

SANTA M^a DE GAROÑA, RETOS DE LA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL EN SU OPERACIÓN A LARGO PLAZO

La central nuclear de Santa María de Garoña (SMG) fue conectada a la red en 1971 y "desconectada", por razones económicas, en diciembre de 2012. Transcurrido un año de su "desconexión" Nuclenor solicitó una nueva licencia de explotación hasta el año 2031. Asegurar la operación de un modo seguro, fiable y eficiente de la central nuclear, desde el punto de vista de la Instrumentación y Control (I&C), plantea los siguientes retos: (1) garantizar que la instrumentación actual, tanto analógica como digital, no se convierta en un aspecto limitante de la operación de la planta. Y (2) incorporar la utilización de nuevas tecnologías que ayuden a mantener o mejorar los actuales factores de capacidad y a reducir los costes de generación. Este documento explica la estrategia preparada por Nuclenor para la gestión y modernización de los sistemas de I&C de SMG en previsión de su operación a largo plazo.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de Instrumentación y Control (I&C) de las centrales nucleares sustentan la fiabilidad y seguridad de su proceso de generación eléctrica a través de tres funciones básicas: la primera, suministrar información de los parámetros de la planta para monitorizar de forma precisa y fiable su funcionamiento, la segunda, regular de manera automática su proceso de generación, y la tercera, proteger la planta de "malfunciones" en componentes/sistemas así como de eventos anormales ocurridos durante dicho proceso de generación eléctrica.

Con dichas funciones en mente, se puede afirmar que la instrumentación monitoriza el funcionamiento de las centrales nucleares suministrando datos/información a los sistemas de control de la planta que permiten al personal de operación de las mismas identificar, anticipar, entender y responder a potenciales problemas.

La I&C contribuye a la seguridad de las centrales nucleares a través de controlar y limitar las condiciones

de funcionamiento de eventos operacionales adversos. Y contribuye a su optimización económica a través del mantenimiento/mejora de la fiabilidad y disponibilidad de la producción eléctrica de las mismas. Por tanto, se puede afirmar, sin ningún género de dudas, que la I&C de las centrales nucleares juega un rol principal a la hora de operar de manera segura y fiable las plantas nucleares. Además de sostener la operación rentable de las mismas a través del mantenimiento de equipos y sistemas, minimizando las paradas y pérdidas de producción no planificadas, y la gestión óptima de los diferentes activos y personas que participan en el proceso de generación eléctrica.

Por todo lo anterior, es lógico pensar que cualquier proceso de extensión de vida de las centrales nucleares debe de contemplar el desarrollo de un plan de gestión y modernización de los sistemas de I&C. Dependiendo el éxito o fracaso de dicho plan de cómo se gestionen los dos retos siguientes:



**JOSÉ IGNACIO ALÚTIZ
RUISÁNCHEZ**

Jefe de Mantenimiento Eléctrico e Instrumentación, y responsable de los proyectos de modernización de I&C.

C.N. SANTA MARÍA DE GAROÑA.

Ingeniero Industrial, especialidad de Electricidad y Control, por la Universidad de Cantabria.

SANTA MARÍA DE GAROÑA, GOALS OF I&C AT ITS LONG TERM OPERATION

Santa María de Garoña (SMG) Nuclear Power Plant is a GE BWR/3 connected to the grid in 1971 and operated by Nuclenor, S.A. It is owned by two of the largest Spanish electrical utilities, Endesa and Iberdrola, each with 50% ownership. Garoña was powered down in December 2012 due to financial reasons and was formally closed for decommissioning in July 2013. One year later, SMG has applied to re-open the plant until 2031. To ensure the continued safe, reliable and efficient operation of a Nuclear Power Plant (NPP), it is essential to address obsolescence, aging and reliability Instrumentation and Control (I&C) Issues, and must therefore take into consideration these two major issues with the following goals: (1) To ensure that current analog and digital I&C systems are not life-limiting issues for the operation of the plant. (2) To implement digital Instrumentation, Information & Control systems (II&C) technologies, improving efficiency and performance of the internal work processes, and, to monitor the main assets of the plant, targeting operation and management costs. This paper will describe the strategy developed for a single unit, in this case the SMG NPP, to face the above mentioned challenges.



- La obsolescencia y envejecimiento de los sistemas actuales.
- La incorporación de las "nuevas tecnologías" al proceso de generación eléctrica.

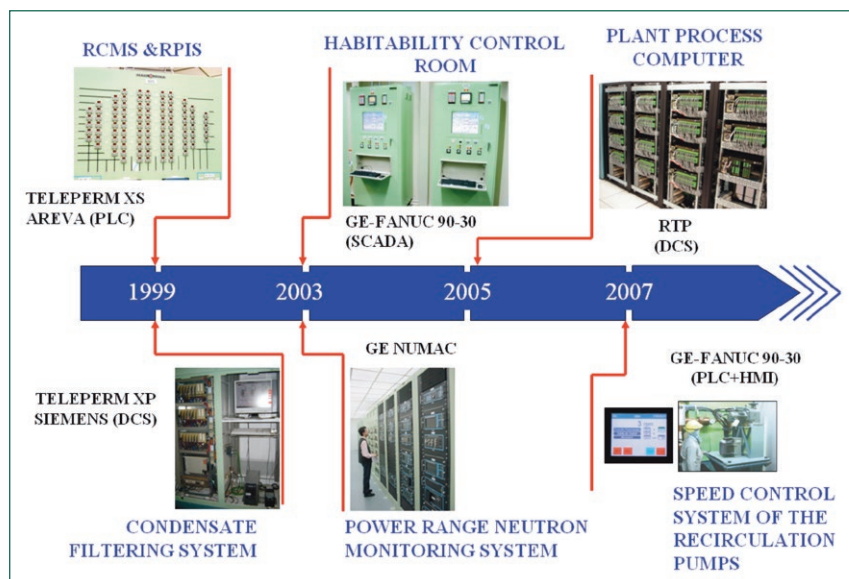
Por un lado, la variedad de tecnologías (analógicas/digitales) que constituyen las arquitecturas actuales de los sistemas de I&C hace indispensable disponer de una metodología sistemática que gestione la obsolescencia y envejecimiento de dichos sistemas de manera que la fiabilidad futura de los mismos no se vea comprometida con el paso del tiempo.

Y por otro lado, la incorporación de "nuevas tecnologías" (wireless, sistemas de monitorización online, de analítica predictiva, de tratamiento digital de la información,...) se hace imprescindible para la viabilidad económica del funcionamiento de las centrales, mediante la optimización de procesos y tareas desarrolladas en las mismas, así como para poder cubrir las necesidades de vigilancia del envejecimiento de componentes (pasivos principalmente) que exigirá la extensión de vida de las centrales nucleares.

ANTECEDENTES

La central nuclear de Santa María de Garoña fue diseñada y construida en los 60 y conectada a la red en 1971 por General Electric. Está formada por una unidad con una potencia eléctrica de 466 MW cuya empresa propietaria, Nuclenor, está participada a partes iguales por Endesa e Iberdrola. Su licencia de explotación expiró en julio de 2013 y dejó de generar energía eléctrica en diciembre de 2012, fecha en la que se decidió la descarga de su núcleo a la piscina de combustible y el cese de su actividad. Con un factor de capacidad promedio superior al 90% durante los últimos 10 años de funcionamiento y siempre dentro de la respuesta del titular en la matriz de acción de los indicadores del sistema de supervisión del regulador, su parada fue decidida por razones meramente económicas.

En mayo de 2014 se solicitó por parte de Nuclenor al Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR) la renovación de la licencia de explotación hasta 2031. Año que supondría una extensión de vida de la central hasta los 60 años similar, por otra parte, al de plantas nucleares análogas de Estados Unidos. Renovación que actualmente se encuentra en proceso



de evaluación por parte del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) español.

Es en este contexto de funcionamiento a 60 años donde se hace necesario el desarrollo de una política de actualización tecnológica y visión a largo plazo que garantice el funcionamiento de la central nuclear de Santa María de Garoña.

Desde luego que la sustitución de sistemas y/o componentes de I&C de la central por motivos de obsolescencia y envejecimiento no es un tema nuevo para SMG. La Figura 1 muestra cronológicamente los principales proyectos de modernización llevados a cabo en Garoña durante los últimos años de funcionamiento de la central incluyendo las plataformas digitales utilizadas para cada sistema. Si bien la modernización de sistemas y componentes ha sido un proceso táctico motivado por situaciones y problemas que habían derivado en incidentes y/o pérdidas de producción para las que no se disponía de un plan estratégico en el tiempo. En cualquier caso, se puede deducir de la figura anterior que SMG dispone, actualmente, de sistemas de I&C analógicos y digitales, lo cual ahonda más, como se menciona en la introducción, en la necesidad de una sistematización de la gestión de vida de sistemas con una gran diversidad tecnológica.

Muchos y variados son los factores que han limitado y limitan el desarrollo de una estrategia en el largo plazo de la I&C en las centrales nucleares. La experiencia de Santa María de Garoña resalta los siguientes:

- Razones económicas.** Hay que tener presente que los proyectos de I&C "compiten" con otros proyectos

Figura 1. Principales Modificaciones digitales desarrolladas en la Central Nuclear de Santa María de Garoña.

internos por fondos económicos. Proyectos que en muchos casos requieren grandes inversiones económicas y que son requeridos por el organismo regulador. Sirva de ejemplo, sin tener que remontarse en el tiempo, los requerimiento del CSN para arrancar de nuevo Garoña: sistema de venteo filtrado, sistema de recombinación de hidrógeno, Centro Exterior de Emergencias, sistema de reserva de tratamiento de gases y separación física de trenes eléctricos.

- Impacto en la duración de las paradas de recarga. Su gestión hace complicado la implantación simultánea de proyectos de modernización.
- Limitación de recursos de ingeniería y mantenimiento, que dificulta el desarrollo de los proyectos.

En cualquier caso, todos esos puntos, a la vez que limitantes, han funcionado en SMG como palancas impulsoras de un plan estratégico que se hace necesario para gestionar, de manera ordenada, las necesidades (flujos de caja y recursos) que implican los retos de fiabilidad y optimización económica que plantea el funcionamiento a largo plazo de la central nuclear de Santa María de Garoña.

PLAN ESTRATÉGICO

"El plan de modernización de la central nuclear de Santa María de

Garofa se sustentará en dos pilares fundamentales. El primero, gestionará el envejecimiento y obsolescencia de la I&C actualmente instalada con el objetivo de asegurar que no suponga un factor limitante para la operación de la planta durante los próximos 20 años. Y el segundo, implementará el desarrollo y utilización de nuevas tecnologías que mejoren la eficiencia de los procesos internos y la monitorización de los principales activos de la planta de forma que ayuden a conseguir los objetivos de rendimiento y gestión de costes de Nuclenor”.

El párrafo anterior constituye la misión del plan estratégico sobre la I&C desarrollado por Nuclenor para afrontar con garantías de éxito la operación de la planta hasta 2031. Establece el marco común objetivo para la empresa en todos los aspectos relacionados con la I&C y hace frente a los dos grandes retos presentados en la introducción. Por un lado, la fiabilidad de la I&C actual de la planta y, por otro, la mejora de los recursos de la instalación a través de la utilización de nuevas tecnologías que ayuden a mejorar la viabilidad económica de la planta.

Para el primero de ellos, Nuclenor ha utilizado una metodología desarrollada por EPRI y aplicada en las

centrales nucleares americanas que afronta sistemáticamente mediante una programación temporal la gestión de vida de los sistemas/componentes de la central. Se puede hablar de una estrategia funcional de continuidad para la I&C.

Para el segundo de los retos, Nuclenor ha tomado como referencia no sólo el sector nuclear sino industrias similares como el aeronáutico y el “oil & gas” que están afrontando un entorno competitivo agresivo a través de un cambio de paradigma que transita desde los sistemas de I&C hacia los sistemas de II&C (Instrumentación, Información y Control) mediante la utilización de tecnologías digitales que favorezcan la conversión a un modelo centrado en la tecnología cuyo objetivo es optimizar los activos de la empresa. Este segundo bloque Nuclenor lo ha denominado *Estrategia SMART*. A continuación se detalla cada uno de los puntos mencionados.

Estrategia funcional de continuidad

La estrategia funcional de continuidad se sustenta en el documento de EPRI 1015087 [2], *Instrumentation and Control Strategies for plant-Wide and Fleet-Wide Cost reduction: Utility Application Guideline*, y se ha desarrollado con el objetivo de asegurar que los sistemas/componentes de I&C actuales no sean una cuestión limitante en la operación de la

central hasta el 2031. Con tal fin en mente, establece un marco temporal de 10 años, revisable cada cinco años, que proporciona y prioriza los sistemas/componentes de I&C que deben ser sustituidos en virtud de su envejecimiento, obsolescencia y fiabilidad.

El documento mencionado de EPRI establece cuatro opciones a la hora de elaborar un plan de modernización. Partiendo de la más agresiva hacia la más conservadora:

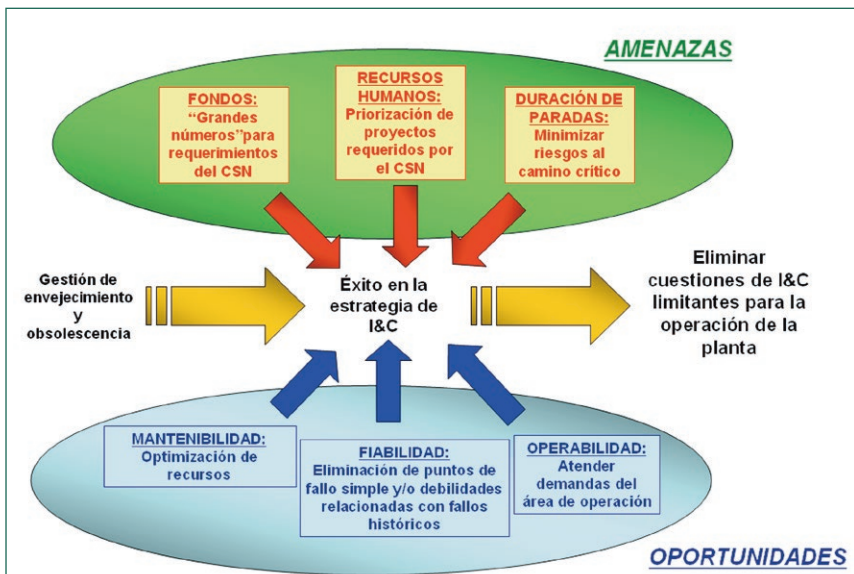
- La que se denomina “estrategia agresiva” que implica una sustitución amplia de la arquitectura de I&C de una central y cambios importantes en la forma que se operan y se mantienen las centrales nucleares actuales.
- Una “estrategia limitada en recursos” con un enfoque global de la planta pero más limitada que el caso anterior que gestione la obsolescencia y riesgos para la disponibilidad de la planta en cuestión.
- Una “estrategia de mejoras tácticas” que se centra en evaluar sistema a sistema con el objetivo de identificar y modificar los sistemas/componentes que tengan un alto riesgo para la disponibilidad de la planta.
- Y, por último, la que se denomina “estrategia de mantenimiento o sustitución de componentes” que se aproxima más a una sustitución de equipos (analógicos) por otros similares. Esta opción implica disponer de una gestión activa de repuestos para un tiempo establecido.

Las 6 fases seguidas por SMG para el desarrollo de esta estrategia de continuidad son:

1) Creación de un equipo multidisciplinar con miembros destacados de los principales departamentos de la Central, 2) Elección de la aproximación estratégica a seguir, 3) Identificación de los proyectos, 4) Realización de un análisis de alternativas, 5) Priorización de los proyectos y 6) Programación temporal de las modificaciones.

Para abordar el primer punto, es interesante analizar la Figura 2 que muestra las principales amenazas y oportunidades que conlleva la estrategia en sí misma. Siendo fácil entender porque el primer paso para garantizar el éxito futuro de la estra-

Figura 2. Amenazas y oportunidades de la estrategia de continuidad para la I&C en la Central Nuclear de Santa María de Garofa.





tegia es acercarla a los principales "actores" de la Central, es decir, operación, mantenimiento e ingeniería. Por ello SMG creó un equipo multidisciplinar con miembros "destacados" de los departamentos mencionados.

Una vez creado el equipo, el segundo paso es decidir el enfoque o aproximación a la estrategia a seguir. Dos son los aspectos que hay que tener en cuenta. El primero, que se debe de evitar focalizar las opciones de mejora desde un punto de vista sólo digital, teniendo en cuenta que actualmente el día a día de las personas viene marcado por un entorno totalmente digitalizado y, por tanto, es natural caer en esa tentación. El segundo, hay que evitar caer en las "redes" de la argumentación teórica que remarca las grandes ventajas que supone abordar los planes de modernización desde una visión de cambio "agresiva" que es en muchos casos la opción preferida de suministradores y teóricos del tema. Aunque la viabilidad del asunto se pone en entre dicho cuando llega el momento de ejecutar dicha estrategia.

Esa última afirmación se pone de manifiesto en el documento de EPRI 1015083 [3], "I&C Obsolescence Management Strategy: Pilot Study and Lessons Learned", el cual recopila las lecciones aprendidas por la industria nuclear a partir de las aplicaciones piloto llevadas a cabo por Exelon en sus plantas de Quad Cities, Clinton y Peach Bottom partiendo de las recomendaciones indicadas en el documento de EPRI 1015087 [2], mencionado al comienzo de este apartado, a partir de las opiniones manifestadas por personas significativas de Exelon que participaron en los procesos de planificación, aprobación, valoración presupuestaria y priorización de los proyectos seleccionados en la estrategia de I&C para dichas plantas tanto a nivel de Central como corporativa.

La conclusión más importante desde el punto de vista de SMG es que si bien el modelo estratégico inicial elegido era la "estrategia limitada en recursos" la realidad fue que acabó siendo realmente una "estrategia de mejoras tácticas" presionada por muchos factores, en muchos casos ya mencionados por la propia experiencia de SMG. Control del capital, limitaciones de recursos y problemas varios con los suministradores de los

sistemas. Fruto de la reflexión sobre las lecciones aprendidas en la modernización de la flota de Exelon surge la aproximación elegida por SMG:

- Para sistemas Relacionados con la Seguridad (RS), SMG ha decidido seguir una política de sustitución "like-for-like" (igual por igual) acorde con la cuarta de las estrategias presentadas en el documento de EPRI, "estrategia de mantenimiento o sustitución de componentes". Reconociendo que la sustitución de equipos RS por sistemas digitales supone un gran esfuerzo en recursos que son difíciles de manejar por una única planta.
- Para sistemas No Relacionados con la Seguridad, la aproximación más realista para una planta como SMG es la "estrategia de mejoras tácticas". Teniendo en cuenta la realidad de una organización como Exelon con 23 reactores, pensar para SMG otra alternativa es una quimera.

De las fases siguientes, la identificación de componentes y sistemas a incluir en la estrategia es la que más esfuerzo requiere. Dicha identificación en el caso de SMG se hizo a través de un panel de expertos creado a tal fin, un informe interno del departamento de mantenimiento de I&C sobre sistemas con problemas de mantenibilidad, un análisis de paradas automáticas y pérdidas de producción de los últimos 10 años en INPO y Garoña, y un análisis de vulnerabilidades de fallo simple en la arquitectura de I&C en SMG.

Para las fases de análisis, priorización y programación EPRI 1015087 [2] proporciona todas las actividades necesarias para llevarlas a cabo.

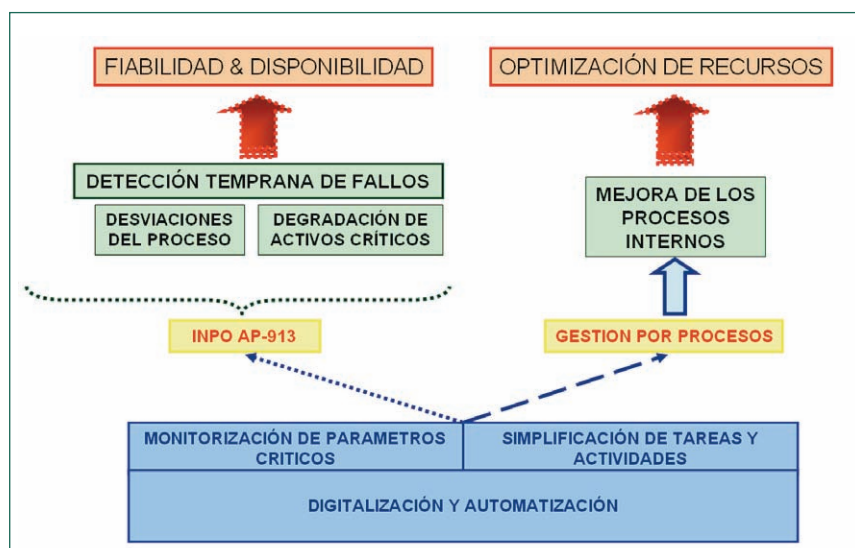
La gran diferencia entre el "antes" y el "ahora" de la estrategia de continuidad seguida es la sistematización del proceso. ¿Por qué es sistemática?, porque el proceso utilizado para desarrollar la estrategia tiene unas fases bien definidas y, lo que es más importante, personas de los departamentos claves de la central han trabajado conjuntamente para alcanzar un objetivo común.

Estrategia SMART

La palabra inglesa SMART significa inteligente. En términos de I&C, EPRI [4] define un componente SMART como aquel que continuamente monitoriza el estado de salud de los equipos en función de los modos de fallo y su vida útil remanente, predice la degradación y los fallos potenciales, e informa a los usuarios finales de la necesidad de mantenimiento y/o ajustes operacionales. Con capacidad de comunicación con otros componentes y formar una red que a su vez puede participar en otras redes de comunicaciones.

Para una planta de generación eléctrica, podemos hablar de proceso SMART cuando gestiona sus subprocesos de la forma más precisa

Figura 3. Alineamiento de la Digitalización con los objetivos de Nuclenor.



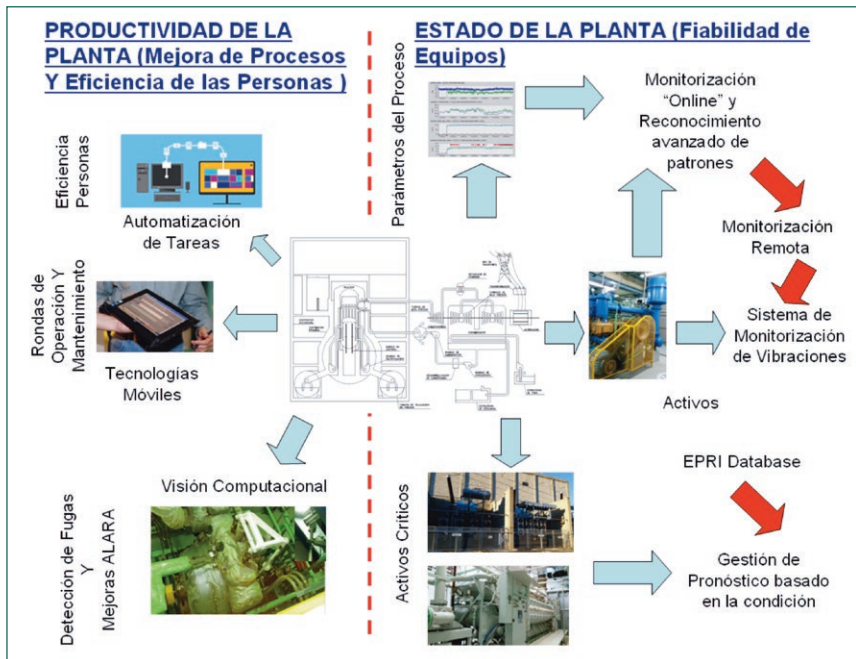


Figura 4. Hoja de Ruta de SMG para incorporación de nuevas tecnologías.

y más eficiente, a la vez, que de la forma económica más optimizada posible. Es a través de este concepto donde entra en juego la digitalización de la empresa. La figura 3, muestra los objetivos de Nuclenor en relación a dicho concepto dentro del marco de continuidad de la explotación de SMG.

Términos como conectividad, movilidad, análisis predictivo, wireless, big data, internet de las cosas, industria 4.0, fábrica 4.0 son términos que inundan la industria hoy en día y que tienen que ver con las capacidades que brindan las nuevas tecnologías. En ese sentido, la industria nuclear que se ha caracterizado históricamente por adoptar de manera muy lenta las nuevas tecnologías tiene un reto importante en la utilización de las mismas para la mejora de su productividad y la gestión de sus activos como palancas de optimización de sus costes operativos.

Organizaciones tan importantes en el ámbito de generación nuclear como son el DOE (Departamento de Energía de Estados Unidos) y EPRI están focalizando sus esfuerzos en ayudar a las plantas en la implantación de las nuevas tecnologías. Así queda recogido en un documento elaborado por el Idaho National Laboratory para el DOE cuyo título *Long-Term Instrumentation, Information, and Control Systems (II&C) Modernization Future Vision and Strategy* lo dice todo.

Partiendo de que las nuevas tecnologías deben integrarse en las plantas, Nuclenor ha preparado el posible escenario de continuidad de la Central Nuclear de Santa María de Garoña desarrollando un plan de convergencia entre las tradicionales tecnologías de operación con las nuevas tecnologías de la información. Para ello ha llevado a cabo procesos de *benchmarking* con empresas del sector nuclear americano que son referencia en este campo, Luminant y Exelon, y ha tenido reuniones con suministradores importantes de este tipo de tecnología para sectores como el aeronáutico y el de derivados del petróleo, a la vez que con empresas suministradoras de servicios para el parque nuclear europeo.

Como todo reto, la incorporación de nuevas tecnologías tiene oportunidades pero, también, amenazas. Aspectos como la ciberseguridad, la compatibilidad electromagnética y la adaptación tecnológica de la organización no son aspectos baladíes y deben de afrontarse con garantías de éxito. De ahí, que SMG haya optado por establecer proyectos piloto que permitan aprender y escalar rápido el proceso de incorporación de las nuevas tecnologías. La figura 4 representa de manera gráfica la hoja de ruta marcada por SMG para la adopción de las mismas.

CONCLUSIONES

En el contexto de extensión de vida de las centrales nucleares varias

son las lecciones aprendidas por Nuclenor durante el desarrollo de su estrategia de modernización de la Central Nuclear de Santa María de Garoña que pueden servir al parque nuclear español:

1. La necesidad de sistematizar la gestión del envejecimiento y la obsolescencia de la I&C actual a través de un plan estratégico integral de gestión de vida de la misma.
2. La sostenibilidad y la viabilidad de las plantas nucleares en el largo plazo pasa por implementar la utilización de nuevas tecnologías que ayuden a incrementar la fiabilidad de las plantas a la vez que a optimizar los procesos internos de trabajo.
3. El sector nuclear americano, así como sectores industriales regulados como el aeronáutico y el "oil&gas" pueden ser una buena referencia. Utilizar procesos de "benchmarking" con dicho sectores, así como con las centrales nucleares que ya tienen en marcha la digitalización de sus procesos puede ayudar al éxito de las estrategias de modernización de las plantas. ■

- [1]. International Atomic Energy Agency. Core Knowledge on instrumentation and control systems in nuclear power plants. Viena, IAEA Nuclear energy series. Año 2011.
- [2]. R. May, J. Hefler, R.Torok. Instrumentation and control strategies for plant-wide and fleet-wide cost reduction: utility application guideline. Palo-Alto, California 1015087 Electric Power Research Institute. Año 2007.
- [3]. B. Kurth, R. DiSandro, L. Nakama, R.Torok. I&C Obsolescence management strategy: Pilot study and lessons learned. EPRI, Palo-Alto, California, and Exelon Corporation, Kennett Square, Pennsylvania. 1015083 Electric Power Research Institute. Año 2008.
- [4]. D.Dobbins. Smart-Component Technology Assessment-2003: Smart-Component Development: Turning a concept into a Specification. EPRI, Palo-Alto, California. 1003490. Electric Power Research Institute. Año 2003.
- [5]. Idaho National Laboratory. Long-Term instrumentation, information, and control systems (II&C) modernization future vision and strategy. U.S. Department of Energy, Idaho Falls, Idaho. Año 2013.