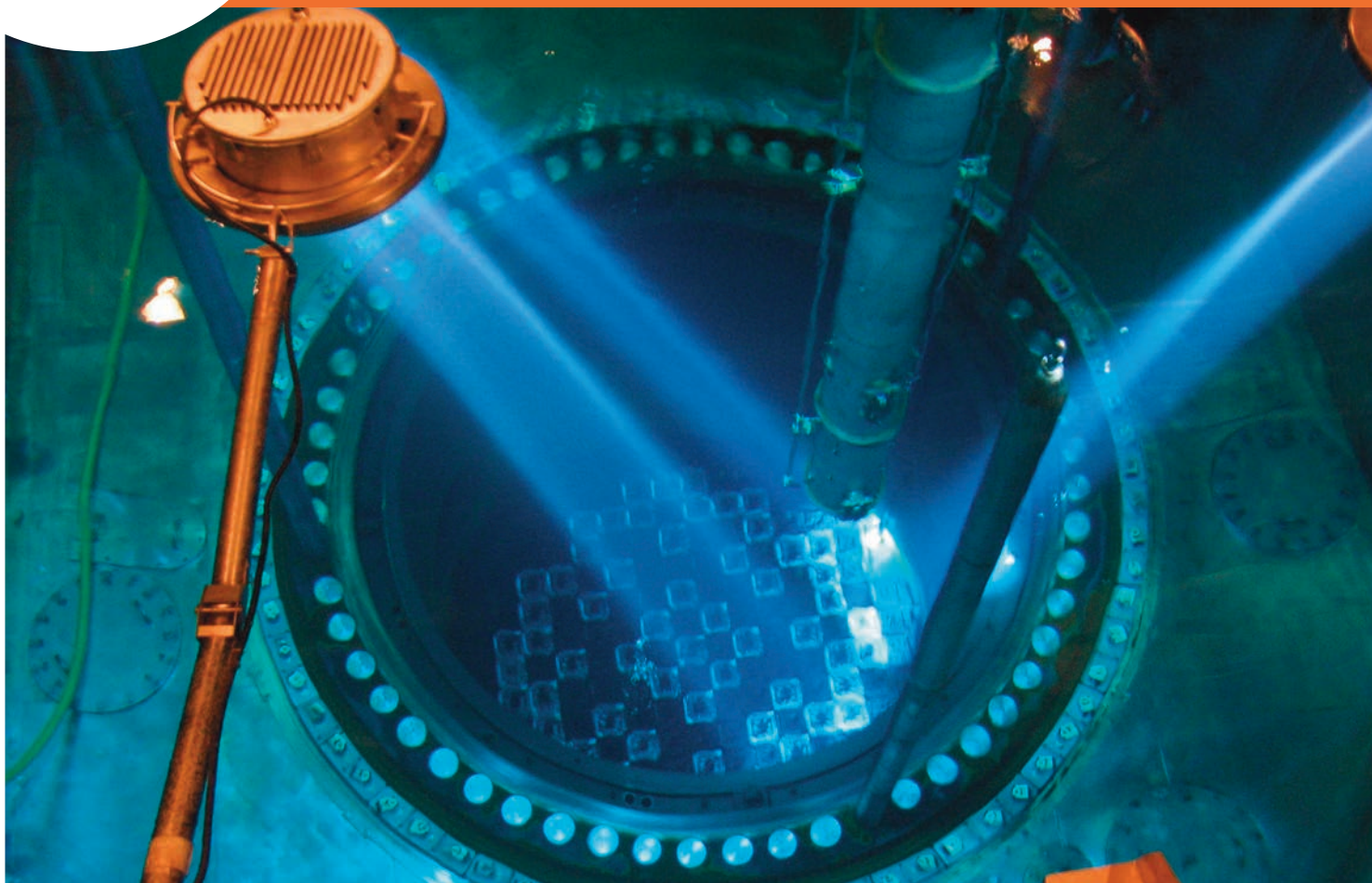




Gestión del combustible irradiado



JORDI ESTRAMPES BLANCH

Ingeniero Técnico Industrial y jefe de Ingeniería del Reactor y Salvaguardias Nucleares de C.N. Ascó.



ISRN/DST-COMBUSTIBLE

La gestión del combustible irradiado está en C.N. Ascó a cargo de dos unidades organizativas, por un lado IRSN (Ingeniería del Reactor y Salvaguardias Nucleares), ubicada en el emplazamiento de la central y, por otro, DST-Combustible, esta última de carácter corporativo, y que se ocupa también de los mismos temas para Vandellós II. En total, 11 personas con un alto grado de preparación y experiencia, para los que en estos tiempos el combustible irradiado ha pasado a ser una de las materias que más tiempo y recursos ocupa dentro de sus responsabilidades, que abarcan también otras áreas como el diseño de los nuevos ciclos, el abastecimiento del combustible fresco, el seguimiento de la operación de los ciclos y la elaboración de estrategias de cambios de potencia, por ejemplo.

BREVE REPASO HISTÓRICO

A medida que transcurren los ciclos operados, el combustible que finaliza su recorrido vital en el reactor pasa a la piscina para quedar almacenado hasta el momento en que bien sea trasladado al ATI (Almacén Temporal Individualizado) o bien transportado directamente al ATC (Almacén Temporal Centralizado).

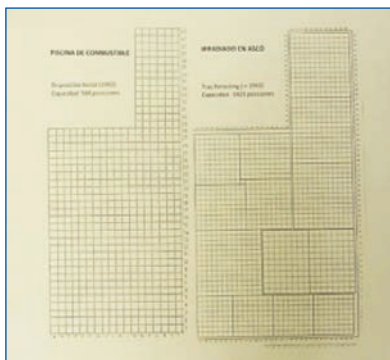
En un principio, las piscinas de las unidades de C.N. Ascó tenían capacidad para almacenar hasta 588 elementos combustibles cada una, lo que permitía disponer de espacio para acomodar aproximadamente ocho recargas, asumiendo que en cada una de ellas se sustituyeran unos 44 elementos.

Con una longitud nominal de ciclo de un año, el plazo de tiempo hasta alcanzar un grado de ocupación en piscina que dificultara la operación de nuevos ciclos se extendía hasta mediados de la década de 1990.

En 1993, había 360 elementos en la piscina de la Unidad I y 320 en la de la Unidad II, y como fuera que términos como ATI o ATC no aparecían en el horizonte temporal cercano, la solución para dar continuidad a la operación de los reactores pasaba necesariamente por incrementar la capacidad de las piscinas mediante el denominado *Reracking*, o sustitución de bastidores por el que en 1993 se pasó a disponer de 1.421 posiciones en cada una de las piscinas.

Los años transcurrieron y se fueron acumulando ciclos de operación, que pasaron en 1996 y 1997 a ser de 18 meses en lugar de 12, para lo cual se alimenta cada ciclo con 64 elementos combustibles frescos y de un enriquecimiento algo mayor, siguiendo con un ritmo de incremento ocupacional de las piscinas equivalente.

No es C.N. Ascó la primera planta que tiene que evacuar combustible almacenado en piscina, ante la próxima saturación de ésta y que ya no va a formar parte de ciclos nuevos en contenedores específicos. La central de Trillo, de una tecnología distinta y con una disposición totalmente diferente, fue la primera que cargó el combustible que no iba a usar en contenedores y los comenzó a almacenar de forma temporal en su emplazamiento (año 2002), lo que es propiamente un ATI. Los contenedores escogidos para Trillo son de tipo metálico, de doble propósito (DPT-STC, diseño del suministrador america-



no NAC International), es decir, aptos para el almacenamiento y también para el transporte, dispuestos en un edificio.

En 2006, la central José Cabrera, en Zorita, inicia sus trabajos de cierre y predesmantelamiento, lo que obliga a disponer de un ATI para sacar el combustible almacenado hasta ese momento en su piscina, siendo éste el primero en utilizar contenedores de Holtec International y un diseño de ATI de losas, a la intemperie.

En 2008 las piscinas de C.N. Ascó contienen 1.036 y 952 elementos, lo que representa un 82/75 % de la capacidad efectiva. Han transcurrido 15 años desde el *Reracking* y de nuevo asoma la preocupación por el

espacio en las piscinas. Claramente debe optarse por la implantación de un ATI en la central ya que aún el ATC no aparece como opción disponible a corto plazo.

EL PROYECTO ATI

El proyecto ATI de C.N. Ascó comenzó a gestarse en 2008 y tiene como objetivo asegurar la continuidad de la operación de ciclos nuevos hasta alcanzar los primeros 40 años – que se cumplen en 2022– momento en el que ya se postula que el ATC estará en funcionamiento.

El ATI se diseñó en forma de dos losas de hormigón armado de 40x11x0,61m, totalmente independientes, con capacidad para 32 contenedores de 32 elementos cada uno, 16 de ellos para ser cargados con combustible de la Unidad I y otros tantos de la Unidad II. Los 512 elementos se corresponden exactamente con ocho recargas estándar de 64 elementos, lo que representa 12 años de operación.

Esto significa que entrando en funcionamiento el ATC en las fechas que se postulaban en 2008, no sería preciso ocupar la totalidad de posiciones disponibles en el ATI.

En diciembre de 2008 se lanzó oficialmente el Proyecto ATI, una vez elegido como suministrador a Holtec



Foto 1. Equipo DCFH montado durante fase de secado de la MPC. Detrás del muro se encuentra el HI-TRAC con la MPC en su interior.

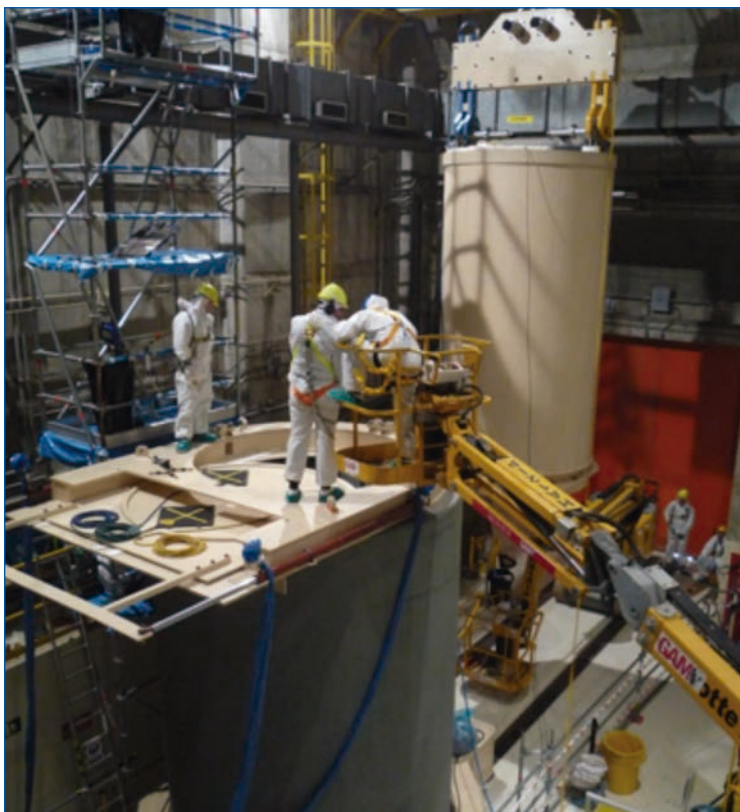


Foto 2. El personal se prepara para iniciar la transferencia de la MPC desde el HI-TRAC (suspendido de la grúa con su dispositivo especial de izado) al HI-STORM, que tiene montado el dispositivo de acoplamiento (familiarmente conocido como *cortapuros*), con la tapa parcialmente abierta.

International, empresa que cuenta con una amplia experiencia en sistemas de almacenamiento y transporte no sólo en USA, sino en otros países, y que en esencia consta de:

1. Cápsula Multipropósito MPC-32.

Se trata de una cápsula metálica (acero inoxidable) sellada que alberga 32 elementos combustibles irradiados y que supone la barrera de confinamiento, además de proporcionar una rigidez estructural elevada al conjunto.

La MPC se llena con helio una vez completamente seca, lo que se consigue mediante la recirculación de ese mismo gas y con la ayuda del sistema de Deshidratación por Convección Forzada de Helio DCFH (Foto 1).

2. Contenedor de Almacenamiento o módulo HI-STORM.

Se trata de un pesado recipiente cilíndrico de acero y hormigón diseñado para albergar la MPC proporcionándole protección mecánica, capacidad de enfriamiento y blindaje radiológico durante la fase de Almacenamiento, es decir, mientras permanece en el ATI de la central.

3. Contenedor de Transferencia HI-TRAC.

De construcción metálica (acero-plomo-acero), su función es la de albergar la MPC durante las operaciones de carga del combustible en piscina, secado y sellado de la misma y su traspaso o transferencia al módulo

HI-STORM, proporcionando blindaje radiológico y estructural (Foto 2).

Además de estos componentes, que son los principales del Sistema de Almacenamiento, el conjunto se completa con dispositivos auxiliares tales como útiles de manipulación e izado, equipo de soldadura especial para la tapa de la MPC, el propio DCFH, y un vehículo oruga, denominado *Crawler*



Foto 3. El *Crawler* inicia la subida desde la salida del doble vallado hacia el ATI llevando consigo un HI-STORM conteniendo una MPC llena con combustible irradiado. Para reducir al máximo el impacto sobre los viales de las más de 170 Tm del contenedor y de las más de 60 adicionales del propio vehículo se esparce arena (o goma troceada) a lo largo del recorrido.

(Foto 3), necesario para trasladar los HI-STORM cargados desde el Edificio de Combustible de la unidad donde se lleva a cabo la campaña de carga hasta el ATI.

En el caso de C.N. Ascó, los contenedores de combustible irradiado para el almacenamiento en el ATI no son aptos para transporte, así que para poder llevar la MPC al ATC hay primero que llevar a cabo un cambio de contenedor, desde el de almacenamiento HI-STORM al de transporte HI-STAR, también perteneciente a la familia de suministros de Holtec.

PROCESO DE CARGA DE UN CONTENEDOR

El proceso completo para cargar una MPC, sellarla, secarla, llenarla de Helio, introducirla en un módulo HI-STORM y finalmente dejar el conjunto apoyado en su correspondiente losa del ATI requiere la participación de muchas unidades organizativas de la central: Seguridad Física, Protección Radiológica, mecánicos, eléctricos, personal dedicado al FME (Exclusión de Materiales Extraños), Obra Civil, Contra incendios, Prevención Riesgos Laborales, Operación, personal de empresas externas especializadas e IRSN.

El trabajo, tal y como está establecido en la programación de C.N. Ascó, se lleva a cabo en 10 días, desde que todos los equipos se encuentran debidamente dispuestos en el Edificio de Combustible hasta que el HI-STORM queda sellado en el ATI por los inspectores de los organismos internacionales de salvaguardias nucleares, Euratom y OIEA (Foto 4).

El primer paso consiste en disponer de todos los equipos y utillaje



Foto 4. El ATI de C.N. Ascó. El *Crawler* pasa entre ambas losas para acceder a las posiciones interiores. En este momento se está instalando el dispositivo de izado a un HI-STORM vacío para bajarlo al edificio e iniciar su proceso de carga. El contenedor de la izquierda acaba de llegar lleno desde la Unidad I. Es el primero que se cargó en C.N. Ascó.

necesarios estratégicamente dispuestos en el interior del edificio de combustible, que es donde se llevan a cabo la mayor parte de las operaciones.

En el caso de C.N. Ascó, esta fase, aparentemente poco compleja, ha requerido un pormenorizado estudio de la disposición de equipos y zonas de trabajo porque en realidad son muchos, voluminosos y pesados todos los dispositivos que intervienen en el proceso (Foto 5).

Una vez todo dispuesto, el siguiente paso es la introducción de la MPC vacía dentro del HI-TRAC. A efectos de blindaje para cuando la MPC esté cargada con el combustible, se llena un espacio anular a lo largo de todo el HI-TRAC denominado “camisa de agua”, con agua desmineralizada, y para evitar que éste y la parte exterior de la MPC entren en contacto con el agua de la piscina, se instala un sello hinchable de goma en la parte superior.

El siguiente paso es la introducción del HI-TRAC con la MPC vacía y desatapada en la zona de carga de la piscina, cuyo propósito, desde el diseño

inicial de la planta, es llevar a cabo estas operaciones; e inmediatamente se inicia la carga de los 32 elementos combustibles, desde sus posiciones de partida en la piscina, hasta cada una de las posiciones de la MPC previamente asignadas en el Plan de Carga.

Cada elemento se vuelve a verificar mediante equipos de televisión subacuática para asegurar que está en las condiciones de integridad que quedaron establecidas en su clasificación, y adicionalmente se constata que se trata de un elemento irradiado (quemado) a efectos de salvaguardias nucleares mediante el empleo de un equipo de Euratom especialmente diseñado para este tipo de mediciones.

Al finalizar la carga de los 32 elementos, se graba la MPC cargada y se asegura, una vez más, que la carga se ha completado de forma correcta de acuerdo al Plan de Carga, mediante la grabación sobre soporte digital de los números de identificación de todos los elementos y de sus componentes o *inserts*.

A partir de este instante se entra en la fase de cierre de la MPC con la

colocación de su tapa mientras aún está sumergida en la piscina, para seguidamente izar el conjunto HI-TRAC + MPC a la denominada “zona de preparación” donde tendrán lugar las operaciones de cierre mediante soldadura automatizada de la tapa. En total nueve pasadas completas con inspecciones por medio de líquidos penetrantes después de la primera soldadura “de raíz” y posteriormente cada dos pasadas.

Con la tapa soldada se procede a realizar una prueba hidrostática para asegurar que no hay ninguna fuga, tras la cual y previo drenaje del agua, se da paso a la fase de secado, mediante la recirculación de gas helio y con la ayuda del DCFH. Con esta operación, que dura alrededor de 24 horas (dependiendo de la carga térmica total de la MPC) se pretende eliminar cualquier traza de humedad del interior de la MPC de forma que se asegure que no habrá presencia de oxígeno que pueda dar lugar a fenómenos de oxidación que con el tiempo podrían afectar negativamente a la vaina de los elementos combustibles.

Una vez seca, la MPC se llena con el mismo gas helio a una determinada presión –también función de la temperatura– para asegurar una atmósfera seca e inerte a lo largo del tiempo, hasta su apertura final en el ATC.

Tanto el drenaje del agua de la prueba hidrostática, como el secado y el llenado de helio se lleva a cabo mediante dos penetraciones dotadas con válvulas desmontables que, una vez han finalizado esas operaciones, permiten dejar un tapón roscado en cada una de ellas antes de ser desmontadas, asegurando de esta forma el cierre hermético de la MPC.

Este cierre es verificado mediante una prueba de detección de fugas de helio con un equipo extremadamente sensible para certificar la estanqueidad de la cápsula. El equipo de detección de fugas tiene capacidad



Foto 5. Disposición de equipos y componentes en el interior del edificio de Combustible. Un HI-STORM vacío y con el *cortapuros* colocado espera su MPC que está en fase de sellado. A la derecha asoma el DCFH más a su derecha queda la piscina. Realmente no queda demasiado espacio por donde moverse...



Foto 6. El HI-STORM conteniendo una MPC en su interior está a punto de ser llevado al exterior del edificio de combustible tirando de él con la ayuda de una barra y haciéndolo rodar sobre raíles y subido al ZPT, que es la plataforma de color claro que lo circunda por el extremo inferior.

de medir tasas de fugas de hasta $1\text{E-}11$ $\text{cm}^3/\text{segundo}$ de helio, lo que equivale a poder detectar una fuga de 1 cm^3 de helio en 3.200 años.

En estas condiciones ya sólo queda transferir la MPC desde el HI-TRAC al HI-STORM, para lo cual se iza con la grúa puente del Edificio de Combustible y se deposita encima de un dispositivo de acoplamiento (conocido como el *cortapuros*), que facilita la operación de retirada de la tapa inferior del HI-TRAC mientras se sujeta



Foto 7. Colocación de la tapa del HI-STORM cuando éste está fuera del edificio de combustible. Para ello se dispone de una grúa auxiliar.

la MPC con la grúa, para descenderla suavemente hasta el fondo del módulo de almacenamiento.

Tras esta maniobra, se vuelve a colocar la tapa del contenedor de transferencia, se retira el *cortapuros* y se trasladado el HI-STORM hacia el exterior del edificio haciéndolo rodar por unos raíles sobre los que se desliza la denominada Plataforma de Perfil Nulo (ZPT) que levanta el HI-STORM mediante unos gatos hidráulicos unos pocos centímetros del suelo para facilitar la rodadura del conjunto hasta el exterior, donde se le coloca la tapa del módulo con la ayuda de una grúa (Fotos 6 y 7).

Hay que destacar que cualquier configuración de la MPC insertada ya sea en el contenedor de transferencia HI-TRAC, como en el de almacenamiento HI-STORM, incluyendo el desplazamiento sobre raíles del ZPT tiene la consideración de Categoría Sísmica, a efectos de proporcionar la suficiente rigidez estructural como para resistir el terremoto base de diseño considerado en el emplazamiento de C.N. Ascó y mantener todas las funciones de seguridad del combustible depositado en la MPC, desde el punto de vista de confinamiento, criticidad y capacidad de manejo. Finalmente, el vehículo oruga es el que se encarga.

ELABORACIÓN DEL PLAN DE CARGA

Para llegar a ese punto, primero debe llevarse a cabo la evaluación de la gran cantidad de información acumulada de cada elemento combustible desde su llegada a la planta, pasando por su evolución isotópica como consecuencia de su quemado en los diferentes ciclos de operación e incluyendo las posibles inspecciones llevadas a cabo en las operaciones de recarga.

Toda esa información sirve de base para diseñar una intensa y extensa

campaña de inspecciones sobre el combustible irradiado que es candidato a ser cargado en los contenedores, como paso previo a su clasificación definitiva e inclusión en el denominado Plan de Carga, que es el documento en el que se recoge el Mapa de Carga de las MPC y en el que se demuestra el cumplimiento de los muchos y estrictos criterios que debe satisfacer el combustible para poder pasar de la piscina a un contenedor (Foto 8).

Este trabajo lo lleva a cabo la Unidad de Ingeniería del Reactor y Salvaguardias Nucleares en colaboración con la de Combustible Nuclear. Las inspecciones las realiza, a día de hoy, personal especializado de Enusa Servicios.

Entre las inspecciones que se llevan a cabo sobre el combustible destacan: integridad estructural, estanqueidad, estado superficial de las vainas, presencia de objetos y piezas. Esta tarea exige la realización de gran cantidad de movimientos de combustible en la piscina, lo cual conlleva un estricto control administrativo y físico, además de requerir la instalación de los diferentes equipos de inspección especializados para cada una de las técnicas y metodologías.

A efectos de disponer de flexibilidad para afrontar un posible cambio de algún elemento como contingencia justo en el momento de cargar el elemento combustible, el Plan de Carga lo conforman un grupo de elementos debidamente caracterizados y clasificados dividido en "titulares" y "reservas".

Finalmente, el Plan de Carga se envía a Enresa para su aprobación como receptora, en su momento, del combustible cargado en los contenedores, y al CSN a modo informativo, con una antelación mínima de tres meses. ■

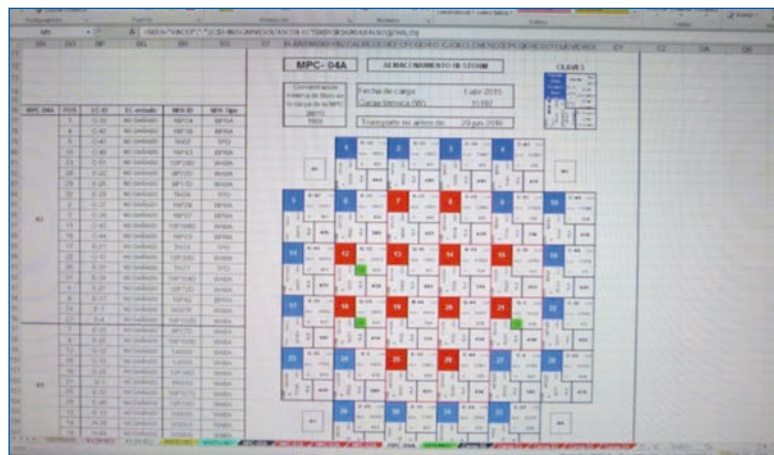


Foto 8. Elaborando el Plan de Carga mediante una herramienta específicamente diseñada para verificar el cumplimiento de los numerosos criterios que debe acreditar el combustible que se carga en cada posición de un contenedor.