

Almacenamiento de combustible

C. Palacios y A. Álvarez-Miranda

ENSA es un fabricante de reconocido prestigio de componentes primarios multisistema para la industria nuclear, estando totalmente preparado para satisfacer las futuras necesidades del mercado en este sector.

A la vez que ENSA ha ido ganando una reputación mundial en el suministro de componentes primarios, ha ido reforzando su compromiso y experiencia en el suministro de componentes de combustible gastado, tanto en los bastidores de piscina como los contenedores de almacenamiento y transporte, ofreciendo no sólo la fabricación, sino también las capacidades de diseño de sus productos.

ENSA ha suministrado bastidores para las piscinas de combustible gastado en España, Finlandia, Taiwán, Corea y China, y recientemente ha solicitado, junto con GE-Hitachi, el licenciamiento de su propio diseño de bastidor en Estados Unidos para el ESBWR. ENSA ha suministrado bastidores para 20 piscinas y 22 reactores diferentes y ha fabricado bastidores bajo todas las tecnologías disponibles, y ha desarrollado un diseño conocido como "Interlock Cell Matrix", cuyas características principales están resumidas en el presente artículo. Otro logro de ENSA en la tecnología de bastidores consiste en la utilización del control remoto para las actividades de re-racking en lugar de buceadores, lo que permite mejorar los requisitos ALARA.

En cuanto a los contenedores de almacenamiento y transporte, ENSA también ocupa una posición dominante a nivel mundial, prevaleciendo las exportaciones sobre el mercado español, donde ENSA ha suministrado a la central nuclear española de Trillo 16 contenedores de almacenamiento y transporte. En algunos casos, ENSA actúa como subcontratista para otros clientes. Los mercados extranjeros siguen constituyendo un gran reto para ENSA. ENSA es reconocido por sus capacidades de fabricación en la industria nuclear, pero también ha estado siempre involucrado en las actividades de diseño a través de su división de ingeniería en la cual se realizan tareas diferentes: diseño de componentes; Diseño de Máquinas Herramienta; Ingeniería y Documentación; Ingeniería de Proyectos; Ingeniería de Cálculos, Diseño y Desarrollo.

ENSA is a well known manufacturer of multi-system primary components for the nuclear industry and is totally prepared to satisfy future market requirements in this industry.

At the same time that ENSA has been gaining a reputation worldwide for the supply of primary components, has been strengthening its commitment and experience in supplying spent fuel components, either pool racks or storage and transportation casks, and offers not only fabrication but also design capabilities for its products.

ENSA has supplied Spent Fuel Pool Racks in Spain, Finland, Taiwan, Korea, China, and currently it is in the process of licensing its own rack design in the United States of America for the ESBWR along with GE-Hitachi. ENSA has supplied racks for 20 pools and 22 different reactors and it has also manufactured racks under all available technologies and developed a design known as "Interlock Cell Matrix" whose main features are outlined in this article.

Another ENSA achievement in rack technology is the use of remote control for re-racking activities instead of using divers, which improves the ALARA requirements.

Regarding casks for storage and transportation, ENSA also has a leading worldwide position, with exports prevailing over the Spanish market where ENSA has supplied 16 storage & transportation casks to the Spanish nuclear power plant Trillo. In some cases, ENSA acts as subcontractor for other clients. Foreign markets are still a major challenge for ENSA.

ENSA is well known for its manufacturing capabilities in the nuclear industry, but has been always involved in design activities through its engineering division, which carries out different tasks: Components Design; Tooling Design; Engineering and Documentation; Project Engineering; Calculations, Design and Development Engineering.



CARMELO PALACIOS,

es director de Desarrollo de Negocios de ENSA. Ingeniero superior industrial por la Universidad Politécnica de Madrid y licenciado en Ciencias Económicas por la Universidad Complutense de Madrid. Durante su carrera, fundamentalmente en ENSA, ha adquirido gran experiencia en la industria y en el comercio y relaciones internacionales, fundamentalmente para la industria energética nuclear en los países desarrollados, en especial los EE.UU. y en Asia (Japón, Corea y China) y también en Rusia y Ucrania.



ALFONSO ÁLVAREZ-MIRANDA,

es ingeniero de Minas por la Universidad de Madrid.

Se incorporó en ENSA en 1975, en el área de fabricación con responsabilidades en Ingeniería de Métodos y Procesos. Años más tarde, asumió la responsabilidad del Taller de Componentes Nucleares, trabajando con Generadores de Vapor, Presionadores, Vasijas de Presión de Reactor y los Internals de las Vasijas.

En 1989, fue nombrado responsable en la Oficina Técnica de la División de Ingeniería, donde constituyó el Grupo de I+D. En 2004, fue designado responsable de Ingeniería de I+D en la División de Tecnología, y dos años más tarde, asumió la dirección de la División de Ingeniería.

En 2007, era director en la División de Ingeniería y Tecnología, y desde agosto de 2009, director de Proyectos de Cliente.

HISTORIA Y REFERENCIAS

ENSA está reconocida como uno de los más importantes fabricantes multisistema de componentes primarios para centrales nucleares, y se encuentra totalmente preparada para participar en la fabricación de los componentes primarios de las futuras centrales nucleares

del tipo que el mercado y la demanda requieran.

Al mismo tiempo que ha adquirido este reconocimiento mundial para el suministro de los componentes primarios, ENSA ha ido fortaleciendo su compromiso y experiencia en el suministro de componentes para almacenamiento de combustible gastado, ya sean bastidores

para piscinas o contenedores de almacenamiento y/o transporte, donde además de fabricante está demostrado sus capacidades de diseñador ofertando y fabricando sus propios diseños.

En lo que respecta a los bastidores de almacenamiento en piscinas, ENSA ha suministrado estos equipos en España, Finlandia, Taiwán, Corea, China y

CLASIFICACIÓN DE LAS CENTRALES NUCLEARES EN LAS QUE ENSA HA SUMINISTRADO LOS RACKS DE ACUERDO CON LA TECNOLOGÍA USADA						
TECNOLOGÍA	VENENO	MATERIAL ESTRUCTURAL	CENTRALES EN LAS QUE ENSA HA PARTICIPADO	NOTAS	DISEÑO DE ENSA	INSTALACIÓN DE RACKS (6)
Solución inicial	BORAFLEX	ACERO INOXIDALBE	Vandellós II. Racks iniciales Sizewell B. (Racks iniciales)	(5)(7) (7)		
SOLUCIÓN CON BORAL (Origen de los EEUU)	BORAL	STAINLESS STEEL	Lungmen		SI	
			Kuosheng 1. Piscina norte		SI	SI
			Kuosheng 2. Piscina sur		SI	SI
			Kuosheng 1. Piscina norte		SI	SI
			Kuosheng 2. Piscina sur		SI	SI
SOLUCIÓN TRADICIONAL ALEMANA, ESPAÑOLA, JAPONESA Y OTROS	ACERO INOXIDALBE BORADO SOLDADO. SOLDADURA DE LOS TUBOS EN LAS ESQUINAS		Trillo I. Racks iniciales (6)	(8)		
			Almaraz 1	(8)		SI
			Almaraz 2	(8)		SI
			Ascó 1	(8)		SI
			Ascó 2	(8)		SI
			Kori 3 (Korea)	(8)		
			KKP2 (Germany)	(8)		
			Trillo	(8)		SI
			Vandellós II	(8)		SI
			Garoña	(8)		SI
			Garoña	(8)		SI
			Zorita	(8)		
Ascó 1 & 2. Combustible fresco		SI				
SOLUCIÓN COMBINADA	ACERO INOX. BORADO	ACERO INOX.	Koeberg NPP (South Africa)	(8)		
SOLUCIÓN CON REJILLAS Y TUBOS	ACERO INOX. BORADO	ACERO INOX.	Yonggwang 3. Región 1		SI	SI (1)
			Yonggwang 4. Región 1		SI	SI (1)
ACERO INOXIDABLE NO BORADO. SISTEMA INTERLOCK CELL MATRIX PATENTADO POR ENSA	ACERO INOXIDABLE BORADO NO SOLDADO		Okiluoto (Finland)		SI	SI (1)
			Yonggwang 3. Región 2		SI	SI (1)
			Yonggwang 4. Región 2		SI	SI (1)
			Ling Ao 3. Región 2		SI	
			Ling Ao 4. Región 2		SI	
			ESBWR	(3)	SI	
			Cofrentes		SI	SI (4)
TOTAL		Piscinas CNs	29 22		19 14	

Tabla 1.

recientemente se está licenciando en los Estados Unidos, con GE-Hitachi, los bastidores de almacenamiento de elementos combustibles gastados para el reactor ESBWR. Actualmente se está trabajando en la oferta de otros proyectos internacionales, que no serán fáciles de conseguir, dado la peculiaridad de cada mercado, en especial la tendencia de muchos de ellos, y no solo los emergentes, a la localización y a la protección encubierta de los suministradores locales por medio de requerimientos “técnicos” y de de idioma, entre los mas significativos.

Como se puede ver en la tabla 1, ENSA ha suministrado bastidores para elementos combustibles gastado para 29 piscinas en 22 reactores distintos, de las cuales 9 son en España y 13 son en el mercado internacional.

ENSA ha fabricado la mayoría (véase la misma tabla) de las tecnologías de bastidores que existen en el mercado y actualmente tiene patentado, en la mayoría de los países, un diseño llamado “Interlock Cell Matrix”, cuyas caracte-

rísticas constructivas fundamentales se muestran en la figura 1.

ENSA inició el suministro de bastidores al principio de la década de los 90 del siglo pasado, siendo su destino las centrales nucleares españolas. Se contó con la ventaja de un entorno industrial local favorable y en concreto con la colaboración de ENRESA que apostó por ENSA. Sin esta base local y sin el apoyo de ENRESA, hubiera sido imposible el gran éxito que ENSA ha obtenido al suministrar los bastidores para 13 centrales nucleares fuera de España, nueve de las cuales con tecnología propia.

Una vez más se demuestra que es imprescindible la necesidad de una amplia industria interior para poder estar preparado para ser competitivo en el mercado internacional.

Queremos hacer también una breve reseña, por su importancia y peso específico en la oferta de servicios de ENSA, a la tecnología que hemos desarrollado para el montaje de los bastidores cuando se requiere un cambio (re-racking) de los mis-

mos, en el caso de piscinas de centrales que están en operación. ENSA, de forma distinta a otros suministradores, fundamentalmente en los Estados Unidos, ha desarrollado una tecnología que realiza la instalación por medio de control remoto sin necesidad de usar submarinistas como hacen nuestros competidores. Esto permite que la dosis sea menos de la mitad que con submarinistas.

ENSA además de haber usado esta tecnología en nueve unidades en España ha exportado esta tecnología y la ha usado en cinco unidades fuera de España y estamos trabajando para seguir exportando esta probada y exitosa tecnología de instalación. Pero una vez más, existen dificultades debido a las barreras de todo tipo, incluidas las “técnicas”, laborales y de idioma, que nos encontramos en muchos, y no solo en los emergentes, de los países destinatarios.

En cuanto a los contenedores para almacenamiento, transporte, o duales (almacenamiento y transporte), ENSA tiene experiencia de exportación como

fabricante subcontratista de otros suministradores. En la tabla adjunta puede verse la experiencia de ENSA, marcados en rojo, aquellas referencias que son de exportación.

Como se puede ver predomina el mercado de exportación sobre el local, exceptuando el suministro que ENSA está realizando para ENRESA/CNAT del contenedor DPT de almacenamiento y transporte para la central nuclear de Trillo, donde se han cargado ya 16 de estos contenedores y se están fabricando seis nuevos contenedores para ser cargados en 2009, 2010 y 2011.

El mercado futuro de exportación de contenedores presenta grandes retos para ENSA. En los Estados Unidos el mercado, en donde más de 50 centrales disponen ya de un ATI en funcionamiento y compran más de 70 unidades por año, ha evolucionado a contenedores de hormigón -exceptuando la central de Peach Bottom que sigue acopiando contenedores metálicos-, en donde ENSA no dispone de tecnología propia y por lo tanto solo puede aspirar a ser subcontratista. Sin embargo, uno de los suministradores, que acumula alrededor del 50% del mercado, tiene fabricación propia y esto hace muy difícil, por no decir imposible ser su subcontratista. ENSA está realizando importantes esfuerzos para suministrar como subcontratista al diseñador alternativo AREVA/TN los canisters que necesita y al que se ha suministrado hace algunos años varios canisters del sistema Nuhoms como se puede ver en la tabla 2.

En cuanto a la central de Peach Bottom, ENSA fue adjudicataria en 2007 del suministro a AREVA/TN de 20 contenedores tipo TN68, para entregar desde 2009 a 2012: los tres primeros contenedores se han entregado en marzo de 2009 y los cinco siguientes se entregarán a finales de octubre del mismo año.

En Europa, exceptuando España y Ucrania, se sigue acopiando contenedores metálicos, pero la exportación para ENSA de un contenedor moderno para combustible PWR está siendo difícil por no contar aún con un diseño actualizado de un contenedor para este tipo de combustible. A esto hay que añadir que la participación como subcontratista es complicada debido a las diferentes alianzas que existen dentro de Europa.

En Japón, ENSA ha participado con Hitachi en el desarrollo de un diseño de un contenedor para combustible BWR.

El desarrollo ha sido exitoso y TEPCO ha adjudicado a Hitachi el suministro de 50 contenedores desde 2011 hasta el 2020. ENSA e Hitachi están acordando en estos momentos la participación de cada uno en este proyecto. El resto de los contenedores adjudicados por TEPCO para satisfacer sus necesidades han sido también a proveedores japoneses.

En España, que podría ser la base del suministro de un contenedor moderno metálico para combustible PWR, la situación es compleja. Somos el único país de la UE que ha decidido utilizar contenedores de hormigón, en lugar de metálicos, para almacenamiento en un ATI. Primeramente se decidió en Zorita usar contenedores de Hormigón y últimamente en Ascó.

Sin embargo, en estos momentos ENSA está diseñando un contenedor metálico tipo PWR, basado en el contenedor ENSA-Hitachi. Pero solo en el caso de que Trillo necesitara más contenedores metálicos, distintos al DPT, y ENSA fuera el adjudicatario, entonces estaríamos en mejor disposición de suministrar este tipo de contenedores a Europa. El diseño del nuevo contenedor de ENSA para combustible PWR (Cask Universal) se encuentra en un avanzado estado de diseño y se espera someterlo al proceso de licenciamiento del CSN en los primeros meses del próximo año.

CAPACIDADES DE DISEÑO

La faceta más conocida de Equipos Nucleares, por la que más reconocimiento ha tenido y la que más actividad ha generado a lo largo de sus años de actividad, es la de fabricante de componentes primarios para centrales nucleares.

No obstante desde su creación, hace más de 30 años, hubo una apuesta decidida por estar presente de forma significativa en el ámbito del diseño, y por ello desde aquel inicio ya se formó un grupo de Ingeniería de Diseño que hoy sigue vigente con una gran y creciente actividad.

Cuando se habla de Diseño e Ingeniería, en el caso de ENSA es necesario discernir entre dos tipos: Diseño/Ingeniería de Fabricación y Diseño/Ingeniería de Componentes. Ambas actividades, muy ligadas entre sí y enraizadas a su vez con otros núcleos de actividad de ingeniería.

Las capacidades de ENSA en el ámbito de la Ingeniería y Diseño se han centrado, por un lado en desarrollar la ingeniería de fabricación de los componentes nucleares que ha venido fabricando (cuyo diseño ya viene definido por el sistemista); en colaborar con los diferentes sistemistas, bien para realizar una parte del diseño conceptual de esos componentes o bien de otros de similares características; y finalmente en los últimos años se ha dado un salto muy importante para involucrarse directamente en el cálculo y diseño de diversos componentes y en participar en el diseño y desarrollo de nuevos sistemas de generación de vapor.

Para una mejor comprensión de las actividades anteriores quizás sea necesario explicar en detalle como está organizada en ENSA nuestra actividad de Ingeniería y cuales son los cometidos que se realizan.

En el Área de Ingeniería se agrupan las unidades de: Diseño de Componentes, Diseño de Utillajes, Documentación de Ingeniería, Ingeniería de Proyectos, Ingeniería de Desarrollo y Cálculo y Diseño.

El desarrollo del diseño de fabricación y de componentes lo llevan a cabo el primero y último de los grupos citados, estando el resto íntimamente relacionados con ellos ya que de alguna forma participan y colaboran en las actividades de ambos.

Diseño de Componentes

Es la actividad de Ingeniería que más se ha desarrollado y tiene por cometido realizar el diseño de detalle y fabricación de los componentes que se fabrican en nuestro Taller.

Esto conlleva que a partir de un diseño conceptual básico entregado por el sistemista se realizan los planos de detalle para la fabricación de estos equipos, en donde se incorpora algunos as-



Figura 1. Racks para la CN de YongGwang, en Corea. Se muestra la diferencia entre la región I y la región II.

REFERENCIAS DE ENSA EN EL SUMINISTRO DE CONTENEDORES, CÁPSULAS Y BASTIDORES							
PRODUCTO	CLIENTE	CEN. NUCLEAR	PROPIETARIO	PAIS	ENTREGA	CANTIDAD	MATERIAL
CÁPSULAS Y BASTIDORES							
Cápsulas	NUTECH	Oconee	DUKE POWER	EE UU	1989/90	5	Inox
Cápsulas	NUTECH	Robinson	CPL	EE UU	1987	3	Inox + Boral
Bastidores para el St 26	NAC/ENRESA	Almaraz	CNAT	ESPAÑA	1992	1	Inox + Boral
Bastidores para el St 26	NAC	Surry	VIRGINIA POWER	EE UU	1993	1	Inox + Boral
Bastidores para el STC	EEEC-CNNC-CNEIC-GNPJV	Daya Bay	GNPJV	CHINA	2002	2	Inox + Boral
Bastidores de demostración 1:1	HITACHI/ENSA	Generic	JAPAN NPPs	JAPÓN	2003	1	Forja
Bastidores para contenedor DPT	ENRESA	Trillo	IBERDROLA	ESPAÑA	1999/2009	22	Inox + Boral
Cápsulas MPC 32	HOLTEC/ENRESA	Zorita	UNIÓN FENOSA	ESPAÑA	2007/2009	12	Inox+Metamic
Bastidores TN 68	AREVA TN	Peach Bottom	EXCELON	EE UU	207/2009	20	Inox+Metamic
TOTAL CÁPSULAS Y BASTIDORES:						67	
TOTAL ELEMENTOS COMBUSTIBLES A ALMACENAR:						2.486	
CONTENEDORES							
Contenedores de transferencia	NUTECH	Oconee	DUKE POWER	EE UU	1988/90	1	Inox/Acero/Plomo
Contenedores de almacenaje	ENRESA	Almaraz	IBERDROLA	ESPAÑA	1992	1	Inox/Plomo
Contenedores de almacenaje	NAC	Surry	VIRGINIA POWER	EE UU	1990	1	Inox/Plomo
Diseño contenedor de alm. y transp.	ENRESA	Trillo	CNAT	ESPAÑA	2000	2	Inox/Plomo
Contenedor de transporte 20 mt	NAC	-	-	EE UU	1991	5	Inox/Plomo
Contenedor DPT de Trillo	ENRESA	Trillo	CNAT	ESPAÑA	2000	2	Inox/Plomo
Contenedor DPT de Trillo	ENRESA	Trillo	CNAT	ESPAÑA	2002/3/4	6	Inox/Plomo
Contenedor de ensayo 1/3	HITACHI/ENSA	Drop test	DROP TEST	JAPÓN	2002	1	Forja
Contenedor de transferencia	TN-WEST	Susquehanna	PPL	EE UU	2002	1	Inox/Plomo
Contenedor STC	EEEC-CNNC-CNEIC-GNPJV	Daya Bay	GNPJV	CHINA	2002	2	Inox/Plomo
Contenedor de transferencia	TN-WEST	San Onofre	FPL	EE UU	2003	1	Inox/Plomo
Contenedor de demostración	HITACHI/ENSA	Generic	JAPAN NPPs	JAPÓN	2003	1	Forja
Contenedor DPT de Trillo	ENRESA	Trillo	CNAT	ESPAÑA	2005	4	Inox/Plomo
Contenedor DPT de Trillo	ENRESA	Trillo	CNAT	ESPAÑA	2006	4	Inox/Plomo
Contenedor DPT de Trillo	ENRESA	Trillo	CNAT	ESPAÑA	2009	6	Inox/Plomo
Contenedor HI-TRACK	HOLTEC/ENRESA	José Cabrera	UNIÓN FENOSA	ESPAÑA	2008	1	Acero carbono
Contenedor HI-TRACK	HOLTEC/ENRESA	José Cabrera	UNIÓN FENOSA	ESPAÑA	1	12	Acero carbono
Contenedor TN-68	AREVA TN	Peach Bottom	EXCELON	EE UU	2009/2012	20	Acero carbono
TOTAL CONTENEDORES:						70	

Tabla 2.

pectos que no alteran el concepto básico del componente (preparaciones de bordes, procesos de soldadura, ajustes en tolerancias), planos intermedios de fabricación, diseños para pruebas de fugas y pruebas hidráulicas y diseños de preparaciones de transporte.

Cada vez es este un proceso más interactivo y en el se está buscando que la experiencia del fabricante se complemente con la del diseñador/sistemista de forma que los requisitos del diseño sean lo mas optimizados posibles, redundando así en una fabricación más eficaz.

Diseño de Utillajes

Cuando se trata de la fabricación de grandes componentes una parte fundamental del proceso está condicionada por la definición y desarrollo de los útiles y equipos necesarios y/o adecuados para llevarla a cabo.

Esta es una actividad muy específica y que requiere un conocimiento muy preciso de los medios de producción y del proceso elegido para la fabricación del componente. En muchos casos se desarrollan diseños muy exclusivos y complejos cuyo campo de aplicación

se ciñe exclusivamente a un componente, sin tener utilización en posteriores diseños.

Documentación de Ingeniería

Este grupo interviene en el proceso desde la fase de oferta, mediante el análisis de los requisitos técnicos solicitados en la misma, realizando su evaluación técnica.

Posteriormente, una vez adjudicado el pedido, estudia los requisitos contractuales, los interpreta y los plasma en la documentación técnica de fabricación y ensayos, participando también cuando sea requerido en la evaluación técnica de cambios contractuales y de desviaciones/modificaciones de diseño.

El conocimiento de códigos y normativa es una de las bases de su actividad.

Ingeniería de Proyectos

Sobre los integrantes de este grupo, Ingenieros de Proyectos asignados a un proyecto específico, recae la responsabilidad técnica de los proyectos.

Dentro de esta competencia se incluyen:

- Supervisión y coordinación de la documentación técnica: planos, cálculos, es-

pecificaciones de proceso, soldadura y ensayos.

- Resolución de las desviaciones, con la ayuda específica que demanden de otras áreas, y su aceptación.
- Coordinación de estudios técnicos y/o prácticos necesarios
- Preparación de solicitudes de compra de materiales base
- Coordinación técnica entre el Taller y resto de áreas

La relación entre la ingeniería del sistemista y la de ENSA es fundamental para el buen desarrollo técnico del proyecto y la figura del Ingeniero del Proyecto es el punto de conexión y coordinación de la misma.

Ingeniería de Desarrollo

La mejora e innovación en los procesos de fabricación es una de las prioridades en las que ENSA viene trabajando desde hace muchos años para mantener su posición de excelencia en el mercado nuclear.

Esta faceta está soportada por la Ingeniería de Desarrollo, que en conjunción con otras áreas tiene como cometidos específicos:

- El estudio de nuevos procesos, desarrollos, máquinas e instalaciones.
- Realización de estudios técnicos y de optimización de procesos.
- Posible venta externa de mejoras de procesos.
- Preparación, impulso y coordinación de los planes anuales de mejora procesos y de nuevos desarrollos.
- Acuerdos de colaboración para I+D+i en nuevos desarrollos con subvención o financiación.
- Búsqueda de financiación externa para proyectos de I+D+i y para nuevas inversiones.
- Apoyo a la Dirección Comercial en consultas, comentarios a peticiones de ofertas o evaluaciones.

En definitiva, el desarrollo de nuevos procesos de trabajo, la optimización de recursos, el estudio de viabilidades con el objetivo de mejorar la competitividad.

Cálculo y Diseño

El grupo de Cálculo y Diseño, ha desarrollado desde el inicio de la creación de ENSA una actividad constante, siendo en estos momentos un grupo consolidado, con gran experiencia, y que tiene entre sus integrantes a un Ingeniero Profesional Registrado en los EE UU, con competencia para la certificación de informes de diseño ASME.

En los casos que lo requieran cuenta con la posibilidad de colaboraciones externas para cubrir cargas de trabajo que se produzcan en momentos puntuales o que aquellas otras que de alguna manera no se encuentran dentro de su alcance.

Conceptualmente las actividades que viene realizando son: Diseño conceptual de nuevos productos; Informes de cálculo y dimensionamiento básico; Realización y verificación de Design Stress Reports; Reconciliaciones de cambios de diseño y desviaciones; Cualificación, validación y verificación de programas informáticos usados para la elaboración de informes; Revisión de planos de diseño y as-built.

De forma más específica la experiencia de este grupo a lo largo de estos años ha sido:

- Desig Reports para componentes Clase I: vasijas, generadores de vapor y presionadores.
- Cálculos específicos para centrales en operación.
- Diseño y análisis de componentes de sistemas auxiliares de generación, intercambiadores de calor y elementos varios: análisis sísmico, efecto slostting.
- Design Reports para componentes de petroquímica: vasijas e intercambiadores.
- Cálculos para transporte de componentes.
- Diseños conceptuales de nuevos productos: PBMR, IRIS, Cask y Racks.

Dentro de las actividades anteriores, cobran especial relevancia los diseños conceptuales de nuevos productos por el salto

cualitativo que ha supuesto en el trabajo de este grupo, y en conjunto para el futuro de ENSA.

Y en este grupo de nuevos productos, unos de los mas significativos son los desarrollos que ENSA ha realizado en el diseño de Contenedores de Combustible para almacenamiento de combustible irradiado en seco (CASK) y para su almacenamiento en las piscinas de las centrales (RACKS).

Contenedores de Combustible (Cask)

Desde 1976 ENSA participa en los desarrollos de estos contenedores en las áreas de diseño, licenciamiento, fabricación y carga del combustible, por lo que es la única empresa que proporciona un sistema integrado completo de contenedores metálicos.

En 1992 Enresa encomendó a ENSA el diseño y apoyo al licenciamiento, de un contenedor capaz de almacenar y transportar el combustible gastado de la central nuclear Trillo 1, basado en el diseño NAC-STC. Por resolución de la Dirección General de la Energía de fecha 23 de octubre de 1997, se aprobó el contenedor de doble propósito ENSA-DPT (para el transporte y almacenamiento de combustible), como modelo de "bulto" para transporte tipo B(U)F de acuerdo con la reglamentación española de transporte. Esta, ha sido la primera vez que se ha licenciado un contenedor metálico de almacenamiento y transporte de combustible irradiado en seco. A partir de ese momento ENSA ha suministrado 16 de estos contenedores y actualmente tiene otros seis en fase de fabricación. Los dos primeros de de esta última tanda habrán llegado a la central nuclear de Trillo a mediados/finales de septiembre.

Como hemos dicho anteriormente, en enero de 2002, ENSA inició la participación en el diseño y fabricabilidad de un contenedor metálico de doble propósito para 69 elementos BWR (HIEN), de acero al carbono y pared simple, junto con la compañía japonesa Hitachi Ltd. Este contenedor ha sido licenciado recientemente en Japón. La participación de ENSA en el diseño estuvo enfocada a la aportación de su experiencia en el diseño, en las fases preliminares de cálculos térmicos y estructurales, en la verificación de los cálculos finales mecánicos y térmicos, así como en todas las soluciones de diseño que se han ido utilizado hasta llegar a su definición final.

Desde finales de 2004, con la experiencia adquirida en los desarrollos anteriores, ENSA está trabajando en el diseño propio de un contenedor de transporte y almacenamiento de combustible PWR, BWR y residuos de alta actividad (Contenedor ENSA Universal) Este contenedor está pensado para ser suministrado

al mercado nacional e internacional y pretende ser para España, en su versión para combustible PWR, será el sustituto natural del diseño del DPT.

Basado en la experiencia del HIEN, el Cask Universal para combustible PWR ofrece importantes ventajas con respecto al DPT tanto en su concepción, en su capacidad de almacenamiento como en su coste. Actualmente se han finalizado los diseños preliminares y se encuentran en desarrollo avanzado el diseño y cálculos definitivos. El programa de trabajo prevé finalizar los primeros trabajos a finales de 2009 y presentar los informes de licenciamiento para su aprobación en el CSN en los primeros meses de 2010.

En un desarrollo posterior y complementario al anterior se trabajará en el diseño para su aplicación para combustible BWR.

Bastidores de almacenamiento en piscinas (Racks)

Desde el año 2000 ENSA ha reforzado las actividades de diseño y licenciamiento de bastidores para almacenamiento de combustible irradiado en piscinas de las centrales nucleares.

ENSA inició sus actividades en este campo a principio de los años 90 como fabricante de bastidores diseñados por otros sistematistas, suministrando los bastidores densos para el re-racking de las primeras piscinas de las centrales españolas que necesitaban ampliar la capacidad de sus piscinas.

En paralelo con esta actividad de "fabricante" ENSA fue desarrollando su propio diseño hasta llegar a la actual solución, que tiene patentada, y que se denomina "Interlock Cell Matrix". Este diseño es altamente competitivo, siendo una de sus características su sencillez de fabricación, y sin duda ha contribuido a que ENSA gane la gran mayoría de los concursos a los que se ha presentado y a los que ha aportado su buen hacer como diseñador, fabricante e instalador.

Las centrales a las que ENSA ha suministrado este diseño son las de: Olkiluoto (TVO- KPA-Storage) en Finlandia, licenciado por la autoridad reguladora finlandesa, el diseño, fabricación y reemplazo de los bastidores de combustible irradiado para la Central Nuclear de Kuosheng (Taiwán) y de YongGwan (Corea), Ling Ao 3&4, y Coherentes.

Actualmente este diseño está siendo licenciado en USA por GEH para ser utilizado en las centrales tipo ESBWR.

Una de las ventajas que ofrece ENSA está en el alcance de su suministro que abarca desde el diseño de los bastidores, ayuda al licenciamiento, fabricación, transporte e instalación de los bastidores. Este es un claro ejemplo de un suministro integral, y por el que podemos decir que ENSA tiene además experiencia en los procesos de licencia tanto en España como en otros países. ■