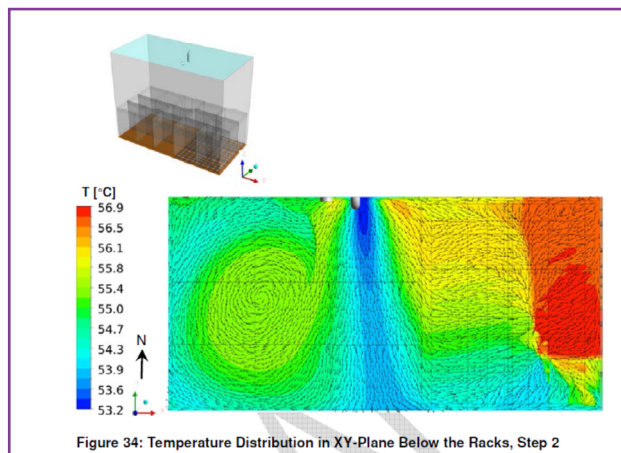


Figure 34: Temperature Distribution in XY-Plane Below the Racks, Step 2

Figura 3. Gráfico distribución de temperaturas en la piscina.

establecidos, por ejemplo, mediante barreras o adoptando diferente esquema de carga del combustible.

Estudio termohidráulico global – refrigeración de la piscina

El estudio tiene que verificar si el incremento en la carga térmica de la piscina puede ser disipado con el sistema de refrigeración actual (EC, EG) sin necesidad de cambios. Como *input* de entrada al estudio:

- Incremento de la capacidad de almacenaje de elementos combustibles de 1594 a 1802.
- Incremento de la carga térmica disipada por el sistema de refrigeración de la piscina manteniendo la temperatura del agua por debajo de la temperatura de diseño límite de la misma, definida en 60° C.

Se calcula la capacidad de disipación de calor por el sistema de refrigeración (EC, EG) y sus componentes; y la temperatura en la piscina para una carga térmica máxima dada.

Tras el análisis se verificó que no había necesidad de realizar cambios en el sistema de refrigeración.

Estudio termohidráulico local – dinámica de fluidos

En este estudio se evalúa la temperatura local y distribución de flujo del refrigerante en la piscina y los racks. Se realiza mediante métodos de cálculo de elementos finitos (CFD) en 2 pasos:

- Paso 1: Se identifican las posiciones más desfavorables considerando la distribución de temperaturas en la piscina.
- Paso 2: Se reevalúan las 2 zonas más desfavorables encontradas en el paso 1.

El resultado del estudio verificó que las temperaturas locales del agua permanecen por debajo de los valores límite definidos: ($T_{\max} = 72\text{ °C}$) (Figura 3).

FABRICACIÓN DE UTILLAJES PRINCIPALES

Se describen a continuación los principales utillajes necesarios para la extracción de bastidores de Boraflex e instalación de bastidores nuevos:

- Grúa temporal 20/2Tn.
- Útil para manejo de bastidores de combustible.
- Stand para útil de bastidores.
- Plataformas de protección de pozo de cofres, canal de transferencia y pozo de combustible nuevo.
- Bastidores-volteadores para racks de Boraflex.
- Sistema de descontaminación y equipo de filtrado.

Grúa temporal 20/2 Tn

La grúa temporal “KE-Y05” se ha diseñado para sustituir (sobre los mismos raíles existentes) temporalmente a la actual manipuladora en el edificio de combustible. Esta grúa temporal realizará además las siguientes funciones:

- Las maniobras de extracción de los racks de boraflex de la región II de la piscina de combustible gastado.
- El movimiento de los elementos de combustible gastado.
- La introducción de los nuevos racks de acero borado en la PCG.

Resumiendo las características más representativas de la grúa temporal:

- Grúa tipo pórtico con una altura máxima de 8 metros.
- Gancho principal de 20 Tn para movimiento de bastidores y equipos.
- Gancho auxiliar de 2 Tn para movimiento de combustible y equipos ligeros.
- Cumplimiento con NUREG 0554 (fallo simple).
- Cumplimiento con NUREG 0612 (manejo de cargas pesadas en centrales nucleares).
- Cumplimiento con ANSI 57.1 (Requisitos de diseño para sistemas de manejo de combustible) (Figura 4).



Figura 4. Detalle Grúa temporal 20/2 Tn.

Útil para manejo de bastidores de combustible

Este utillaje es el utilizado para manejar en vertical los bastidores de combustible durante las maniobras en la piscina.

Consta de un bastidor de acero inoxidable sobre el que se encuentra en *interface* con el gancho de la grúa temporal y la grúa de la piscina, y los soportes para las cuatro pértigas que sujetan el bastidor. Estas pértigas con tubos de acero inoxidable soportados sobre apoyos deslizantes para permitir su ajuste a las diferentes distancias entre puntos de

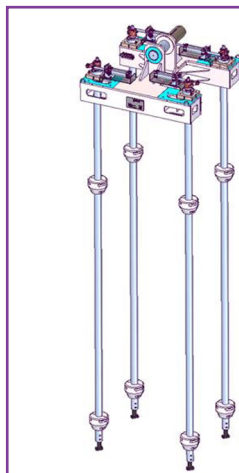


Figura 5. Detalle del útil de elevación de racks.

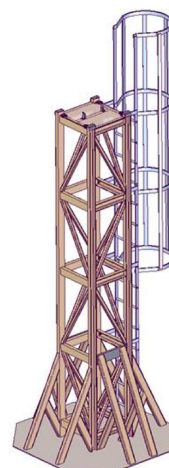


Figura 6. Detalle del stand.

izado de los bastidores de Boraflex y los nuevos (diferente distancia entre celdas=diferente distancia entre puntos de izado). En su parte inferior cuentan con un sistema de “martillos” que sujetan los bastidores por los agujeros de recirculación de la placa base y permiten su manejo seguro. Estas garras se fabrican en acero inoxidable tipo dúplex. La operación de estos martillos se hace, en condiciones normales, de forma remota sin necesidad de herramientas o utillajes específicos. En la parte superior de las pértigas cuenta con un sistema de seguridad para accionar los martillos de forma manual en caso de fallo del sistema neumático. Esto permite continuar con las operaciones en caso de fallo en el suministro de aire (Figura 5).

Stand para útil de bastidores

El stand está compuesto de un bastidor mecano soldado de perfiles en acero al carbono protegido con pintura descontaminable. Dispone de una escalera de gato que permite al personal acceder con seguridad a la parte superior del útil. Esto facilita la operación de cambio de configuración entre bastidores de Boraflex nuevos y viceversa y desenganchar las grúas. Igualmente se utiliza para las labores de mantenimiento de los accionamientos de los martillos inferiores (Figura 6).

Plataformas de protección

Debido a que la zona de trabajo con los bastidores y las grúas se sitúa sobre el canal de transferencia, el pozo de carga del contenedor y el pozo de combustible nuevo, es necesario cubrir estas zonas con plataformas para evitar riesgos de caídas de equipos/herramientas y para crear una zona de trabajo para los operadores. Han sido fabricadas en acero carbono pintadas con pintura descontaminable. En su parte inferior cuentan con patas ajustables longitudinalmente para apoyar interiormente contra el “liner” y soportar las cargas laterales resultantes de los cálculos (Figuras 7, 8 y 9).

Sistema de descontaminación y equipo de filtrado

Este sistema permite limpiar el fondo de la piscina y descontaminar los bastidores de Boraflex. Está compuesto de los siguientes subconjuntos:

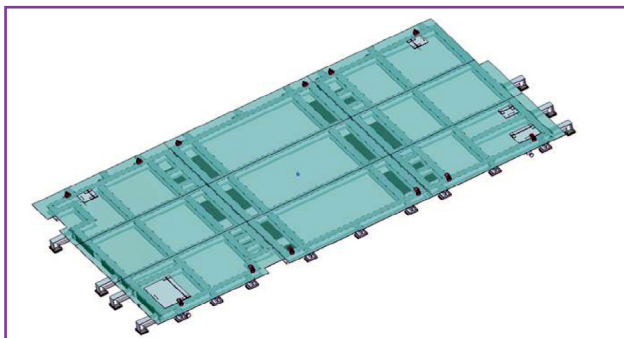


Figura 7. Detalle de la plataforma Pozo combustible Nuevo.

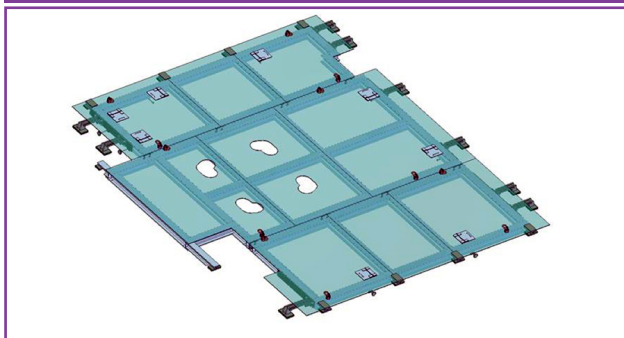


Figura 8. Detalle de la plataforma Pozo de Cofres.

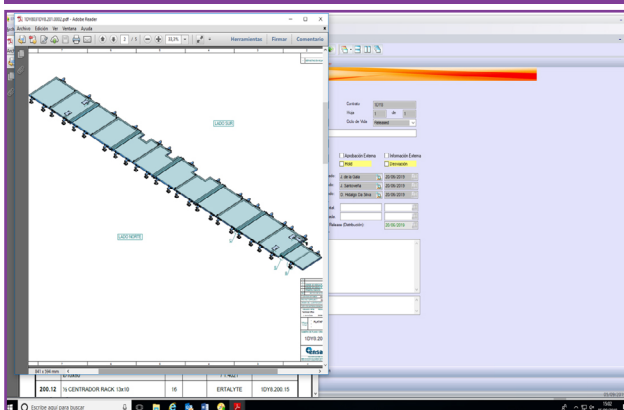


Figura 9. Detalle de la plataforma Canal de Transferencia.

- Sistema de filtrado: este es un equipo estándar tipo TRINUCLEAR para colorar en el canal de transferencia de forma que no afecte a los trabajos en piscina y se tenga acceso para el cambio de filtros.
- Útil de limpieza de celdas de bastidores: es una pértiga con un sistema de inyección de agua a presión y sistema de aspiración dirigido al sistema de filtrado.

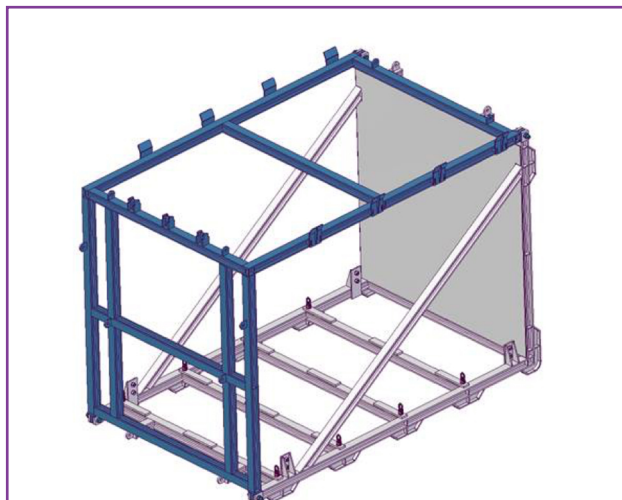


Figura 10. Bastidor-volteador racks de Boraflex.

- Útil para limpieza de los bajos de los bastidores en el pozo de descontaminación
- Útil de limpieza del fondo de la piscina: es una barredora dotada de cepillos y sistema de aspiración dirigido al equipo de filtrado. Se utiliza para la limpieza del fondo previa a la instalación de las placas de apoyo del bastidor nuevo.

Bastidores-volteadores para racks de Boraflex

Este útil (6 uds) será usado para voltear y transportar los Racks de Boraflex una vez descontaminados, hasta el Edificio de Desechos, donde posteriormente se almacenarán en 3 columnas de dos niveles cada una. Los racks de Boraflex se introducirán en vertical y asegurarán mediante chinchas al interior de los bastidores-volteadores en cota +110.00 antes de ser descendidos a cota +100.00 del edificio de combustible a través del hueco de equipos. Durante dicha operación de descenso se realizará, con ayuda del puente grúa de 125/20Tn, la operación de volteo, de forma que se almacenen temporalmente en posición horizontal a la espera de ser llevados al Edificio de Desechos (Figura 10).

CONCLUSIONES

Tras haber superado la fase de diseño y a la espera de la aprobación del PCD por parte del CSN, se continúa con la fabricación de los racks y de todos los utillajes necesarios para poder acometer los trabajos del re-racking inicialmente previstos para el primer trimestre del 2020.■