

Modernización de las centrales nucleares de Ascó y Vandellós II

L. Martínez Antón

Las centrales nucleares de Ascó y Vandellós han realizado desde el inicio de la operación comercial modificaciones de diseño encaminadas a la mejora de la seguridad, fiabilidad y operación de la planta. A partir de la unificación de la gestión de las tres plantas en el marco de la Asociación Nuclear Ascó-Vandellós II y dentro del proceso de gestión de activos, se están elaborando planes estratégicos conjuntos de modernización y mejora en base al análisis del estado de los equipos, evaluación de su envejecimiento, obsolescencias, degradaciones, recomendaciones de fabricantes y/o aplicación de nueva normativa.

En el artículo se relacionan, para los sistemas de primario, secundario, sistemas eléctricos e Instrumentación y control y sistemas auxiliares, las actuaciones más importantes ya realizadas o en fase de proyecto en las tres plantas, desatacando en las modificaciones más relevantes, la problemática existente y la solución adoptada.

Since the beginning of their commercial operation, the nuclear power plants of Ascó and Vandellós have made design modifications aimed at improving the safety, reliability and operation of the plants. From the moment the management of the three plants was brought together within the Asociación Nuclear Ascó-Vandellós II, and within the assets management process, joint strategic modernisation and improvement plans have been developed on the basis of the status of equipment, the evaluation of their ageing, obsolescence, degradations, manufacturers' recommendations and/or the application of new regulations. The article lists the most important actions already carried out or in the project phase for the 3 plants in the primary and secondary systems, electrical and instrumentation systems and auxiliary systems, highlighting the problems and the solutions adopted in the most relevant modifications.



LUIS MARTÍNEZ ANTÓN

Staff de la Dirección de Servicios Técnicos de ANAV.
Ingeniero Industrial eléctrico por la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC)

Las centrales nucleares de Ascó 1 y 2 y de Vandellós II entraron en operación comercial en agosto/83 (Ascó 1), octubre/85 (Ascó 2) y en marzo/88 Vandellós II.

En 1998, las empresas eléctricas propietarias de Ascó y Vandellós II, para adaptarse a un mercado eléctrico liberalizado, emprendieron un proceso para la gestión unificada de las tres centrales. Este proceso culminó con la creación de la Asociación Nuclear Ascó Vandellós II (ANAV) que gestiona los tres grupos nucleares.

Desde el inicio de la operación comercial se han venido realizando en las tres plantas modificaciones de diseño encaminadas a mejorar la seguridad, fiabilidad y la operación de la planta. Estas mejoras vienen derivadas de las lecciones aprendidas en la propia puesta en marcha de cada central y su posterior funcionamiento, de los resultados de los programas de vigilancia e inspección, así como del análisis de la experiencia operativa externa, de las recomendaciones o mejoras propuestas por los fabricantes

junto con la aplicación de la nueva normativa. Dentro de estas modificaciones cabe destacar los aumentos de potencia realizados.

A partir de la unificación de C.N. Ascó y C.N. Vandellós II se han establecido, dentro del proceso de Gestión de Activos, planes de desarrollo estratégicos. El objeto de dichos planes es, en base al análisis del estado actual de los sistemas y equipos y su evaluación del envejecimiento, obsolescencias, degradaciones, mantenibilidad, etc., planificar proyectos de modernización y mejora necesarios para mantener o perfeccionar la seguridad y la eficiencia de la instalación y asegurar la capacidad productiva a medio/largo plazo.

Estos planes de modernización aplican a las tres plantas de modo que se garantiza, tanto para Ascó como para Vandellós, una incorporación de los últimos avances tecnológicos y un nivel equivalente de mejora de la seguridad y disponibilidad, obteniéndose sinergias al poder desarrollar proyectos comunes debido a la similitud del diseño (PWR

de tres lazos de Westinghouse) y haber contado con la misma ingeniería

En los siguientes apartados se describen las actuaciones más importantes realizadas y previstas a futuro tanto en C.N. Ascó 1 y 2 como en C.N. Vandellós II

MEJORAS YA IMPLANTADAS EN ASCÓ Y VANDELLÓS

Los principales modificaciones ya implantadas en Ascó y Vandellós se listan en las tablas 1 a 4.

Circuito Primario (tabla 1)

Las mejoras implantadas en el circuito primario son en su mayoría acciones encaminadas a evitar o disminuir los efectos de los fenómenos degradatorios debido a la interacción de los materiales que forman parte del circuito primario con los medios fluidos (agua borada), las más relevantes han sido:

- **Generadores de vapor (GGVV):**
 - Ascó: En el diseño inicial los GGVV era del tipo Westinghouse D3 con tubos de Inconel 600 MA. Desde

COMPONENTES CIRCUITO PRIMARIO (NSSS)	
C.N.ASCÓ I Y II	C.N. VANDELLÓS II
Sustitución Generadores de Vapor	Instalación barras antivibratorias en GGvV
Sustitución cabeza vasija reactor	
Sustitución de Split Pins	Sustitución de Split Pins
“Weld Overlay” toberas presionador	“Weld Overlay” toberas presionador
Inyección de Zinc en circuito primario	Inyección de Zinc en circuito primario
Recalificación rodete bombas principales	Recalificación rodete bombas principales

Tabla 1.

COMPONENTES CIRCUITO SECUNDARIO	
C.N.ASCÓ I Y II	C.N. VANDELLÓS II
Sustitución tubos condensador por titanio	No necesario en Vandellós II (tubos de titanio)
Sustitución tubos MSR	Instalación en tuberías preseparadores humedad MOPS -SCRUBS y sustitución en MSR de camaras venteo 4º paso y separadores humedad (Chevrans)
Sustitución calentadores alta y baja presión	
Sustitución rotores turbina alta y baja presión	Sustitución rotores turbina alta y baja presión
Instalación torre tiro natural y control digital torres para permitir caudales superiores río	No necesario en Vandellós II
Cambio rodetes/motores bombas condensado	
	Sustitución válvulas aislamiento vapor y cambio internos válvulas aislamiento agua alim. principal

Tabla 2.

el inicio de la operación comercial sufrieron un fenómeno acelerado de degradación que requirió taponamiento de algunos tubos, lo que motivo su sustitución por otros de diseño Siemens/KWU modelo 61 W/D3 y con tubos de Incaloy 800 M.

- Vandellós: Los tubos del Generador de Vapor se diseñaron con Inconel 600 TT. Se han sustituido las barras antivibratorias por un tipo de barras expandibles para evitar el fenómeno de rozamiento en las zonas de contacto con los tubos.
- *Sustitución de la cabeza de la vasija del reactor:*
 - Ascó: Las cabezas de vasija de Ascó 1 y 2, fabricadas en Inconel 600, con metales de soldadura de las penetraciones de Inconel 82/182 y sometidas a una temperatura de 315°C eran susceptibles al agrietamiento por corrosión bajo tensión en condiciones de primario (PWSCC). Las acciones de mejora realizadas para disminuir la susceptibilidad al PWSCC han sido:
 - En Ascó 1: sustitución de la cabeza de vasija por otra de materiales similares pero que nunca ha estado en operación modificándose la configuración para trabajar con cabeza fría.

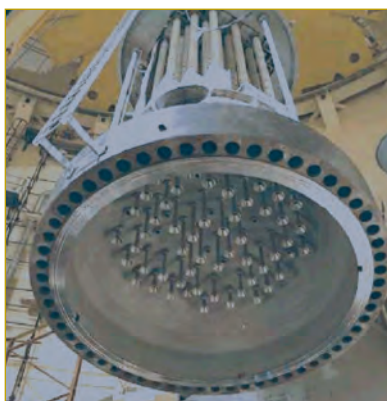


Figura 1: Cambio cabeza vasija en C.N.Ascó.

- En Ascó 2: sustitución por una nueva cabeza de material Inconel 690 y soldaduras Inconel 52/152 trabajando con cabeza fría.
- Vandellós : La temperatura de trabajo es de cabeza fría. Está prevista sustituir en el futuro por una nueva cabeza de Inconel 690 y soldaduras Inconel 52/152.
- *Sustitución de Split Pins. (Ascó 1, 2 y Vandellós II):* Los bulones internos de la vasija “Split Pins” fueron fabricados de material X- 750 susceptible al PWSCC. En las tres plantas se ha procedido a su sustitución por otros bulones de acero inoxidable austenítico CW 316 SS.

Circuito Secundario (tabla 2)

Las modificaciones implantadas en el sistema secundario de la central obedecen, por un lado a la existencia de fenómenos degradatorios en el material predominante (acero al carbono) y por otro a las actividades derivadas del aumento de potencia o mejora de rendimiento de la planta, las más relevantes han sido:

- *Actuaciones en sistemas de vapor (Condensador, MSR, calentadores):*
 - Ascó: Las condiciones químicas del secundario, provocaron desde el inicio de la explotación problemas de degradación en los generadores de vapor, requiriendo para poder operar con alto pH, la eliminación del Cu en todo el circuito secundario por lo que se sustituyeron los haces tubulares de los siguientes equipos por materiales exentos de Cu: MSR (Ac. inox 439), condensador (titanio) y en los calentadores de alta y baja presión (Ac. inox 304) además de diversos componentes del circuito (válvulas, bombas).
 - Vandellós: Para reducir la erosión corrosión debida a la humedad contenida en el vapor de salida de la turbina de alta presión se instalaron entre ésta y los MSR unos pre-separadores de humedad de alta eficiencia (MOPS SCRUBS). Posteriormente, también fueron sustituidos

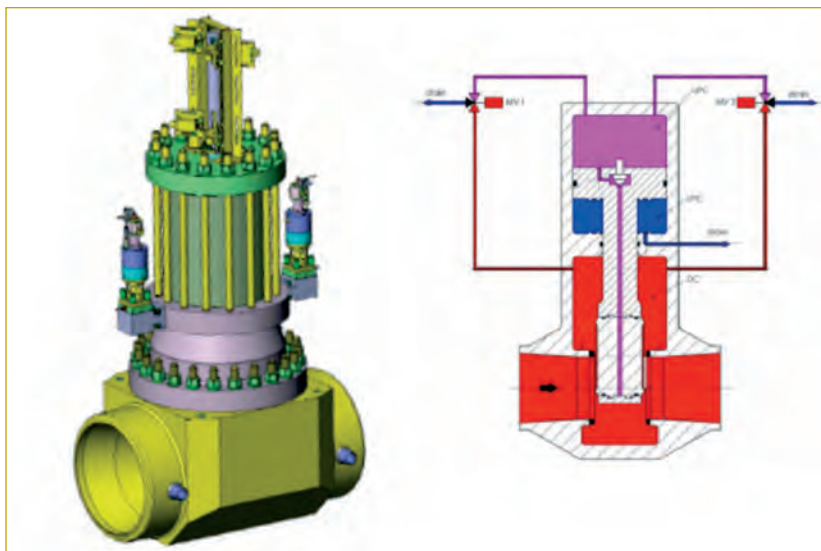


Figura 2: Nueva válvula de aislamiento de vapor principal (MSIV) de C.N.Vandellós II.

dentro de los MSR, los separadores de humedad (Chevrons) y las cámaras de venteo del 4º paso por material de acero inox. 304.

- **Sustitución de rotores de turbina de HP y BP**

- Ascó: Debido a la susceptibilidad de las turbinas a sufrir un proceso degradatorio de corrosión bajo tensión y la falta de optimización de rendimiento que permitiera un aumento de potencia de la planta,

se procedió a la sustitución de las turbinas de alta y baja presión por otro diseño de rotor integral con ausencia de partes caladas susceptibles de ser atacadas por corrosión bajo tensión y rendimiento optimizado (8% incremento potencia).

- Vandellós: Se cambia la turbina de alta presión para poder procesar eficientemente un mayor caudal de vapor a menor presión y las turbinas de baja presión de mayor eficiencia,

ambas del fabricante Mitsubishi, (4,5 % incremento potencia).

- **Sustitución de las válvulas de aislamiento de vapor principal (MSIV) (Vandellós):** Los actuadores de las válvulas MSIV se sustituyeron en el año 2005 debido a su gran complejidad que requería un elevado mantenimiento y la aparición de daños en algunos asientos. Los nuevos actuadores tienen una tecnología en la que, es la presión del propio fluido que circula a través de la válvula, la que se utiliza como fuerza motriz del actuador, simplificando los circuitos de actuación e incrementando la fiabilidad global de la válvula (figura 2).

Sistemas Eléctricos e I&C (tabla 3)

Las modificaciones implantadas en los sistemas eléctricos e I & C vienen derivadas del aumento de potencia de la central y del envejecimiento y obsolescencia de los equipos, siendo las principales:

- **Sustitución de los transformadores principales (figura 3)**

Los transformadores de Ascó y Vandellós presentan un cierto grado de envejecimiento y han tenido diversos incidentes a lo largo de su vida lo que, junto con la experiencia de vida remanente de transformadores similares, hizo aconsejable su sustitución.

COMPONENTES SISTEMAS ELÉCTRICO E INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	
C.N.ASCÓ I Y II	C.N. VANDELLÓS II
Sustitución transformadores principales	Sustitución transformadores principales (febrero 2011)
Sustitución bobinado alternador, rotor e incremento de refrigeración bobinado	Rigidación cabezas bobina, sustitución rotor e incremento de refrigeración bobinado
Sustitución por obsolescencia de onduladores y conmutación estática. Por tecnología IGBT	
Sustitución sistema de vigilancia de la radiación	Sustitución sistema de vigilancia de la radiación (monta parte no clase.) Parte clase 1E pendiente
Cambio control turbina a digital (WDPF)	Cambio control turbina a digital (OVATION)
Cambio a WPDF del sistema de control reactor incorporando control nivel GV	En proyecto en Vandellós migrar a plataforma OVATION
Renovación e incremento capacidad sistema de refrigeración de barras de fase aislada.	
Sustitución de excitatriz generador calificada	Sustitución de excitatriz generador calificada (febrero 2011)
Sustitución transfor. aux 6,9/0,4 kV	
Sustitución de relés de protección de cabinas de media y baja tensión.	
Sustitución de baterías Clase y No clase	Sustitución de baterías Clase y No clase
Sustitución sistema detección gases tóxicos	
Sustitución de instrumentación sísmica	Sustitución de instrumentación sísmica
Sustitución de la torre meteorológica	Sustitución de la torre meteorológica

Tabla 3.

- Ascó 1: Banco de transformadores tipo acorazado y 1200 MVA.
- Ascó 2: Banco de transformadores de columnas de 1120 MVA
- Vandellós II: En la recarga de feb/2011 se ha instalado un banco de transformadores tipo acorazado de 1260 MVA.
- *Sustitución bobinado alternador y rotor recalificado. incremento de capacidad de refrigeración.*
 - Ascó: Se sustituyó el extremo del paquete ferromagnético instalando un nuevo bobinado con soportación Rigidflex, incrementándose la refrigeración.
 - Vandellós II: Se rigidizaron las cabezas de bobina del devanado estatórico del alternador y se sustituyeron las bornas por otras refrigeradas por agua.
- *Sustitución del sistema de vigilancia de la radiación*
 - Ascó: El diseño del sistema de vigilancia de la radiación de Ascó, de tecnología analógica, quedó obsoleto, careciendo de repuestos y presentando una alta tasa de fallos por lo que se procedió a su sustitución por otro de tecnología digital de última generación.
 - Vandellós II: El sistema de vigilancia de la radiación ha presentado un alto índice de indisponibilidad junto con falta de repuestos y soporte técnico por obsolescencia del sistema. Ya se han sustituido los monitores No clase por monitores de última generación (mismo modelo que Ascó) quedando pendiente la sustitución de los monitores clase IE.
- *Sustitución de los transformadores auxiliares de 6,9/0,4 kV (Ascó).* Debido a que los transformadores de 6,9/0,4 kV se refrigeraban con pirileno se ha procedido a su sustitución por transformadores secos.



Figura 3: Sustitución transformadores principales en C.N.Vandellós II.

Sistemas Auxiliares (tabla 4)

- *Nuevo sistema de Refrigeración esencial (EJ) y modificación del sistema de refrigeración del sistema de agua esencial y Diesel de Emergencia. (Vandellós II)*
Derivado del incidente de corrosión en las tuberías del sistema de agua de refrigeración esencial (EF), se han implantado los nuevos sistemas:
 - Un sistema Clase IE redundante para la refrigeración del sistema de componentes utilizando como foco frío torres de refrigeración de tiro forzado disponiendo de una balsa de agua con inventario para garantizar el funcionamiento durante 30 días.
 - Sustitución del sistema de refrigeración de los generadores diesel de

emergencia (KJ) y del sistema de agua esencial enfriada (GJ), por sistemas de refrigeración en circuito cerrado con aero-refrigerantes que utilizan la atmósfera como foco frío.

PROYECTOS DE MODERNIZACIÓN FUTUROS EN ASCÓ y VANDELLÓS II

ANAV tiene establecido un plan de actuaciones a cinco años encaminadas a la mejora de la fiabilidad de los equipos y a la gestión a largo plazo de los activos contemplando obsolescencias y mejoras tecnológicas. Los proyectos de modernización más relevantes previstos para C.N. Ascó 1 y 2 y Vandellós II son los que aparecen en la tabla 5.

A continuación se describen algunos de los más importantes:

- *Sustitución de los Separadores de humedad y recalentadores (MSR) (Ascó)* Los MSR de Ascó 1 y 2 han tenido numerosos problemas de erosión-corrosión que han provocado algunos by-pass de vapor con pérdida de eficiencia y gran dificultad para su reparación (por ejemplo, placas divisorias cabezales de recalentadores). Esta prevista su sustitución por otros de material de alta resistencia a la erosión-corrosión (figura 4).
- *Mejora de las alimentaciones exteriores preferentes: (Ascó).* Para mejorar la disponibilidad y fiabilidad de las fuentes exteriores de alimentación a los grupos de Ascó 1 y 2 desde el parque de 110 kV de Ascó, está prevista la implantación de un nuevo transformador 400/110 kV-200 MVA para realizar una 2ª interconexión entre los parques de Ascó 400 kV y 110 kV, además de la conexión desde 220 kV.
- *Sustitución del interruptor del generador. (Vandellós II)*
El actual interruptor de generación tiene una tecnología compleja (accionamiento y extinción de arco por aire comprimido), presentando síntomas de envejecimiento y obsolescencia. Se ha previsto su sustitución por un modelo más fiable de tecnología avanzada (SF6) y sistemas auxiliares más simples.
- *Sustitución del sistema de protecciones eléctricas generación. (Ascó/Vandellós II)*
Por obsolescencia y falta de repuestos, está prevista la sustitución en Ascó 1 y 2 y Vandellós II del sistema de protecciones eléctricas del generador, Interruptor de generador (solo Vandellós), transformador principal y transformadores auxiliares (ver artículo en este número).
- *Instalación de generadores Diesel de emergencia adicionales: (Ascó y Vandellós II)* Para mejorar la disponibili-

COMPONENTES SISTEMAS AUXILIARES	
C.N.ASCÓ I Y II	C.N. VANDELLÓS II
	Nuevo sistema refrigeración esencial (EJ)
	Nuevo sistema refrigeración de agua esencial y del generador Diesel de emergencia
Mejora sumideros recirculación	Mejora sumideros recirculación
	Mejora sistema protección contra incendios
	Sustitución sistema agua enfriada no esencial (GB)

Tabla 4.

PROYECTOS DE MODERNIZACIÓN FUTUROS EN ASCÓ y VANDELLÓS	
C.N.ASCÓ I Y II	C.N. VANDELLÓS II
Ya realizado	Sustitución cabeza de la vasija en recarga futura
Sustitución MSR	No necesario en Vandellós II
Mejora alimentaciones preferentes exteriores	No necesario en Vandellós II
No necesario en Ascó	Sustitución Interruptor del Generador
Sustitución sistema Prot. Eléctricas generación	Sustitución sistema Prot. Eléctricas generación
Instalación del 5º Generador Diesel Emergencia	Instalación del 3º Generador Diesel Emergencia
Sustitución ordenador de proceso	Sustitución ordenador de proceso
No necesario en Ascó	Mejora sistemas refrigeración de agua de mar
Migración sistema control a OVATION en sistemas de control reactor, turbina, velocidad turbobombas AAP y calentadores	Migración sistema control OVATION en sistemas de control reactor y velocidad turbobombas AAP
Sustitución transfor. Aux. arranque (TAA)	
Sustitución interruptores B.T.de caja moldeada	
Sustitución de cargadores de baterías	
Sustitución de registradores de sala de control	Sustitución de registradores de sala de control
Sustitución monitores Hidrógeno en contención	Sustitución monitores Hidrógeno en contención

Tabla 5.



Figura 4: Nuevos MSR pendientes de instalar en C.N.Ascó.

dad y seguridad de las plantas de planta está prevista la implantación de un 3º GDE en C.N.Vandellós II y un 5º GDE común para los dos grupos de C.N.Ascó (ver artículo en este número).

• *Actuaciones en ordenador de proceso.(Ascó/Vandellós II)*

– Ascó: El ordenador de proceso SAMO es de tecnología obsoleta teniendo gran dificultad para el acopio de repuestos. Esta prevista su sustitución por un sistema de control distribuido en tecnología OVATION ya instalado en Vandellós II (mejora de supervisión, interfase hombre-maquina, etc..).

– Vandellós: El proyecto modernizará el actual ordenador de proceso Ovation migrando la red de comunicación a Fast-Ethernet, sustituyendo las controladoras a entorno Windows e integrando el sistema de control de reactor en una sola multired para optimizar pantallas en sala de control.

• *Actuaciones en sistemas de control.(Ascó/Vandellós II)*

– Ascó: Los diseños de control actuales presentan problemas de obsolescencia, envejecimiento y falta de soporte técnico del tecnólogo. Está previsto su migración a un sistema de control en tecnología Ovation

más fiable, moderna y con capacidad de integración del resto de sistemas de control, siendo ya utilizada en Vandellós II. Afecta a los sistemas:

- Sistema de control digital del reactor y nivel GV (WDPF).
- Sistema de control velocidad turbobombas AAP.
- Sistema de control de calentadores.
- Sistema de control de turbina (WDPF).
- Vandellós II: El sistema de control de reactor y de velocidad de las turbobombas de AAP actual tiene un elevado número de tarjetas analógicas con problemas de envejecimiento, obsolescencia y limitaciones para la mejora de diseño. El cambio a tecnología digital en tecnología Ovation mejorará la fiabilidad del sistema optimizando el interface de los sistemas de control primario/secundario.

- *Mejora tuberías de sistemas refrigeración de agua de mar (EA/EF) (Vandellós II):* Para mejorar la resistencia a la corrosión por agua de mar, se procederá al reforzamiento de la tubería BONNA de 800 mm de diámetro de los sistemas de refrigeración esencial (EF) y no esencial (EA), mediante un recubrimiento interior con un sistema basado en Fibra de carbono biaxial reforzada con resinas epoxi de alta resistencia. Se trata de un sistema que por sí sólo dará garantías para actuar como barrera de presión. ■