



ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA

ORGANIZACIONES
DE INGENIERÍA Y PROYECTOS
ESPECIALES E INGENIERÍA
DE PLANTA

INTRODUCCIÓN

Desde que en el nº 342 de NUCLEAR ESPAÑA, publicado en julio-agosto de 2013, se presentaron los planes de actualización tecnológica, se han realizado importantes avances en esta área. En unos casos se han finalizado alguno de los proyectos que estaban planificados y en otros se han iniciado y finalizado en el período 2013-2018.

Los proyectos que en el anterior artículo ya se mencionaba que estaban en curso, como era el cambio del control de turbina, la monitorización de vibraciones del primario, las válvulas del primer aislamiento o el nuevo sistema de comunicaciones, se han finalizado.

Otros proyectos que se indicaban que estaban comenzando, se han consolidado como necesidades de modernización estando en plena fase de desarrollo, como es el caso del proyecto de modernización de actuadores de regulación de H&B que abordaremos en este artículo.

El período que se abarca en este artículo (2013-2018) ha estado mar-

cado por un objetivo permanente de mantener la central en óptimas condiciones de seguridad y fiabilidad con un cumplimiento riguroso de nuevos requisitos regulatorios. En este contexto se han dado dos circunstancias especiales en C.N. Trillo, una derivada del proceso para la renovación de la autorización de explotación (2014-2024) y la otra como consecuencia de las acciones emprendidas tras el accidente de la central nuclear de Fukushima.

Al igual que en períodos anteriores al cubierto en este artículo todas las actuaciones realizadas han estado siempre contempladas dentro de las líneas estratégicas plasmadas en planes operativos que se han desarrollado con cumplimiento en calidad, plazo y coste en la mayoría de las ocasiones.

La actualización del diseño, incrementando la fiabilidad de los sistemas, estructuras y componentes, adaptándolos progresivamente a los nuevos requisitos de seguridad, pretende facilitar la gestión de los activos a largo plazo, garantizando la operación segura, fiable y económica de la central.



En este artículo se pretende aportar una visión de los cambios más relevantes llevados a cabo en los últimos años, dentro de las mejoras en seguridad y de la actualización tecnológica emprendida.

ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA EN I&C

El plan de Instrumentación de C.N. Trillo es un plan vivo que pretende mantener en un adecuado estado del arte, la instrumentación y control de la central para asegurar su operación a largo plazo. En paralelo con los proyectos de renovación se desarrollan otras actividades actualmente en curso como son el acopio de tarjetas de I&C para reponer y mejorar el stock disponible en almacén, la finalización de la mejora de la interfase hombre-máquina (IHM) de sala de control, la renovación de autómatas y controladores, la renovación de la/los electrónica/ordenadores de diferentes sistemas de monitorización y la participación en grupo de calificación de equipos eléctricos y de I&C de la VGB.

El objetivo del plan es el facilitar los cambios, permitiendo una adecuada distribución de los mismos en el tiempo, involucrando a muchos departamentos de CNAT.

La situación de las centrales alemanas, dificulta las referencias para C.N. Trillo, pero la elección de soluciones que se están incorporando en las nuevas centrales, permitirá seguir aprovechando experiencia previa. La renovación de grandes sistemas de I&C se evaluará dentro del planteamiento de Operación a Largo Plazo.

Parte importante de este trabajo consistirá en encontrar una adecuada combinación de modernizaciones completas y modernizaciones de tarjetas electrónicas.

Adicionalmente, es importante señalar que C.N. Trillo posee desde 2010, un plan de Ciberseguridad que tiene entre sus objetivos el de mantener un adecuado aislamiento y una adecuada diversidad y diseño en profundidad de la Instrumentación y Control de la planta.

Se recogen a continuación los proyectos más importantes implantados en el período 2013-2018, así como aquellos que están

en plena fase de desarrollo e implantación.

Nuevo sistema de control digital de turbina

En el año 2015 se implantó la modernización de los sistemas electrohidráulicos de control y protección de turbina, del bypass de turbina y del control de sellos del turbogruppo de C.N. Trillo, integrándolos en la plataforma de control ya elegida para C.N. Trillo el sistema SP-PAT2000-OM690.

Se han incorporado equipos de actuación segura ante fallos. El sistema modernizado tiene una configuración redundante, que elimina la existencia de disparos ocasionados por fallos simples.

Incorpora además un sistema diverso en la protección de sobrevelocidad de la turbina.

Se incorporan sistemas de protección certificados como SIL3 de acuerdo con la IEC-61508. La asignación de los criterios de protección a niveles de requisitos de seguridad se basa en un análisis de la seguridad del sistema y de la última normativa disponible, fijándose que los criterios de protección que deban satisfacer un requisito de seguridad SIL1 se gobiernen desde la parte del sistema de actuación segura ante fallos.

El alcance del proyecto, que contempla la renovación de instrumentos y de equipos de automatización es:

- Regulación y protección de la turbina.
- Regulación y protección del bypass.
- Regulación de vapor de cierres de la turbina.

- Aparato de control de temperatura en las paredes.
- Automatismo de prueba de la turbina.
- Sistema hidráulico para el alcance de suministro, incluye reguladores presión redundantes para la regulación del bypass y válvulas magnéticas para el disparo del bypass y para la activación de las válvulas de inyección de agua.

El sistema se ha incorporado de forma previa en el simulador de alcance total de C.N. Trillo de forma que se ha podido evaluar su comportamiento, se ha verificado el diseño de su nueva interfase hombre-máquina del mismo y se ha podido formar a los operadores de sala de control antes de la instalación en planta.

La Foto 1 presenta el aspecto durante la implantación del nuevo rack hidráulico del control de turbina.

Sistema de neumobolas

Debido a diversos problemas surgidos en el sistema de medida de neumobolas durante el arranque tras la recarga en el año 2013 y dada la obsolescencia del sistema que estaba montado en C.N. Trillo y la falta de repuestos para su mantenimiento, se consideró necesario incluir su renovación dentro del plan de actualización de I&C.

El sistema, habitual en las plantas de diseño alemán como Trillo, introduce a presión pequeñas bolas metálicas en diferentes posiciones del reactor y las lleva a una mesa de medida permitiendo obtener una medida precisa del perfil de potencia del reactor en una zona, evitando la complejidad mecánica que tienen los sistemas de medida intranuclear de núcleo instalados en centrales de diseño americano.

Durante el año 2016 se sustituyó de forma completa el sistema de medida de neumobolas diseñado originalmente por KWU, por un nuevo diseño de sistema de medida, desde la mesa de sensores hasta los ordenadores utilizados, tanto para controlar el tránsito de las bolas de medida como para la evaluación de las medidas, conforme al diseño de Framatome para los nuevos EPRS.



Foto 1.



Fotos 2 y 3.

La modificación de C.N. Trillo contempló:

- Reemplazo de servidores y módulo de comunicación.
- Reemplazo de las cabinas de alimentación, control e instrumentación.
- Adaptaciones mecánicas necesarias en la mesa de medida para la instalación de los nuevos detectores y de la nueva cabina de instrumentación.
- Reemplazo de las unidades de relés coaxiales y preamplificadores.
- Reemplazo de los cables de detectores (conexión detector-unidad de relés coaxiales), de los cables de conexión de las unidades de relés coaxiales a los preamplificadores, de conexión entre los canales de medida y el preamplificador correspondiente y de transmisión de señal entre el preamplificador al canal de medida correspondiente.
- Nuevo panel de calibración desde el panel de Sala de Control.

Las Fotos 2 y 3 presentan la mesa de medida de neumobolas y de la cabina de control.

Sondas de nivel

El sistema de Instrumentación de medida de nivel de la vasija del reactor (RVLI) instalado en C.N. Trillo, contaba con dos sondas de nivel basadas en el principio de medida por puentes resistivos no intercambiables entre sí.

Se decidió la modernización del sistema ante la reducción del nivel de stock de repuestos (debido al cese de fabricación de dicho tipo de sondas por parte de Framatome).

La sustitución, llevada a cabo durante la recarga del año 2017,

supuso realizar modificaciones adicionales debido al cambio de principio de medida de puentes resistivos a termopares y, por lo tanto, se requirieron modificaciones en cuanto al acondicionamiento de señal, nuevas conexiones de cableado entre las sondas y las cabinas electrónicas, así como la instalación de nuevas cabinas electrónicas en el edificio de Alimentación de Emergencia.

Las modificaciones realizadas fueron las siguientes:

- Reemplazo de las dos sondas de medida de nivel por el nuevo modelo de sondas basadas en termopares con un diseño intercambiable que simplifica el número de repuestos necesarios para el sistema.



Foto 4.

- Reemplazo de las cuatro cabinas electrónicas en el edificio de Alimentación de Emergencia por nuevas cabinas tipo 8MF6 de Siemens AG.
- Incorporación de conectores, distribuidores en la zona del puente de cables sobre el reactor y nuevas cajas intermedias de conexión en edificio de Alimentación de Emergencia.
- Reemplazo de los cables de conexión de las sondas a las cajas de interconexión del puente de cables por un cable a prueba de LOCA de tipo GORE GSC-02-25197) con conectores LEMO-1041-FS.
- Nuevos cables de conexión entre las cajas intermedias del edificio de Alimentación de Emergencia y las cabinas electrónicas (tipo HEW SIHG (ST) GLHGLCSI-FRNC).

La Foto 4 presenta las nuevas cabinas electrónicas de control de las sondas de nivel suministro de Siemens AG.

Actuadores H&B

Se ha comenzado la renovación de un conjunto de actuadores de regulación H&B (plataforma para todas las válvulas de regulación de C.N. Trillo) con objeto de facilitar su mantenibilidad e incrementar el número de repuestos disponibles. El plan de modernización definido, contempla la obtención de repuestos para los actuadores actuales, la modernización de actuadores clave y la adquisición de sus repuestos.

En 2018 se han instalado en planta los primeros actuadores de regulación H&B de no seguridad.

La renovación planteada de los actuadores de regulación H&B de seguridad permitirá tener ex-



perencia práctica en el cambio de sistemas de seguridad (como la obtenida en C.N. Almaraz con la modernización del control de la turbobomba de agua de alimentación auxiliar).

Por la similitud de diseño con los originales y la facilidad de su integración con el sistema de control actual, se ha considerado que los nuevos actuadores Contrac de ABB son la mejor opción para la modernización.

Se ha diseñado un entorno local de simulación que permite comparar el funcionamiento y comportamiento de los actuadores nuevos frente a los antiguos, asegurando así su integración con los sistemas de control de planta de forma previa a la instalación

La Foto 5 presenta el aspecto del entorno local de simulación desarrollado durante el proyecto de modernización.

El proyecto, planteado en diferentes fases para minimizar los riesgos del mismo se extenderá hasta el año 2021.

ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA EN ÁREA ELÉCTRICA

Al igual que el plan I&C, el Plan Eléctrico de C.N. Trillo es un plan vivo que se actualiza anualmente con el objetivo de mantener un adecuado estado del arte, haciendo frente a los problemas de obsolescencia que se presentan, aportándose las mejores soluciones técnico-económicas.

Se encuentran en curso una serie de actuaciones adicionales como la actualización de las instalaciones de media tensión de 10 y 15 kV, y a medio plazo de renovación del regulador de tensión del generador principal.

Dentro del plan de Renovación de Equipo Eléctrico de C.N. Trillo, los equipos y sistemas más relevantes que se han modernizado en este período 2013-2018 son:

Renovación de los cargadores de batería del sistema de salvaguardia

Durante la recarga del año 2017 se sustituyeron cuatro de los cargadores de batería del sistema de salvaguardia.

La renovación de estos equipos se planteó por obsolescencia de los equipos instalados en origen y el cese por parte de AEG de la prestación de los servicios de reparación y mantenimiento de los equipos fabrica-

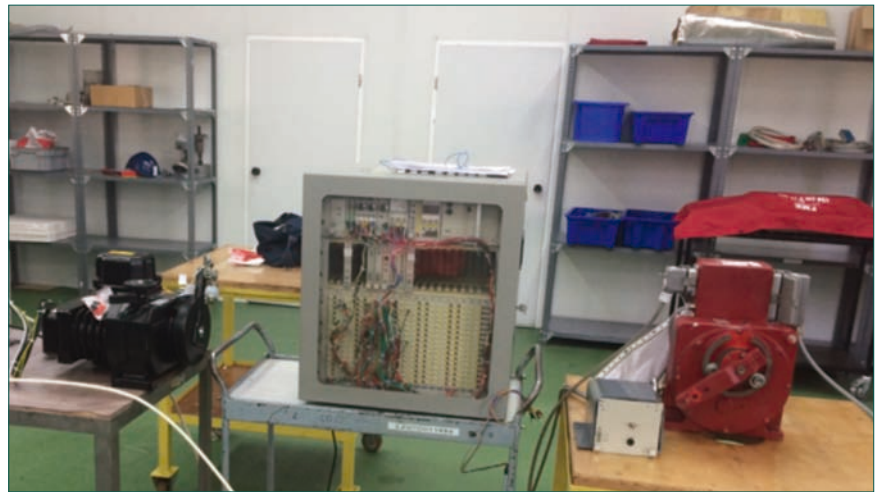


Foto 5.

dos antes del año 1996, como consecuencia del importante esfuerzo que supone su reparación, las elevadas exigencias de calidad asociadas al mantenimiento y reparación de los equipos, y el alcance de pruebas funcionales requeridas.

Además, la cantidad de componentes de repuesto disponibles en planta era limitada, y el fabricante ya había comunicado que no era posible suministrar repuestos para equipos con más de 20 años de antigüedad.

Se han sustituido los cargadores de batería de salvaguardia (220 Vcc y +/-24 Vcc) de un solo tren de salvaguardia. En el resto de redundancias de salvaguardia y emergencia se ha decidido mantener los equipos instalados.

La modificación realizada ha permitido garantizar la disponibilidad de repuestos a medio plazo. Los componentes de los equipos salientes quedan como repuesto de los cargadores de los trenes en que no se ha llevado a cabo la sustitución.

La Foto 6 muestra los nuevos cargadores de batería (220 Vcc) instalados.

Sustitución de un convertidor rotativo del sistema de alimentación ininterrumpida

Durante la recarga del año 2018 se ha sustituido uno de los convertidores rotativos del sistema de alimentación ininterrumpida.

Los convertidores rotativos instalados en origen son equipos electromecánicos constituidos por un motor de corriente continua y un generador de corriente alterna. Los motores de corriente continua utilizan escobillas

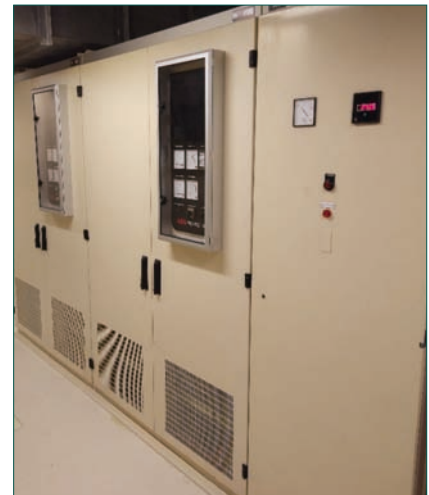
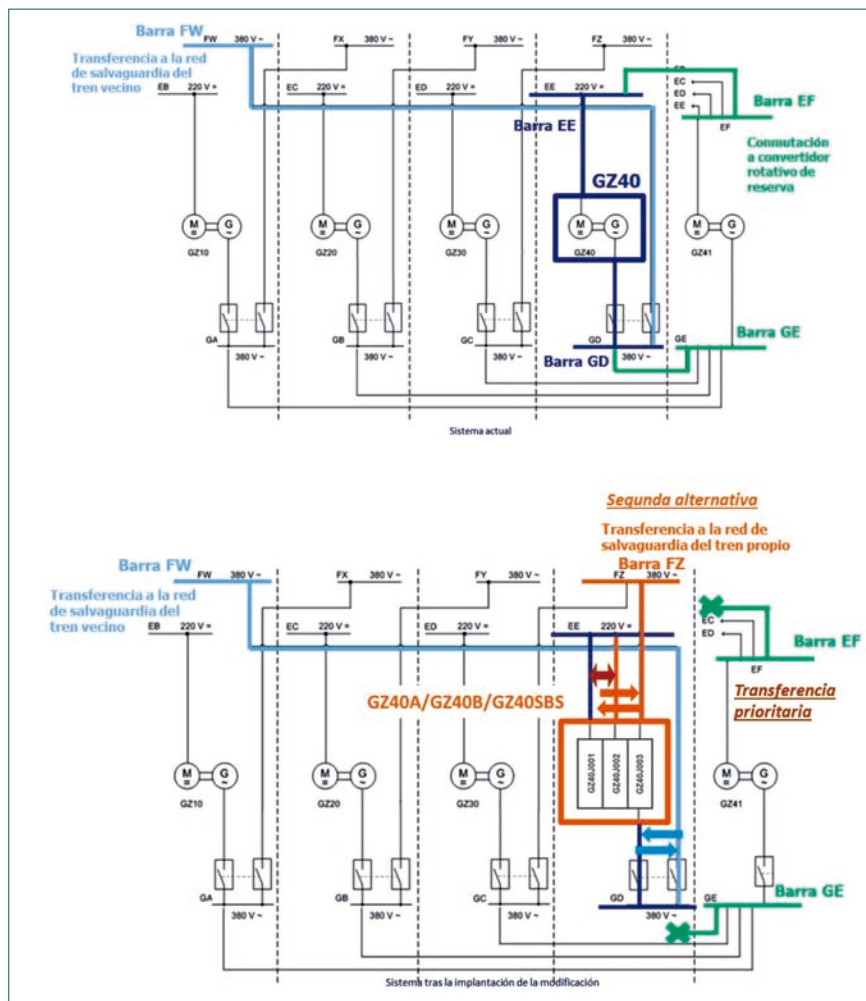


Foto 6.

de grafito. El polvo generado por el desgaste de las escobillas deteriora el comportamiento del aislamiento y ensucia el cubículo y los equipos. Este proceso de deterioro es continuo y acumulativo, requiriéndose una limpieza de mayor profundidad cada cierto tiempo, y la reposición periódica de las escobillas supone una merma en la disponibilidad de los equipos.

La decisión de acometer este proyecto se justifica como consecuencia del envejecimiento de los equipos actuales, sus elevadas necesidades de mantenimiento y las dificultades para conseguir repuestos. Al no disponerse de un equipo completo como repuesto, el fallo de un convertidor rotativo sin posibilidad de reparación tendría un efecto negativo para la disponibilidad de la Planta.

Se ha sustituido el convertidor rotativo de un solo tren de servicio ininterrumpido. En el resto de redun-



Figuras 1 y 2.

dancias se ha decidido mantener los equipos instalados. La modificación realizada ha permitido mejorar la fiabilidad y disponibilidad de la red de servicio ininterrumpido, reduciendo las necesidades de mantenimiento y garantizando la disponibilidad de repuestos a medio plazo. Los equipos salientes quedan como repuesto de los convertidores rotativos de los trenes en que no se ha llevado a cabo la sustitución.

El convertidor rotativo ha sido sustituido por uno estático de nueva tecnología y mayores prestaciones (disponibilidad y fiabilidad).

El alcance del proyecto ha sido el siguiente:

- Sustitución del convertidor rotativo GZ40 y de su armario de mando, que contiene los equipos de arranque, regulación de velocidad, sincronización, vigilancia, protecciones y enclavamientos, por dos inversores estáticos redundantes CC/CA del 100 % de capacidad.

Además, se ha instalado un nuevo bypass estático que permite la transferencia automática de alimentaciones a la corriente alterna del tren propio, manteniéndose la alimentación existente desde el tren vecino.

- Instalación de un nuevo panel de maniobra para mando local e indicación del estado de los interruptores y seccionadores del sistema de alimentación ininterrumpida.
- Nuevos tendidos de cables y modificaciones en cubículos de alimentación de barras de salvaguarda.
- Modificaciones en el panel de Sala de Control y nuevas alarmas.

Las Figuras 1 y 2 recogen la configuración del sistema de alimentación ininterrumpida antes y después de la modificación.

La Foto 7 muestra los nuevos inversores y bypass estático junto con el nuevo panel de maniobra para mando local e indicación del estado de los interruptores y seccionadores del



Foto 7.



Foto 8.

sistema de alimentación ininterrumpida.

Renovación de interruptores de baja tensión en cuadros de 660 V c.a., 380/220 V c.a., 220 V c.c. y 48/24 V c.c.

Los interruptores Otomax/Novomax de Siemens instalados en origen son modelos que se encuentran en cese de fabricación desde hace años y por tanto de los que no es posible conseguir repuestos. A esta circunstancia se une que estos interruptores incorporan relés electrónicos de protección que no presentaban la fiabilidad que les es requerida.

Se está realizando la sustitución progresiva de los interruptores instalados en origen por interruptores Emax de ABB. El plan contempla la sustitución de todos los interruptores de cabecera de barras y de alimentación a consumidores de 660 V y de 380 V y se instalarán en un período



de ocho años (2015-2022) para así optimizar los trabajos a realizar en recarga y minimizar la inversión anual necesaria.

La Foto 8 presenta los nuevos interruptores Emax.

Actualización de la calle de grupo del parque de 400 kV

Este proyecto se originó por obsolescencia de los equipos instalados en origen y las dificultades encontradas para el suministro de repuestos compatibles.

La subestación de 400 kV de Trillo no había tenido ninguna modernización relevante desde su construcción, mientras que subestaciones similares de REE ya habían sido renovadas y adecuadas al estado del arte.

La previsible evolución de la degradación de los componentes instalados y las servidumbres de mantenimiento que supone seguir utilizando interruptores SF₆ con accionamiento por aire comprimido, hicieron recomendable la renovación de los equipos instalados para garantizar unas condiciones óptimas de funcionamiento y la máxima fiabilidad.

Atendiendo a un criterio de homogeneidad de la modificación y de los equipos instalados se ha realizado la renovación completa del sistema, garantizando así el acceso a repuestos a largo plazo.

Las acciones realizadas entre los años 2015-2018 han consistido en la sustitución de los interruptores y seccionadores de la calle de grupo, la instalación de nuevos transformadores de tensión e intensidad, instalación de nuevos embarrados rígidos, así como nuevos cargadores de batería.

La Foto 9 presenta un detalle de la actualización de la calle de grupo del parque de 400 Kv.

Sistema de Detección e Identificación Fase Abierta (OPC)

El 30 de enero de 2012, en la Unidad 2 de la central nuclear de Byron (PWR) en EE.UU., estando la planta en operación al 100 % de potencia, se produjo un fallo mecánico en un aislador del parque que alimenta desde la red exterior a los dos transformadores arranque. Dicho problema denominado de Fase Abierta, provocó el disparo de reactor y turbina, produciéndose también daños en algunos equipos de planta.



Foto 9.

Posteriormente, en varias centrales nucleares se produjeron sucesos similares, siendo necesario realizar un estudio en profundidad ante la problemática del suceso de Fase Abierta. Este estudio dio lugar al WANO SOER 2015-01 en el que se identifica la posible no detección del suceso por los sistemas de protección eléctricos existentes y su posible impacto en equipos importantes para la seguridad.

Unesa mediante carta remitida al CSN informó de la propuesta de calendario para el estudio y resolución de los temas de pérdida de fase, con un plan que se abordará en tres fases que van desde el 2016 hasta fin de 2019.

La Condición de Fase Abierta (*Open Phase Condition*) es un modo de fallo común de los equipos de seguridad que no había sido previsto en el diseño de las centrales nucleares. Es, por tanto, necesario implantar las mejoras de diseño, además de las modificaciones de procedimientos y mejoras en la formación, para asegurar la respuesta adecuada ante las condiciones de Fase Abierta en cualquier situación posible de la central.

Las modificaciones a implantar consistirán en mejoras para la detección y protección ante un posible suceso de Fase Abierta (OPC):

- Protección de los motores (detección de tensión asimétrica, mediante relés 47, en barras normales, barras de salvaguardias, barras de fase aislada y secundarios de transformadores de reserva BT04/05).
- Conexiones de Red-Detección de OPC en la alimentación desde 400/220/132 kV (equipos ENGing).

- Mejoras de la información en Sala de Control (alarmas en el Panel de SC y nuevas alarmas en ordenador de proceso) para facilitar al operador la identificación del suceso de OPC.

Para los casos de ocurrencia de una Fase Abierta en los transformadores de C.N. Trillo que no puedan ser detectados por las protecciones convencionales, se implanta la novedosa solución técnica EMS TCM de ENGing. Al tratarse de equipos basados en software, no se les puede dar credibilidad como protección que origine actuaciones automáticas, siendo válidos solamente para la detección e identificación del suceso.

El sistema EMS TCM ha sido desarrollado por la empresa ENGing en colaboración de la Universidad de Coimbra. Dicho sistema nunca se había implementado en una central con la funcionalidad de detección de OPC y por ello fue necesario testarlo en una prueba real de Fase Abierta desarrollada en el transformador BT03 de C.N. Trillo, con resultado satisfactorio.

La Figura 3 representa la ubicación donde se han instalado las nuevas protecciones.

Las modificaciones se han implantado durante la recarga R430 (mayo-junio 2018). Durante el primer ciclo, las protecciones están inhibidas, solo generan alarma.

ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA EN ÁREA MECÁNICA

También en C.N. Trillo se dispone de un Plan Mecánico que se actualiza cada año.

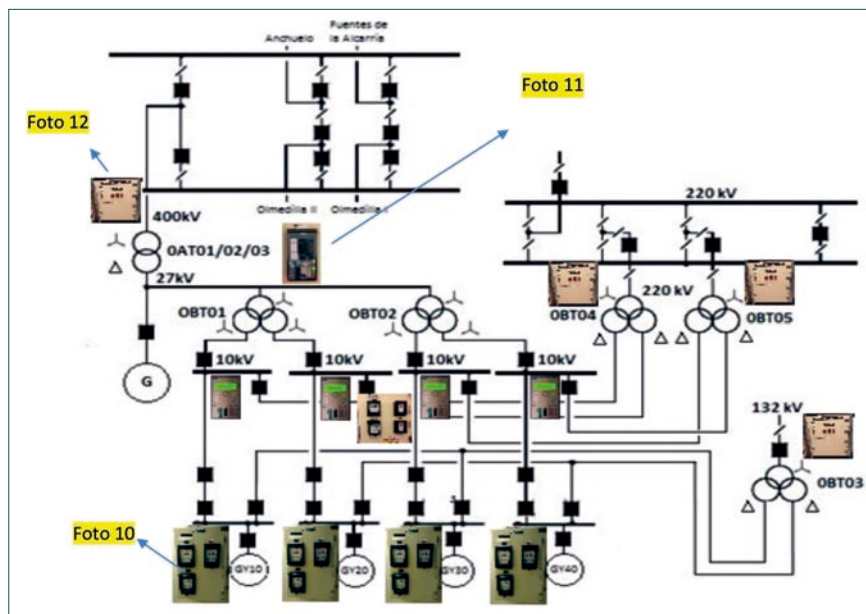


Figura 3.

Dentro del Plan de Renovación de Equipo Mecánico de C.N. Trillo, los equipos y sistemas más relevantes que se han modernizado en el período 2013-2018 son:

• Mejora del rendimiento del sistema de pretratamiento de agua UC2

Como consecuencia de la obsolescencia del sistema durante los años 2011 a 2013 se acomete la mejora del rendimiento del sistema de pretratamiento de agua, mediante:

- Sustitución de las lamelas del decantados lamelar.
- Modificación/rediseño del sistema de recogida y eliminación de fangos del decantados lamelar.
- Mejora del sistema de recogida y purga de fangos en la zona de los floculadores primario y secundario.
- Cubrimiento total o parcial del decantados lamelar y los floculadores, con el fin de disminuirla actividad microbiológica e impedir la proliferación de algas en el sistema.

Estos cambios han supuesto una mejora en el rendimiento del sistema UC2 y disminución de la servidumbre de mantenimiento del sistema y un ahorro tanto en reactivos químicos para conseguir la calidad del agua especificada a su salida como en el coste por necesidad de limpieza del sistema.

• Bleed & Feed del Sistema Primario (PBF)

La modificación consiste en la implantación de un sistema de alivio de presión del sistema primario que permita en caso de accidente severo, en los escenarios TLF (pérdida total de agua de alimentación, no RL, no RR, no RS) y de SBO poder llevar la planta a situación segura.

El alivio de presión se consigue a través de las válvulas existentes de seguridad y alivio del presionador, dotándolas de unos circuitos de apertura especiales para hacer frente a este accidente severo. Las modificaciones se realizan en el año 2013.

El esquema refleja el concepto de la modificación.

El alivio de presión del sistema primario se realiza mediante la apertura manual de las válvulas de seguridad y alivio del presionador. Para ello se instala, en cada una de las tres válvulas principales, un circuito de apertura con nuevas válvulas piloto PBF adosadas a las principales y línea de descarga al tanque de alivio (BLEED).

Además, se permite la reposición de inventario (FEED) con acumuladores y bombas de inyección de alta y baja presión, si están disponibles.

También ha sido necesario modificar las propias carcassas de las dos válvulas de seguridad y también la de alivio por otras de diseño com-



Foto 10.



Foto 11.



Foto 12.

pacto más robustas, a las que irán adosadas las válvulas motorizadas del PBF (Figura 4).

• Sustitución de HCFC

Este proyecto se originó para dar cumplimiento al Reglamento CE

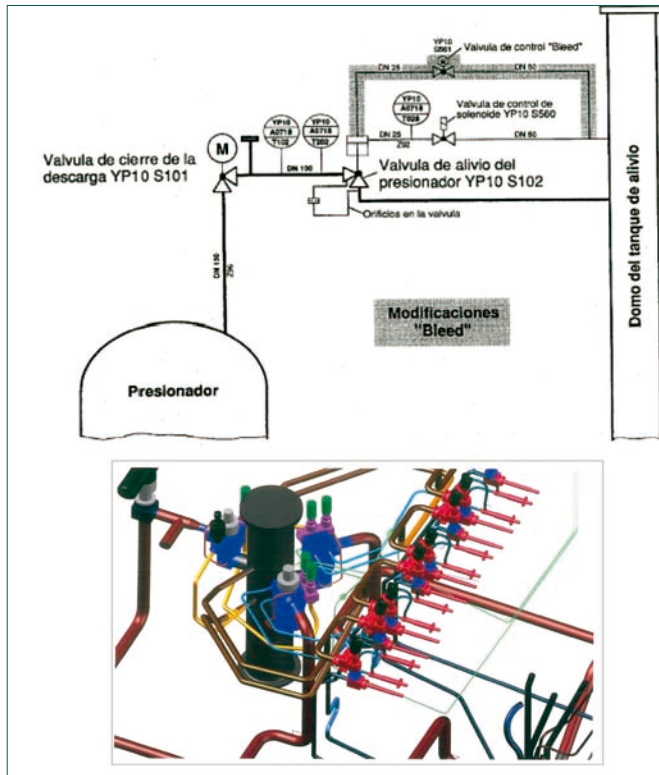


Figura 4. Bleed & Feed. Concepto y alcance.

nº1005/2009 sobre sustancias que agotan la capa de ozono, que establecía el 01/01/2015 como fecha de inicio de la prohibición del uso de refrigerantes HCFCs.

El proyecto se dividió en dos partes diferenciadas, en primer lugar, en 2013 se comenzó con la sustitución completa de los equipos de HVAC de los sistemas de ventilación UV y TL que tenían como gas refrigerante R-22 (HCFC) por equipos nuevos que utilizan como gas refrigerante R410A, finalizándose la implantación en 2014. (Foto 13).

La segunda parte del proyecto se comenzó a finales de 2015 y finalizó en 2017 siendo el objeto de la misma la adecuación de las tres unidades enfriadoras no esenciales que utilizaban R22 como refrigerante al nuevo refrigerante R-134A. Los principales cambios acometidos para la adecuación de las unidades enfriadoras no esenciales al nuevo refrigerante han sido el cambio del rotor del compresor por uno de menor diámetro y perfil más ancho, mecanizado de la guía de los álabes directores, instalación de válvulas de alivio y discos de ruptura y adecuación de la instrumentación a los cambios en los puntos de funcionamiento

PROYECTOS REGLAMENTARIOS

Tras la publicación en el BOE de la Instrucción de Seguridad IS-30 en 2011 y sus sucesivas revisiones C.N. Trillo acometió el estudio de detalle para verificar el cumplimiento con todos



Foto 13

de las unidades incluyendo el aumento de la temperatura de salida del agua enfriada en 1°C para minimizar la pérdida de rendimiento de las unidades enfriadoras. (Fotos 14 y 15).

sus requisitos. En algunos casos se solicitó al CSN la apreciación favorable para un cumplimiento equivalente, de forma justificada, y en otros casos, se procedió a la implantación de las modificaciones de diseño necesarias para satisfacer lo establecido por la IS-30. Como modificaciones más relevantes se pueden relacionar las siguientes:

- Automatización de sistemas de extinción manuales, junto a la revisión sistemática y adecuación de las protecciones pasivas, en zonas especiales con equipos de seguridad necesarios para la parada segura.
- Ampliación de cobertura sistema de PCI a todas las áreas de seguridad.

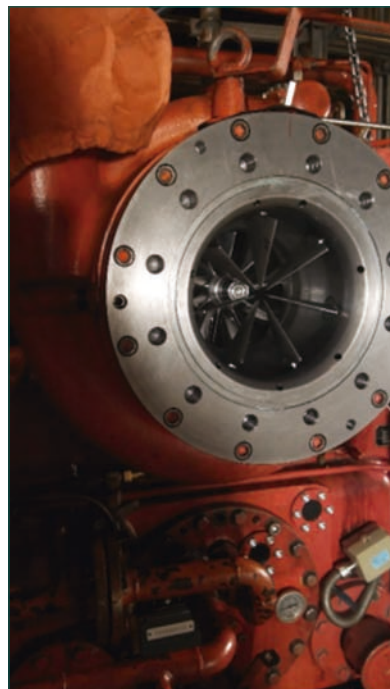


Foto 14.



Foto 15.



- Mejora de la iluminación de emergencia en zonas con intervención manual en caso de incendio e implantación de un sistema de cobertura inalámbrica
- Modificaciones encaminadas a evitar actuaciones espurias en circuitos asociados por efecto de un fuego único.
- Mejoras en los sistemas de detección que han conllevado la necesidad de renovación del parque de CLSC para dar cabida a las nuevas señales que no podían integrarse en los armarios existentes.
- Actualización del Análisis de Riesgo de Incendios.
- Desarrollo del Análisis Probabilístico de PCI.
- Dotar en algunas galerías de doble acometida de agua desde el anillo de PCI

El proyecto que se encuentra finalizado se ha desarrollado entre los años 2013-2018.

MEJORAS POST-FUKUSHIMA

Tras el accidente de la central de Fukushima Daichi, el CSN emitió Instrucciones Técnicas Complementarias en relación con las pruebas de resistencia y la pérdida de grandes áreas de la central, para implantación de mejoras en la seguridad derivadas de dicho accidente.

En respuesta a estos nuevos requisitos que van más allá de las bases de diseño, se han realizado en C.N. Trillo diferentes actuaciones, como la mejora de la red de pluviales, la realización de dos balsas para contener en ellas los vertidos radiactivos derivados de las actuaciones de mitigación de fugas, la realización de una área segura (losa sismica) para almacenar los diferentes equipos portátiles requeridos para el despliegue de las estrategias definidas, así como las conexiones fijas para la captación del agua desde las distintas fuentes disponibles.

Adicionalmente se ha dotado a la central de un sistema de venteo filtrado de la contención (SVFC) y de un centro alternativo de gestión de la emergencia (CAGE). Se describen a continuación las características más importantes de estos dos nuevos proyectos.

Sistema de venteo filtrado de la contención

En el Informe final de las pruebas de resistencia, C.N. Trillo adquirió el compromiso de implantar un sistema de venteo filtrado de la con-

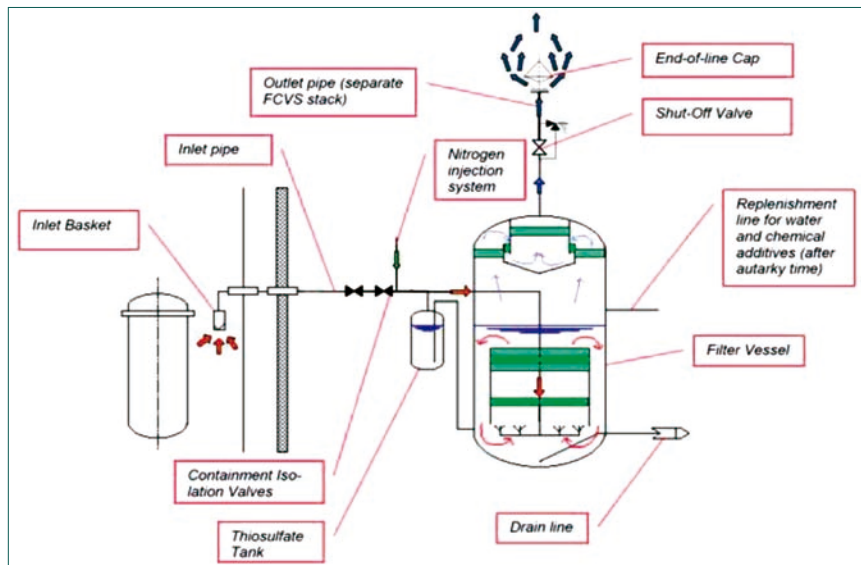


Figura 5.

tención (SVFC) con objeto de dotar a la central de diversas alternativas capaces de mitigar un accidente severo con presurización de la contención.

El sistema de venteo filtrado de la contención (SVFC) es un sistema de filtrado diseñado para hacer frente a accidentes severos con presurización de la contención, con dos objetivos:

- Garantizar la integridad de la contención mediante la despresuriza-

ción controlada de la misma en escenarios de sobrepresión debida la generación de vapor y gases incondensables durante un accidente severo.

- Minimizar el impacto radiológico del accidente sobre los trabajadores de la planta y el público en general, mediante la filtración de los gases radiactivos procedentes de la contención.

El SVFC consigue despresurizar la contención en un plazo razonable-



Foto 16

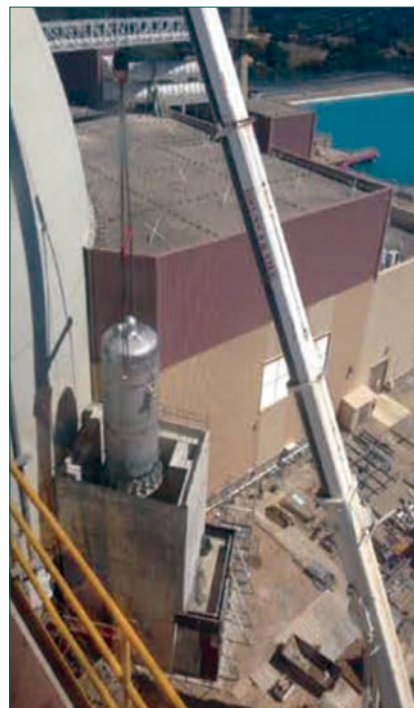


Foto 17

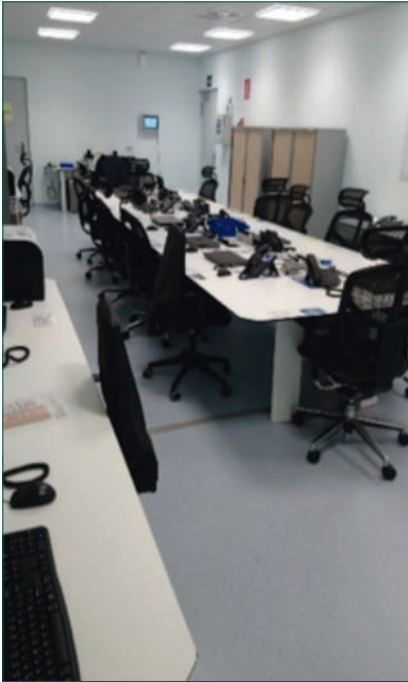


Foto 18.

mente corto de tiempo en condiciones de accidente severo, siendo un sistema completamente pasivo a partir de la apertura de las válvulas de aislamiento de contención, con un tiempo de autonomía de entre 24 y 72 horas.

En el alcance se considera la instalación de la vasija de elementos filtrantes, con todos sus servicios auxiliares, en un edificio nuevo específico cercano al edificio del reactor y los blindajes necesarios para la actuación remota de las válvulas manuales de aislamiento de la contención desde una sala del edificio de salvaguardias.

También se incluyen los servicios auxiliares al edificio del SVFC y sus equipos y las interacciones del nuevo sistema con otras ESC de planta adicionales a la contención ya mencionadas.

De manera general, el sistema está compuesto por los siguientes elementos:

- Cestas de entrada localizadas en el interior de la contención, cuyo objeto es evitar la entrada de pro-

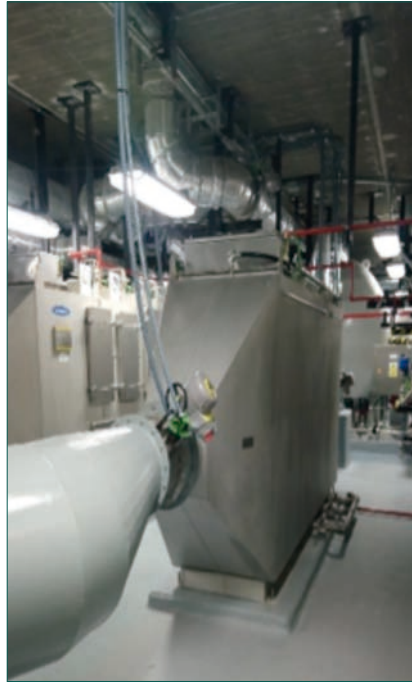


Foto 19.

yectiles y objetos extraños en el sistema.

- Línea de entrada al filtro desde contención, incluyendo las válvulas de aislamiento de la contención.
- Filtro húmedo.
- Tanque de aditivo.
- Línea de descarga del filtro y chimenea.
- Sistema de inertización con N₂.
- Instrumentación.
- Conexiones auxiliares del filtro.
- Edificio del SVFC.

El sistema está operativo desde diciembre 2017.

Derivado del condicionado, a finales del año 2018 se dotará al sistema de la instrumentación para la medida de la radiación de salida (medida de gases nobles mediante monitorización de gamma *online*) y a finales del año 2019 se dispondrá de un sistema para la toma de muestras para análisis de yodos y partículas.

En la Figura 5 se muestran un esquema del sistema SVFC.

La Foto 16 muestra el edificio que albergan el filtro húmedo, tanques de aditivos y la Sala de Control, que

contiene la instrumentación y el accionamiento remoto de las válvulas.

Adicionalmente, se muestra la maniobra de introducción del filtro húmedo en el edificio durante la fase de montaje del proyecto (Foto 17).

Centro alternativo de gestión de emergencias (CAGE)

El CAGE se ubica en zona segura y dispone de un diseño sísmico robusto tanto en su estructura como los sistemas clave (alimentación eléctrica, sistema habitabilidad y comunicaciones por radio), asegura una autonomía sin apoyo exterior de al menos 72 h y sirve de base alternativa para comunicaciones con el exterior mediante numerosos y diversos medios. Con este edificio se mejora la capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia más allá de las bases de diseño

Se trata de un edificio de hormigón armado, de forma paralelepípeda, de una sola planta, con dimensiones en planta de 30 x 35 m y altura libre de 4 m entre losa y forjado de cubierta, con una capacidad para 70 personas.

El CAGE cumple las funciones adicionales que le han sido requeridas, que se han estructurado en el edificio de la siguiente forma:

- ZONA TRANSICIÓN Y ENTRADA EN EMERGENCIA: engloba las áreas de servicios médicos, control radiológico, descontaminación y almacenamiento de materiales.
- ZONA DE GESTIÓN DE EMERGENCIAS: engloba las áreas de dirección y gestión de emergencias, así como las de infraestructuras, soporte comunicaciones y red de datos.
- ZONA DE DESCANSO: engloba las áreas de albergue, descanso y servicios para el personal
- ZONA DE EQUIPOS: sala donde se centralizan equipos como las unidades de filtración, cuadros eléctricos de alimentación, depósito de agua, etc.

El proyecto se inició en 2014, comenzándose las obras en enero de 2015 y se puso en servicio en noviembre de 2016. (Fotos 18 y 19). ■