

ENSA, cargando contenedores: la experiencia operativa como base de un futuro vital

H. García y A. Soto

La gestión del combustible nuclear se ha convertido en una necesidad vital para las centrales a corto y medio plazo, especialmente para aquellas de mediana antigüedad.

ENSA, con una experiencia que relata ya la cifra de 50 contenedores cargados, está preparada para dar un paso más y cargar en el plazo de un año, su primer contenedor Ensa Universal (ENUN). Con un sólido transcurrir en las actividades de carga de contenedores, especialmente con el hasta ahora su buque insignia, el DPT-21, nos lanzamos a dar un paso más en la mejora continua de nuestra tecnología y a aplicar todas nuestras lecciones aprendidas en aras de la mejora de los equipos auxiliares para carga de contenedores.

En este artículo, trataremos de explicar las claves de nuestra experiencia y cómo evoluciona nuestra tecnología, en beneficio de la efectividad y sin perder de vista la seguridad para el equipo humano.

Used Fuel Management have turned itself a vital necessity for the nuclear power plants for a short and mid-term, especially for those in its halfway.

Ensa, with a proved experience over 50 cask loading, is now ready to make the step forward and load its first new design Ensa Universal Cask (ENUN) in the incoming year. After the experience carried out with the reference cask DPT-21, is also time to jump into the continuous improvement and where all the lessons learned can be applied in benefit of a new generation of auxiliary tools.

Through this post, we try to explain our experience keys and how the technology progress contributes towards the effectiveness with the personnel safety point of view as a reference.

INTRODUCCIÓN

La gestión del combustible nuclear se ha convertido en una necesidad vital para las centrales a corto y medio plazo, especialmente para aquellas de mediana antigüedad. Alrededor de esta situación, se ha creado un nuevo mercado de competencia en el que una vez más, la experiencia e innovación compiten con una excelente exigencia y competitividad de costes. Es dentro de este mercado, donde Equipos Nucleares S.A. (ENSA) se esfuerza para conquistar su espacio con un producto a la vanguardia de las necesidades, acompañándolo de casi 20 años de experiencia.

Después de esta experiencia que relata la ya cifra de cincuenta contenedores cargados, ENSA está lista para dar un paso más y cargar su primer contenedor ENSA Universal (ENUN) en los próximos meses. Con un sólido transcurrir en las actividades de carga de contenedores, especialmente con el hasta ahora su buque insignia, el ENSA-DPT21, nos lanzamos a dar una vuelta de tuerca en tecnología y mejoras en los equipos auxiliares de carga de contenedores.

Nuestro primer reto con estas mejoras tendrá lugar previsiblemente en el año 2016, en la central nuclear de Santa

María de Garoña (Burgos). En este artículo, trataremos de explicar las claves de nuestra experiencia y como evolucionamos la tecnología, en beneficio de la efectividad y sin perder de vista la seguridad para el equipo humano.

ANTECEDENTES

Desde que España optó por el almacenamiento de combustible usado, ENSA ha estado profundamente ligada a las actividades de gestión: tanto con la inversión en el desarrollo de soluciones técnicas, pasando por una exquisita calidad en la fabricación de componentes y hasta completar con un eficiente proceso de carga de combustible en los emplazamientos. Es aquí, en las plantas, donde la fiabilidad y la eficiencia deben demostrarse al compás de las exigencias de las centrales, para las que la carga de contenedores resulta un proceso de alta importancia.

Tres experiencias reseñables son las cargas de contenedores realizadas en la central nuclear Jose Cabrera (Zorita) y en la central nuclear de Ascó. En la central nuclear de José Cabrera se han cargado 12 contenedores con elementos combustibles y cuatro contenedores con el despiece de las



HUGO GARCÍA MERINO

Ingeniero de proyecto para el "Suministro de equipos auxiliares y preparación de la carga de contenedores ENUN 52B en CN Sta. Mª de Garoña".

ENSA

Ingeniero técnico industrial por la Universidad de Cantabria. Ha desarrollado su actividad profesional como ingeniero de proyecto y jefe de obra en Equipos Nucleares desde 2009.



ÁLVARO SOTO

Jefe de obra en la carga contenedores de combustible gastado ENSA-DPT e ingeniero de proyecto en Eq. Auxiliares Chinas de Daya Bay y Ling Ao" para el contenedor de almacenamiento y transporte ENUN-24P.

ENSA

Ingeniero técnico esp. Electrónica Industrial por la Universidad de Cantabria. Comenzó su actividad profesional como ingeniero de proyecto en Equipos Nucleares desde 2010.

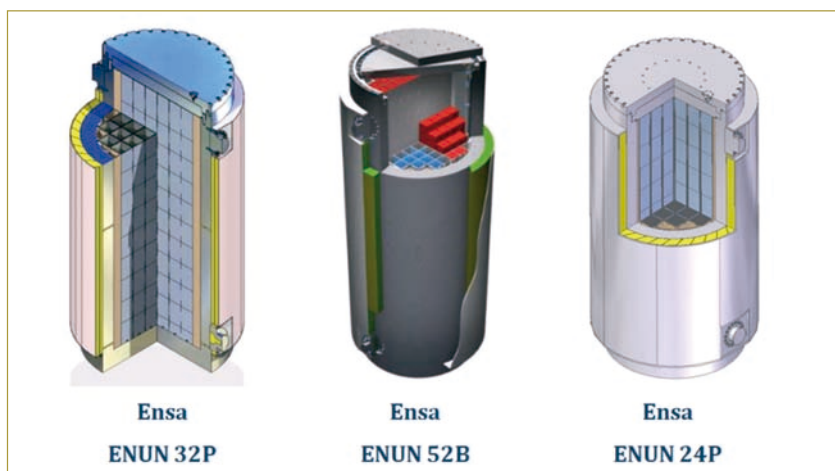


Figura 1: Contenedores ENSA Universal (ENUN).

internas de la vasija. Por otro lado, en la central nuclear de Ascó, se han cargado ya cinco contenedores en campañas anteriores y este año 2015 se prevé llevar a cabo un exigente programa de carga para seguir garantizando la capacidad de las piscinas.

Además de estas experiencias, el desarrollo de tecnología para los nuevos contenedores ENUN tendrá sus bases en las 28 cargas de contenedores ENSA-DPT21 completadas hasta la fecha en la central nuclear de Trillo I. La similitud operativa que requiere el sistema de tapas empernadas que, simplifica, reduce tiempos de operación, y facilita además la reutilización del contenedor una vez que éste se descarga, se ve reflejada en los nuevos diseños que ENSA está poniendo en el mercado (ENUN32P, ENUN52B y ENUN24P).

PRINCIPALES PROCESOS DE LA CARGA DE UN CONTENEDOR ENUN

Operaciones de la carga del contenedor en piscina

El proceso de carga de un contenedor se compone de una secuencia de operaciones destinadas al acondicionamiento del contenedor para el almacenamiento de forma segura de los EECC.

La primera de ellas, como se entiende, es la propia carga de los elementos combustibles (previamente seleccionados y que cumplan con los requisitos de almacenamiento por parte de los organismos internacionales, OIEA y Euratom) en las celdas del bastidor, siendo sus posiciones en éste, también analizadas en función de su calor residual entre otros factores. Este proceso se realiza una vez que el contenedor se encuentra inundado de agua en la piscina.

Durante el proceso de carga, se verifica elemento a elemento que el material está irradiado mediante una herramienta especial (*lon-fork*), proceso que queda registrado y grabado. Antes de esto, también cada elemento seleccionado ha sido inspeccionado para conocer su estado mediante técnicas que garantizan la estanqueidad e integridad de las vainas (ultrasonidos, visuales, *in-sipping*...).

Tras el proceso de carga, se coloca la tapa interior, momento en el que empezaría a contar el tiempo de ebullición, ya que prácticamente queda cerrado el contenedor y, aunque todavía esté inmerso bajo agua, la recirculación en el interior en la cavidad ya no existe.

Para colocar la tapa interior sobre el contenedor, estando éste situado en el fondo de la piscina, se usa un útil acoplado a la grúa auxiliar (la morfología y altura de cada gancho en cada central es diferente, lo que presenta nuevos retos con diferentes diseños y soluciones) que permite descender la tapa perfectamente nivelada y asegurar una perfecta colocación.

Como ejemplo, para realizar la maniobra de introducción de la tapa interior durante las actividades de carga del contenedor ENUN 52B en la central nuclear Sta. M^a de Garoña, se ha diseñado y fabricado un útil de manejo, formado por dos pértigas telescópicas. La pértiga interior se extiende y se retrae por la acción de un polipasto eléctrico situado en la parte superior del útil. Mediante este dispositivo se consigue reducir la altura de maniobra necesaria bajo grúa y se evita la introducción del gancho de la grúa en la piscina. De esta forma, el operador puede controlar en todo momento el posicionamiento de la tapa sobre la brida del contenedor.

Esta maniobra se acompaña de un equipo de cámaras que permita tener una visión directa de la aproximación de la tapa a la brida del contenedor ya que, un leve golpe en las juntas o en la tapa puede tener consecuencias en la estanqueidad de la cavidad del contenedor y echar por tierra la carga del propio contenedor.

A continuación, ayudados del yugo de elevación que permite el enganche/desenganche a distancia del contenedor por los muñones superiores, se procede a la extracción del contenedor fuera de la piscina o pozo de cofres, según el diseño de la planta. La verificación del correcto posicionamiento y ajuste de las palas del yugo en los muñones del contenedor se debe realizar de forma cuidadosa y exhaustiva para evitar cualquier problema en la posterior elevación del contenedor.

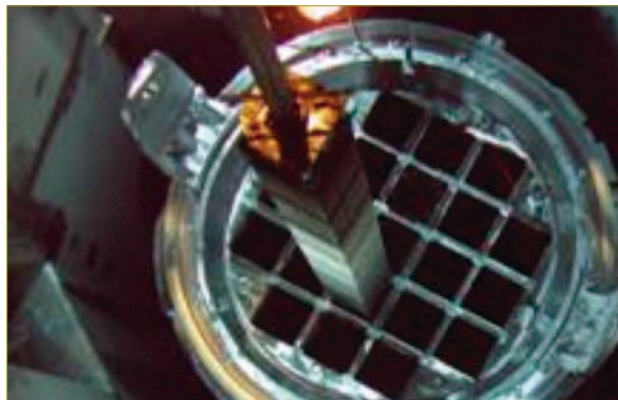


Figura 2: Carga con EECC del contenedor DPT 21.

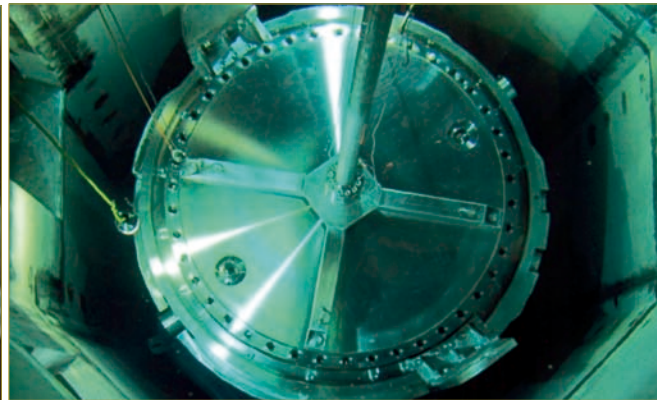


Figura 3: Montaje de la tapa interior del contenedor DPT 21.

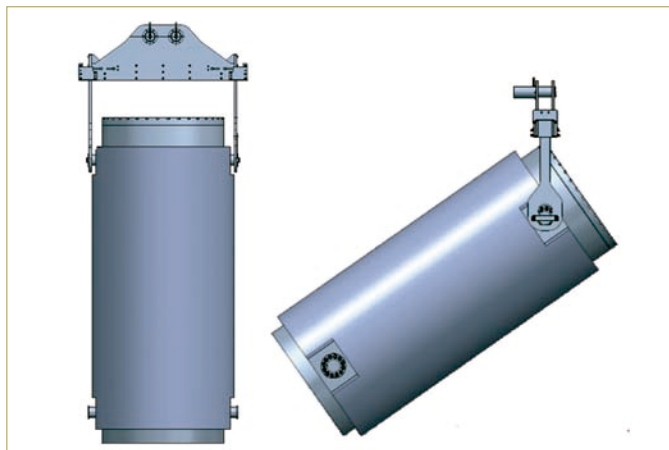


Figura 4: Manejo del contenedor ENUN 52B con el yugo de elevación. Figura 5: Operación de apriete de pernos en contenedor ENUN.

Cierre de tapas

Una vez que el contenedor se encuentra en la zona de preparación, se comienza el proceso de apriete de los pernos de las tapas del contenedor. Estas operaciones son fundamentales para garantizar el correcto cierre de las tapas y, por tanto, la estanqueidad de la cavidad del contenedor. Estas operaciones deben ser realizadas de manera segura pero también de manera ágil de forma que el tiempo empleado sea el mínimo y se reduzcan los tiempos de exposición del personal.

El aseguramiento del par aplicado sobre los pernos de cierre de ambas tapas interior y exterior del contenedor es un parámetro clave a registrar durante el proceso de carga del contenedor. Para esta aplicación, ENSA ha diseñado y fabricado un nuevo sistema de apriete de pernos que consta de dos grupos motor-reductor colocados en los extremos de una viga soporte. Estos motor-reductores van controlados en par, mediante un servo-amplificador, de modo que se puede visualizar, aplicar y verificar en cada caso el par requerido en la secuencia de apriete.

Este sistema de apriete permite realizar las operaciones de forma automática, indicando además el punto de la secuencia en la que se encuentra la máquina en todo momento. De esta manera, se garantiza el correcto cierre de las tapas del contenedor con un alto grado de eficacia y fiabilidad.

Drenaje, secado y llenado de helio del contenedor

Para garantizar la integridad del combustible gastado en el interior de nuestro contenedor, es preciso dejarlo en unas condiciones de absoluta seguridad para su transporte y almacenamiento.

Es aquí donde ENSA tiene su sello de identidad, con el diseño propio de un sistema integrado capaz de desalojar el agua de la cavidad interior, realizar un vacío y secado lo suficientemente bajo,

así como las requeridas pruebas de estanqueidad, todo ello en un espacio de tiempo menor al previamente obtenido como tiempo de ebullición.

Para conocer este valor límite, en un previo análisis, se requiere conocer el tipo de combustible, calor residual (kW), grado de quemado (MWd/Kg U), enfriamiento (años) y enriquecimiento (%).

El proceso se inicia drenando el agua de la cavidad, y se debe garantizar que durante esta operación, el agua en su interior no alcance la temperatura de ebullición (100 °C), pudiendo generar sobrepresiones inesperadas y dificultando la secuencia de trabajos establecida.

Una vez extraída la mayor parte de agua de la cavidad, se comienza la operación de secado por vacío hasta alcanzar el valor deseado.

Cuando esto suceda y comprobando que se mantiene el vacío requerido indicado en el estudio de seguridad del contenedor, es cuando se ha logrado el secado de la cavidad y podemos inyectar helio puro en el interior, que por diferencia de densidades actúa a modo refrigerante del combustible. Estas operaciones tan delicadas, han de conseguirse en un tiempo menor que el arriba indicado como tiempo de ebullición, ya que la temperatura de

las vainas de los elementos combustibles no deben exceder nunca el valor de 400 °C, de acuerdo a la normativa NUREG-1536, *Standard Review Plan for Dry Cask Storage Systems*, U.S. NRC, Rev. 1, jul 2010.

Si durante estas operaciones, ocurriese algún suceso anormal que comprometiese la integridad de los elementos combustibles, el sistema de drenaje y secado dispone además de un sistema de re-inundación de la cavidad interior, que permite llenar de agua de nuevo la cavidad del contenedor y enfriarla, controlando en todo momento, las sobrepresiones que se puedan dar durante esta operación. Se reduce de esta manera la temperatura de los elementos combustibles y se evitan que lleguen a la temperatura máxima de 400 °C. Posteriormente, se puede realizar la recirculación de agua en la cavidad interior para continuar con el proceso de enfriamiento y poder actuar en la resolución de cualquier incidencia detectada.

ENSA lleva tiempo trabajando en la mejora del equipo de secado, para hacer que este proceso de vital importancia dentro de la carga del contenedor pueda desarrollarse con los menores imprevistos posibles y con un control absoluto de los diferentes parámetros asociados. Se pretende además reducir en la medida de lo posible el tiempo de

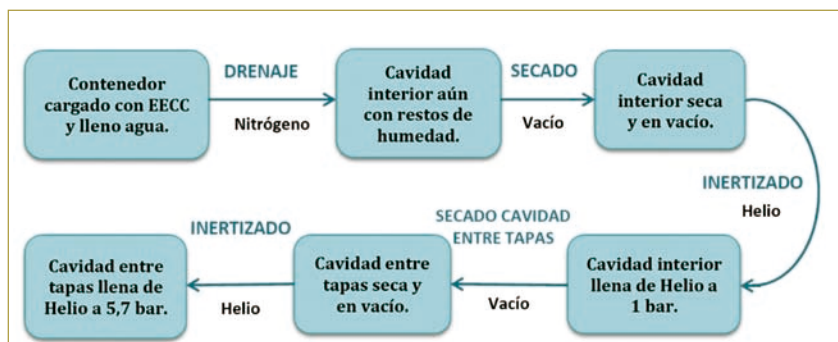


Figura 6: Diagrama del proceso de secado del contenedor ENUN.

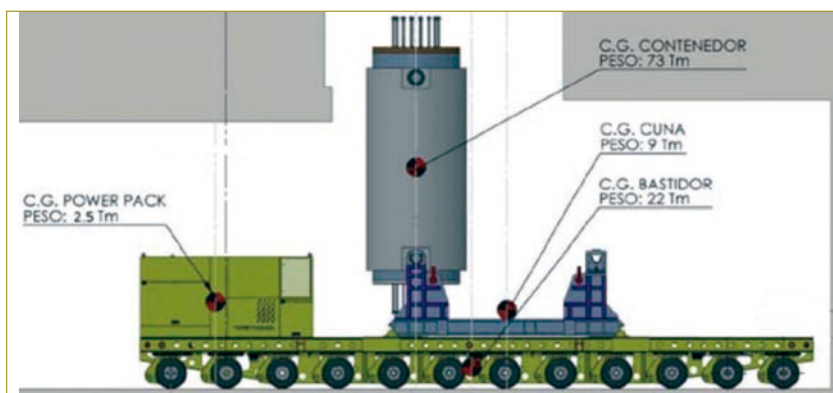


Figura 7: Maniobra de descenso y volteo del ENUN 52B en C.N. Sta. Mª de Garoña.

secado y la necesidad de trabajos con personal en las inmediaciones del contenedor, tratando de lograr una mayor eficacia y una reducción en las dosis del personal durante este proceso.

Esta mejora tecnológica implica además, una disminución considerable en las probabilidades de error humano durante estas tareas críticas para el correcto acondicionamiento del combustible en el interior del contenedor.

Para conseguirla, ENSA se ha volcado en la automatización del proceso. El Sistema de Drenaje, Secado e Inertizado por He, en adelante SDSI, dispone de una consola de control, situada en las inmediaciones del contenedor pero fuera de las zonas con mayores tasas de dosis. En esta consola, el operador puede seleccionar la actividad a desarrollar, fijar los valores de presión/vacío objetivos en cada operación y controlar en todo momento la situación del proceso de secado.

El SDSI dispone de paneles auxiliares de medida conectados a las tomas de venteo y drenaje del contenedor, en los que se encuentran los sensores de medida. Además, está formado por el conjunto de válvulas automáticas comandadas por el control del SDSI necesarias para realizar las diferentes operaciones sin necesidad de que los operadores abran o cierren dichas válvulas.

Por lo tanto, una vez conectado correctamente a las diferentes tomas del contenedor, el operador deberá únicamente actuar sobre la consola de control y controlar el proceso, asegurando que éste se realiza de forma segura.

Traslado del contenedor al ATI

Cuando el contenedor cargado con combustible se encuentre en unas condiciones seguras y haya superado todas las pruebas de fugas, necesarias para garantizar la estanqueidad del cierre del contenedor, está en disposición de ser trasladado a su almacén temporal individualizado ATI, o al futuro ATC.

En función de las características de cada central nuclear donde se decida

usar el contenedor ENUN, ENSA es capaz de diseñar y fabricar los equipos adecuados y necesarios que permitan el manejo y el traslado del contenedor ENUN cumpliendo con las normativas aplicables y manteniendo la seguridad como objetivo principal.

En el caso próximo de la central nuclear de Sta. Mª de Garoña, la disposición de la central y las capacidades de distribución de cargas al suelo del edificio, ha exigido la implementación de un sistema específico para el transporte del contenedor ENUN 52B desde el Edificio del Reactor hasta el Almacén Temporal Individualizado (ATI).

Las dimensiones del hueco y del túnel de equipos por las que se debe extraer el ENUN 52B del interior del edificio del reactor, requieren de una plataforma donde se acomoda la cuna de transporte y ambos son capaces de recepcionar el contenedor, volteándolo sobre las torres de la cuna. Este volteo es una maniobra de gran precisión que exige además de la mayor atención y sincronización posible de los operadores, requiriendo además de una alta



Figura 8: Grúa de manejo de contenedores ENUN.

sensibilidad en el control de los equipos implicados.

Esta plataforma dispone de un motor diesel y otro eléctrico que accionan un grupo hidráulico y que alimentan a su vez el conjunto de 24 *bogies* (cada uno compuesto por dos neumáticos) y que son capaces de ascender y descender la carga, así como de girar 360° para realizar cualquier giro solicitado a la plataforma, en condiciones de espacio limitado.

Además, la plataforma de traslado es la encargada de realizar el transporte del contenedor en horizontal sobre la cuna de transporte hasta situarlo en el ATI, discurriendo por los viales habilitados en la central nuclear, superando si es preciso pendientes y giros desfavorables.

Otro ejemplo de la adaptación de ENSA a cada una de las centrales nucleares, es el caso del manejo del contenedor en el ATI. En el caso del ATI de Trillo, éste al ser cubierto dispone de un puente grúa capaz de izar el contenedor desde su cuna de transporte y voltearlo para su almacenamiento en posición vertical. Sin embargo ahora, para el manejo en el ATI del contenedor ENUN 52B en la central nuclear de Sta. Mª de Garoña, al no disponer de ATI cubierto, ha sido necesario definir una grúa pórtico móvil capaz de completar estas maniobras con el contenedor en el ATI.

La grúa es capaz de descargar y transportar el conjunto del contenedor + cuna de transporte y además de voltear el contenedor hasta la vertical de forma automatizada. Posteriormente con el contenedor en vertical, lo traslada hasta la ubicación definida en la losa del ATI para el almacenamiento definitivo. Todos estos movimientos los realiza con la precisión y seguridad requerida para garantizar en todo momento la integridad del contenedor ENUN 52B.

Monitorización del contenedor en el ATI

Como fase final de la campaña de carga del contenedor ENUN, el contenedor permanece en el ATI, siendo monitorizado en todo momento hasta su futuro traslado al ATC, para la recuperación del combustible en su interior.

Trascurrida más de una década desde la carga de los primeros contenedores DPT-21, éstos se encuentran en el ATI de la central nuclear de Trillo, siendo controlados presostáticamente y monitorizados en todo momento, ante un suceso anormal que ponga en entredicho la integridad del combustible. De producirse, el sistema de doble tapa proporciona la opción de la recuperación del combustible mediante unas operaciones inversas a las anteriormente explicadas.■