

El proyecto de construcción de la central nuclear de Flamanville 3. La participación de Iberdrola Ingeniería y Construcción

J.I. Díaz Prada y B. Cubián

Iberdrola Ingeniería y Construcción (IIC) lidera varios proyectos mini EPC para el EPR de Flamanville 3, para el suministro de componentes importantes para la seguridad y sistemas auxiliares en la casa de bombas y en la isla de turbina. La realización de este nuevo proyecto nuclear ha sido un reto desde el punto de vista técnico y organizativo debido a que la planta es la primera de la nueva serie EPR de 1700 MWe (tête de serie) en un entorno fuertemente restrictivo debido a la gran cantidad de exigencias particulares del cliente final y del escaso grado de avance del diseño a la fecha del inicio de la construcción.

Iberdrola Engineering and Construction (IIC) leads several projects mini EPC for the EPR Flamanville 3 NPP for providing important for safety components and auxiliary systems in the pump house and in the turbine island.

The realization of this new nuclear project has been a challenge from the technical and organizational perspective because the plant is the first of the new nuclear station (FOAKE) type EPR 1700 MWe series in a highly restrictive environment due to the large number of particular requirements from the final customer and the meager degree of progress of the design to the date of commencement of construction.

INTRODUCCIÓN

Iberdrola Ingeniería y Construcción (IIC) lidera varias UTE con otras empresas españolas para proporcionar los servicios requeridos por el cliente EDF en el entorno del proyecto Flamanville 3 (FLA3). Iberdrola Ingeniería participa desde hace seis años en el desarrollo e implementación de cinco proyectos mini-EPC en el Proyecto EPR-FLA3, tanto en la isla nuclear como en la estación de bombeo.

En concreto IIC junto con ENSA, suministra 21 intercambiadores de calor de carcasa y tubos para los sistemas de seguridad de la isla nuclear. Estos equipos calificados como Importantes para la Seguridad se han diseñado y fabricado conforme a los más altos estándares de calidad y normativos, respetando tanto los criterios del código ASME como del decreto relativo a los equipos a

presión para instalaciones nucleares francesas.

Para los sistemas de la isla nuclear se han suministrado adicionalmente nueve desmineralizadores que completan la función de depuración del agua de diferentes sistemas de salvaguardia.

En la estación de bombeo y conjuntamente con la empresa Tarnos, IIC ha suministrado los equipos de filtración por cadenas, rejillas fijas, limpiarrejillas y los sistemas auxiliares asociados a los mismos necesarios para el correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad de la central. Estos sistemas tienen la particularidad de que tienen que ser capaces de funcionar durante y después de un impacto de avión sobre el edificio.

Adicionalmente, y junto con la empresa Deisa se desarrollan dos proyectos para el tratamiento de agua: una planta de electrocloración a par-



JOSÉ IGNACIO DÍAZ PRADA

es doctorado en Ciencias Químicas, Especialidad Metalurgia, por la Universidad Complutense de Madrid. Actualmente director de Proyecto FLA3 en Iberdrola Ingeniería y Construcción, y con más de 18 años de experiencia en el campo nuclear.



BEGOÑA CUBIÁN MARTÍNEZ

es ingeniero industrial ETSIM UPM. Especialidad Técnicas Energéticas. Actualmente es jefe de Proyecto FLA3 en IIC y con más de 15 años de experiencia en el campo nuclear.

tir del agua de mar para la protección de las tuberías de los sistemas importantes para la seguridad de la casa de bombas y una planta para la purificación del agua de condensado, que permite una reducción de 3-4 días el tiempo global de la recarga *breaker to breaker*.

Del conjunto de los proyectos adjudicados a Iberdrola Ingeniería en la isla nuclear: cambiadores de calor, sistemas de limpieza de bolas, y desmineralizadores de los sistemas de seguridad, el 95 % de los trabajos se encuentra ya realizado.



Figura 1. Vista general de la Casa de Bombas de Flamanville 3.



Figura 2. Introducción de los intercambiadores EVU40 en el edificio de Salvaguardias BAS2.



Figura 4. Introducción de los desmineralizadores APG en el edificio de auxiliares nucleares BAN.

De los proyectos en la isla de turbina y en la estación de bombeo: equipos de filtración de agua de los sistemas de emergencia, planta de electrocloración y planta de purificación de agua de arranque, el avance es del 90 %

La Unidad 3 de Flamanville tiene prevista su puesta en marcha en 2016.

RETOS INDUSTRIALES

Los retos más importantes a los que se han visto sometidas las empresas participantes en el proyecto han sido los siguientes:

- Ingeniería no consolidada, con cambios permanentes del cliente.
- Cadena de suministro y nuevas exigencias técnicas.



Figura 3. Introducción de los intercambiadores EVU20 en el edificio de Salvaguardias BAS1.

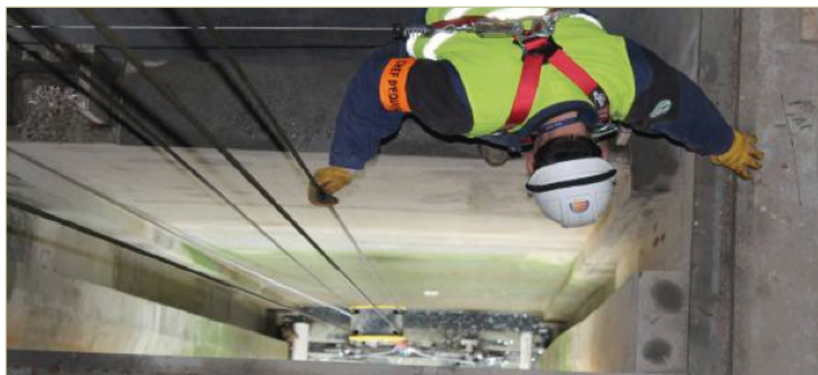


Figura 5. Pruebas de las compuertas del circuito de descarga de condensado.

Ingeniería no consolidada

Es una realidad que a la fecha de inicio de los proyectos, la ingeniería básica de la planta no estaba suficientemente desarrollada. Por lo tanto, el diseño básico inicial entregado a los suministradores no estaba finalizado completamente, sobre todo en lo relativo a las interfaces, lo que ha conllevado la realización de múltiples cambios de ingeniería no previstos inicialmente.

Debido a la complejidad que supone la realización de un proyecto energético de esta naturaleza, el efecto negativo de las modificaciones de diseño es casi siempre subestimado. Un proyecto es un sistema complejo con actividades altamente interrelacionadas, y es a menudo muy difícil visualizar el impacto que tiene una modificación por aparentemente pequeña que sea en todo el sistema. Concorre además la circunstancia de que los contratistas no muestran la suficiente oposición a la aceptación de estas modificaciones porque piensan que son un vehículo para la recuperación de márgenes

degradados, cosa que rara vez sucede.

Estas modificaciones han provocado además un alargamiento no previsto de las actividades del proyecto, sobre todo en las etapas iniciales de concepción, que han afectado gravemente al resto de las actividades a ella encadenadas.

Siendo los contratistas responsables de la realización de la ingeniería de detalle, el proceso de validación de dicha ingeniería ha sido un proceso muy laborioso con múltiples iteraciones cliente-suministrador que finalmente han redundado en unos tiempos de validación no previstos, y un calendario real del proyecto muy alejado del inicialmente previsto.

Cadena de suministro

Nuevas exigencias técnicas, y normativas. Los nuevos proyectos nucleares se separan enormemente de los trabajos normales que se ejecutan en la industria debido a la gran cantidad de exigencias particulares que forman los requisitos del cliente, que



Figura 6. Introducción de la cabeza del filtro de cadenas del tren de salvaguardas 1.

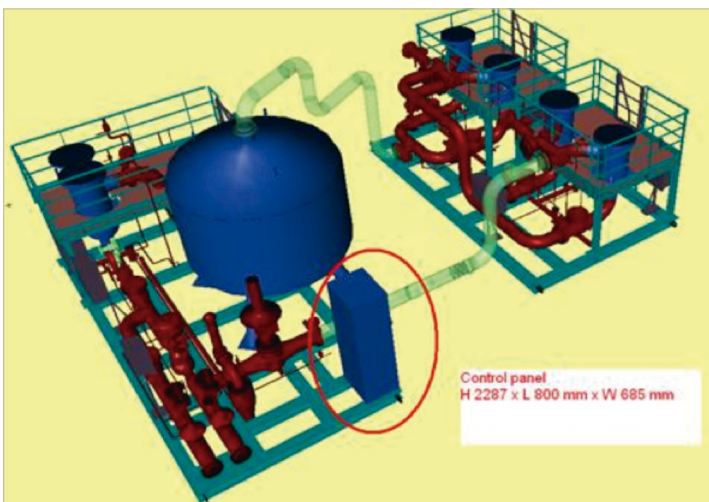


Figura 7. Visión 3D de la planta de tratamiento de condensado del sistema ATD-UTC.



Figura 8. Extractores de hidrógeno de la planta de electrocloración sistema CTE.

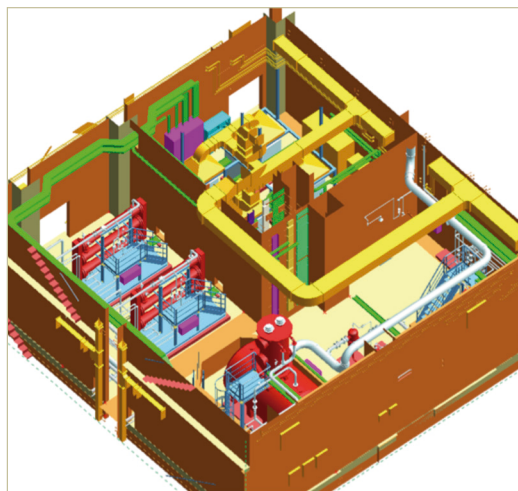


Figura 7. Visión 3D de la planta de tratamiento de condensado del sistema ATD-UTC.

son fruto del retorno de experiencia de EDF como explotador de un parque de 53 reactores desde hace más de 30 años.

A diferencia de los nuevos proyectos nucleares, la mayoría de las actividades industriales responden a una normalización y estandarización que deviene en rutina. IIC ha utilizado la cadena de suministro con experiencia nuclear doméstica habitual para el EPR de Flamanville 3 pero debido al largo tiempo transcurrido entre la finalización de la última central nuclear occidental y el EPR de FLA3, la industria ha abandonado el dominio de los estándares nucleares por falta de mercado lo que ha conllevado que, para abordar este proyecto, la cadena de suministro ha debido reorganizarse para poder dar respuesta a las exigencias finales de un proyecto de esta naturaleza.

Ello ha conllevado un gran esfuerzo tanto desde el punto de vista de los

equipos humanos, incorporando nuevos recursos, como de su organización, con el fin de adaptar los recursos existentes a las exigencias del proyecto.

Ha sido por ello necesario realizar un importante trabajo de acompañamiento de los suministradores para que integren dichas exigencias en sus procesos de diseño y fabricación, de modo que los suministros respondan a las exigencias cliente.

Adicionalmente, IIC también ha realizado un importante esfuerzo en el campo de la garantía de calidad, de modo que todos los suministradores puedan entregar dossiers finales de calidad conformes, asegurando la completa trazabilidad del respeto de todas las exigencias durante la fabricación.

CONCLUSIÓN

En conclusión, podríamos establecer que dos de las condiciones para ase-

gurar el éxito de los nuevos proyectos nucleares son:

- el diseño de la planta debe ser lo suficientemente maduro antes del inicio de las actividades de construcción. Esto significa que consideramos que es de capital importancia que el diseño, incluyendo la ingeniería de detalle debe estar suficientemente avanzado y validado, restando únicamente por resolver la ingeniería de detalle afectada por los suministros finalmente contratados y la resolución de las interfaces entre los diferentes suministros.
- una vez que el diseño está bien definido, la cadena de suministro se vuelve crítica en el sentido de que afecta al presupuesto y el cronograma del proyecto, por lo que es necesario tener una cadena de suministro cualificada y entrenada en el respeto de las exigencias de un proyecto nuclear. ■

Suministro de equipos y repuestos. Materiales de grado comercial dedicados. Otros servicios

D. Perdices y E. Pérez Medina

Se describe la actuación de Tecnatom como agente de compras y gestor de fabricación para el suministro de materiales, equipos y componentes para las centrales nucleares españolas. Se ha hecho una mención especial al suministro de componentes de grado comercial dedicado, donde la figura de gestor de fabricación se complementa con su Servicio de Ingeniería y sus laboratorios de Ensayo, simplificando el proceso de control del suministro con total garantía.

The following article describes the courses of action of Tecnatom as Procurement Agent and Manufacturing Manager for the supply of materials, equipment and components for the Spanish Nuclear Power Plants. We have devoted a special mention to the supply of dedicated commercial grade items (CGI), bringing together the services of Manufacturing Manager, Engineering service and testing facilities, simplifying the control of the supply chain with total warranty.

INTRODUCCIÓN

La tendencia, a nivel general, de incrementar la vida útil de las centrales nucleares hasta los 60 años o más, conlleva la necesidad de implantar programas de gestión de vida que permitan asegurar la fiabilidad de la operación a largo plazo de las plantas, mediante una creciente inversión en el mantenimiento, la actualización tecnológica o el refuerzo de la seguridad.

En este contexto, es habitual que existan equipos instalados que lleguen al final de su vida de instalación antes del final de la vida útil de la planta y deban ser reemplazados. Esto ocasiona, en numerosas situaciones, dificultad para encontrar en el mercado los equipos y piezas de repuesto originales, muchas veces obsoletos, surgiendo la necesidad de reemplazar estos equipos por otros alternativos con similares o mejores características.

Esta problemática es abordada en Tecnatom por el Área de Repuestos, que se encuentra encuadrada dentro de la División de Ingeniería de Componentes, mediante su actuación como agente de compras y gestor de fabricación. Las actividades ligadas a ambas actuaciones son sistemáticamente auditadas por el Grupo de Propietarios de las Centrales Nucleares Españolas (GES), con resultados satisfactorios.

La consolidación del Área de Repuestos se alcanza en 2004, año en el que Tecnatom adquiere los derechos de las marcas de válvulas Walthon Weir Pacific y Valcontrol, para poder dar continuidad al servicio de suministro de equipos y piezas de

repuesto de estas marcas al sector eléctrico español. Con el transcurso de los años, esta actividad se ha generalizado al suministro de toda clase de equipos y repuestos, ofreciendo, si es preciso, nuevos equipos de seguridad y repuestos como alternativa a los originales.

Dentro de las actividades del Área de Repuestos se contempla el suministro de equipos y repuestos basado en soluciones alternativas previa caracterización de los mismos por ingeniería inversa y su posterior validación, así como los servicios de reparación de válvulas y motores eléctricos Clase 1E.

Para optimizar la disponibilidad de los repuestos, otro servicio que presta Tecnatom es la gestión de los almacenes de la plantas. Se define y desarrolla toda la política de gestión del almacén, desde la elaboración de manuales y procedimientos específicos, hasta su integración en el sistema de gestión corporativo de la compañía, partiendo de la toma y estudio de los datos disponibles iniciales. Una de las primeras experiencias en esta área fue el proyecto para el intercambio de activos de repuestos comunes de reposición, inventariados en los almacenes de las centrales nucleares españolas. Tecnatom también participó en la venta de activos de la central nuclear José Cabrera, tras su clausura.

El servicio de gestión de almacenes ha sido implantado, con éxito, en las centrales térmicas de ciclo combinado de San Roque, Besós, Tarragona y en



DAVID PERDICES SÁNCHEZ

es ingeniero técnico industrial mecánico, ingeniero de Materiales y máster en Gestión de Calidad Total por la Universidad Politécnica de Madrid. Ha desarrollado su actividad profesional en SGS Tecnos como coordinador de inspección y activación para los suministros de las plantas de regasificación de Enagas, y en Tecnatom como ingeniero de inspección y técnico de repuestos para los suministros de las centrales nucleares españolas.



EMILIO PÉREZ MEDINA

es ingeniero aeronáutico. En la actualidad, adscrito a la Organización de Calificación, de Tecnatom, donde realiza actividades de ingeniería y ensayos en procesos de calificación y dedicación".

las centrales termosolares Termosol I y II donde se hizo necesario el análisis de consumos, definición de niveles de stock, normalización de materiales, agrupaciones por familias, clasificación de los repuestos como genéricos, específicos o estratégicos, así como el control del inventario. Así mismo, se puede contemplar el estudio de la gestión de almacenes virtuales, reguladores y compartidos.

TECNATOM COMO AGENTES DE COMPRAS Y GESTOR DE FABRICACIÓN

La actuación como agente de compras, se circunscribe al suministro de materiales, equipos o componentes relacionados con la seguridad con destino a las centrales nucleares españolas, actuando como enlace comercial entre el propietario de la central y los suministradores y/o fabricantes, pudiendo incluir el almacenamiento, sin que exista ningún tipo de actuación sobre los equipos y componentes a suministrar.

Ha de asegurarse que los fabricantes y/o suministradores estén homologados por el Grupo de Evaluación de Suministradores (GES) o por la central que corresponda para los elementos que se solicitan, y en caso contrario notificarlo expresamente, solicitando del cliente la aceptación al fabricante y/o suministrador propuesto.

Las actividades que se realizan como agente de compras son, entre otras, las siguientes:

- Revisión técnica y de calidad de la petición de oferta del cliente y de la oferta del suministrador.
- Selección, de entre los suministradores aprobados por el cliente, el más adecuado para realizar el suministro.
- Transmitir al suministrador los requisitos del pedido.
- Controlar el proceso de suministro, comprobar el cumplimiento de los requisitos requeridos y gestionar las incidencias que puedan presentarse durante el proceso y las desviaciones surgidas.
- Aceptar el suministro.
- Controlar la expedición del suministro.

Cuando se actúa como gestor de fabricación de equipos y repuestos relacionados con la seguridad de las centrales nucleares, el equipo o componente proviene de un fabricante o suministrador que no está homologado por el GES, o que no dispone de un sistema de calidad basado en normativa nuclear. En fase de oferta y en los casos que procedan, se presenta al cliente las actuaciones previstas para su aprobación o comentarios.

Las actividades que se realizan como gestor de fabricación son, entre otras, las siguientes:

- Selección del fabricante/suministrador, que deberá estar homologado e incluido en la Lista de Suministradores Aprobados de Tecnatom (LSA) aprobados de Tecnatom, llevando a cabo las evaluaciones de las empresas subcontratadas para la fabricación de equipos o repuestos.
- Analizar los requisitos técnicos y de calidad del componente o equipo.
- Establecer y llevar a cabo la supervisión del proceso de acopio de materiales y fabricación.
- A criterio del cliente, se podrá aprobar un Programa de Puntos de Inspección (PPI) o un plan de calidad específico en aquellos casos en los que se establezca que el sistema de calidad del fabricante no se considere suficiente, para asegurar la calidad requerida para los equipos o repuestos objeto de la fabricación.
- Definir el proceso de dedicación del componente grado comercial, cuando

do vaya a ser utilizado como componente relacionado con la seguridad.

- Coordinar las intervenciones de las agencias de inspección del cliente, notificando posibles desviaciones.
- Elaborar el dossier de calidad del suministro.

SUMINISTRO DE COMPONENTES DE GRADO COMERCIAL DEDICADOS

Dentro del apartado de los suministros, merece una mención especial por su creciente demanda, el suministro de componentes de grado comercial dedicados. La Dedicación es un proceso aceptable para asegurar que un componente de grado comercial pueda ser usado como componente básico y realizar las funciones de seguridad que tiene asociada, siendo considerado como un componente equivalente a los fabricados con un programa de calidad recogido en el 10 CFR 50 Apéndice B.

La necesidad de recurrir a la dedicación de componentes de grado comercial surge como necesidad, tras al abandono de las líneas de fabricación nuclear por parte de muchos fabricantes, debido, en parte a los altos costes de mantenimiento de estas líneas de suministro y al escaso mercado tras la disminución de las inversiones para la construcción de nuevas instalaciones nucleares a partir de los años 80.

En el ámbito del suministro de equipos y repuestos dedicados es donde Tecnatom combina su función de suministrador con sus servicios de ingeniería y de laboratorio de ensayos, estando estas actividades encuadradas en las áreas de Repuestos y de Calificación, respectivamente.

El Área de Calificación desarrolla desde hace más de 30 años actividades relacionadas con la calificación y ensayos diversos de calificación y verificación de equipos y componen-

tes. Esta área se encuentra encuadrada, al igual que la de Repuestos, en la División de Ingeniería de Componentes y sus actividades de Calificación y Dedicación también están homologadas por el Grupo de Evaluación de Suministradores (GES). Además, las actividades de Calificación en relación con el cumplimiento con el Apéndice B del 10 CFR 50 han sido auditadas por clientes internacionales satisfactoriamente.

Las actividades de Tecnatom en el Área de la Dedicación de Equipos y Componentes, comienza a principio de los años 90, con la dedicación y calificación de equipos eléctricos para su uso en los centros de control de motores de la Unidad II de Laguna Verde (México), y en España con la homologación (por aquel entonces no se le llamó Dedicación) ambiental de grasas Repsol para centrales BWR y PWR.

Actualmente las actividades de Tecnatom en el Área de la Dedicación se enmarcan en tres grandes grupos:

- Dedicación de equipos y componentes para centrales nucleares.
- Dedicación de equipos y componentes para fabricantes y suministradores.
- Dedicación de equipos y componentes para las salas de control suministradas por Tecnatom para centrales nucleares chinas (Figura 1).

Tecnatom realiza las actividades de Dedicación de acuerdo con lo establecido en la Guía de Seguridad 10.8, Rev. 1, del CSN. *Garantía de Calidad para la gestión de elementos y servicios para las instalaciones nucleares*, que indica que se considera que el informe UNE 73-104-94, *Guía para la dedicación de componentes de grado comercial en centrales nucleares*, establece adecuadamente la metodología y los criterios a seguir en la utilización de componentes de calidad comercial en las aplicaciones relacionadas con la seguridad en centrales nucleares. Igualmente establece como

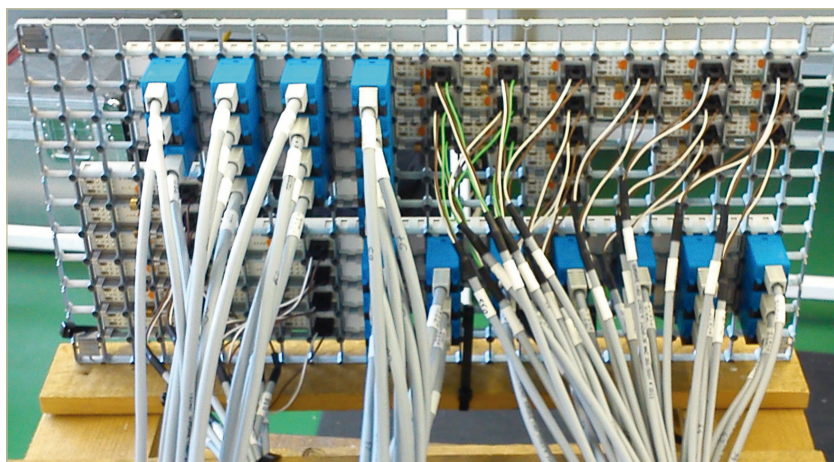


Figura 1. Dedicación de componentes para salas de control chinas.

alternativa aceptable seguir lo indicado en EPRI-5652, *Guideline for the utilization of commercial grade items in nuclear safety related applications*.

Igualmente, las actividades de Dedicación realizadas por Tecnatom, se ajustan a lo establecido en el requisito nº 7 de ASME NQA-1 2008, *Quality assurance requirements for nuclear facility applications*.

Desde principios de los años 90 Tecnatom ha participado en los grupos de trabajo de elaboración de las normas UNE relativas a Calificación y Dedicación y en los grupos de trabajo de la Sociedad Nuclear Española en la elaboración de guías de aplicación para definir los criterios para la utilización de componentes comerciales en aplicaciones relacionadas con la seguridad en centrales nucleares.

El Área de Calificación de Tecnatom dispone de medios de ensayo necesarios para realizar los ensayos ambientales, mecánicos, eléctricos y funcionales de los procesos de calificación y dedicación. Estos medios están encuadrados en el Laboratorio de Ensayo de Ingeniería de Equipos (LEIE), donde está ubicada la instalación de ensayos de simulación de accidentes (cámara LOCA - Loss Of Coolant Accident) (Figura 2), certificada por ENAC y capaz de reproducir con gran precisión transitorios de temperatura y presión.

Cuando se hace necesario recurrir a medios externos a la empresa para la realización de ensayos/análisis, Tecnatom recurre a laboratorios de ensayos y suministradores nacionales acreditados y con los que existe una amplia experiencia de colaboración. Estas entidades deben estar incluidas en la LSA. Entre las principales entidades que colaboran con Tecnatom en la realización de ensayos cabe destacar: Virlab, Cie-mat, INTA, LCOE, Applus y SCI.

Las funciones de Tecnatom como gestor de fabricación y como ingeniería de dedicación de componentes de grado comercial, ofrecen la posibilidad de realizar el suministro de componentes dedicados.

Básicamente, el proceso se compone de las siguientes fases:

- Análisis de la solicitud de oferta del cliente, desde los puntos de vista técnico y de calidad.
- Selección de los posibles suministradores del equipo o componente, pertenecientes a la LSA de Tecnatom, que ofrezca la mejor solución económica y técnica para el suministro.
- Valoración técnico-económica y presentación de la oferta al cliente tras las oportunas aclaraciones técnicas, incluyendo la propuesta de Dedicación (identificación de características

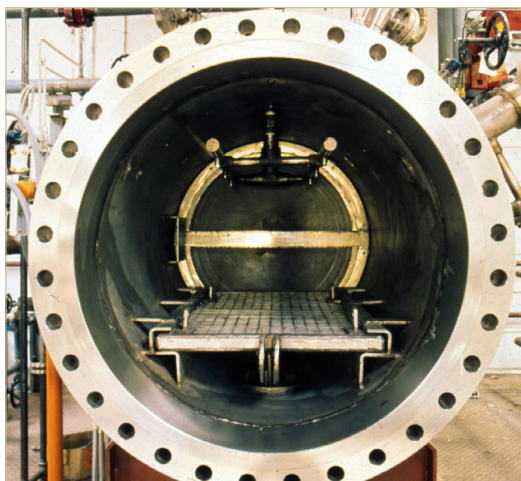


Figura 2. Cámara LOCA de simulación de accidente.

críticas del equipo o componente, método de dedicación seleccionado, análisis, ensayos o pruebas a realizar, nº de muestras a ensayar (si aplica)).

- Tras la adjudicación y aceptación del pedido, establecimiento del Plan de Dedicación, que debe ser aprobado por el cliente.
- Seguimiento del suministro o fabricación del equipo o componente, controlando el proceso mediante *survey*, auditoría, o programa de puntos de inspección.
- Recepción del equipo o componente y de la documentación soporte del mismo.
- Proceso de aceptación de la dedicación mediante el método seleccionado. La aceptación mediante ensayos o pruebas requiere la aprobación por el cliente de los procedimientos o instrucciones técnicas a utilizar y que las actividades que se realicen en instalaciones externas a Tecnatom lo sean en instalaciones acreditadas ENAC u homologadas por Tecnatom (LSA).
- Elaboración del dossier de calidad del suministro, del que formará parte la autorización de envío del cliente y toda la documentación soporte del suministro, incluyendo la documentación de dedicación, las desviaciones al proceso y las justificaciones pertinentes.

La experiencia de Tecnatom refleja que la dedicación tiene su máxima incidencia en componentes de peque-

ño tamaño, grandes lotes, y ubicaciones en áreas de ambiente suave (*mild*), con amplio espectro de aplicaciones, tanto mecánicas (correas, poleas, acoplamientos, rodamientos, juntas elastoméricas), eléctricas (bornas, fusibles (Figura 3), relés, contactores, resistencias, escobillas) o electrónicas (condensadores, potenciómetros, microrelés) así como equipos o componentes de mayor entidad como motores, válvulas, bancos de resistencias y actuadores.

En cuanto a las condiciones ambientales a las que pueden estar sometidos los equipos y componentes, también se realizan procesos de dedicación en ambientes severos (*harsh*), que pueden llevar implícita la realización de un proceso completo de ensayos de calificación sísmico-ambiental.

Un problema asociado al suministro de equipos y componentes y a los procesos de dedicación, es la presencia, cada vez más frecuente en el mercado, de suministros fraudulentos (falsificados, fraudulentos o por debajo de los estándares). Una primera barrera frente al fraude es el suministro por parte de entidades incluidas en las Listas de Suministradores Aprobados de las centrales o de Tecnatom, cuyo proceso de adquisición de los equipos y componentes, ha sido aprobado por el cliente o por Tecnatom.

Las ventajas asociadas al proceso de suministro integral de componentes de grado comercial dedicados, vienen dadas principalmente por la simplificación del proceso de control del suministro y del proceso de dedicación, que salvo en la realización de algún ensayo muy específico, puede llevarse a cabo, mayoritariamente, en las instalaciones de Tecnatom.

Tecnatom ha implementado acciones encaminadas a aumentar la disponibilidad de suministro de equipos y repuestos, mediante suministros originales u ofreciendo soluciones alternativas, o mediante la reparación o actualización de los equipos instalados, ofreciendo hasta la fecha resultados técnicos y económicos satisfactorios para las plantas. ■

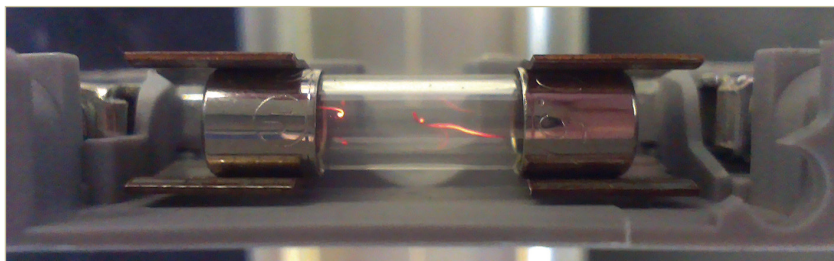


Figura 3. Ensayo de sobreintensidad de fusible.