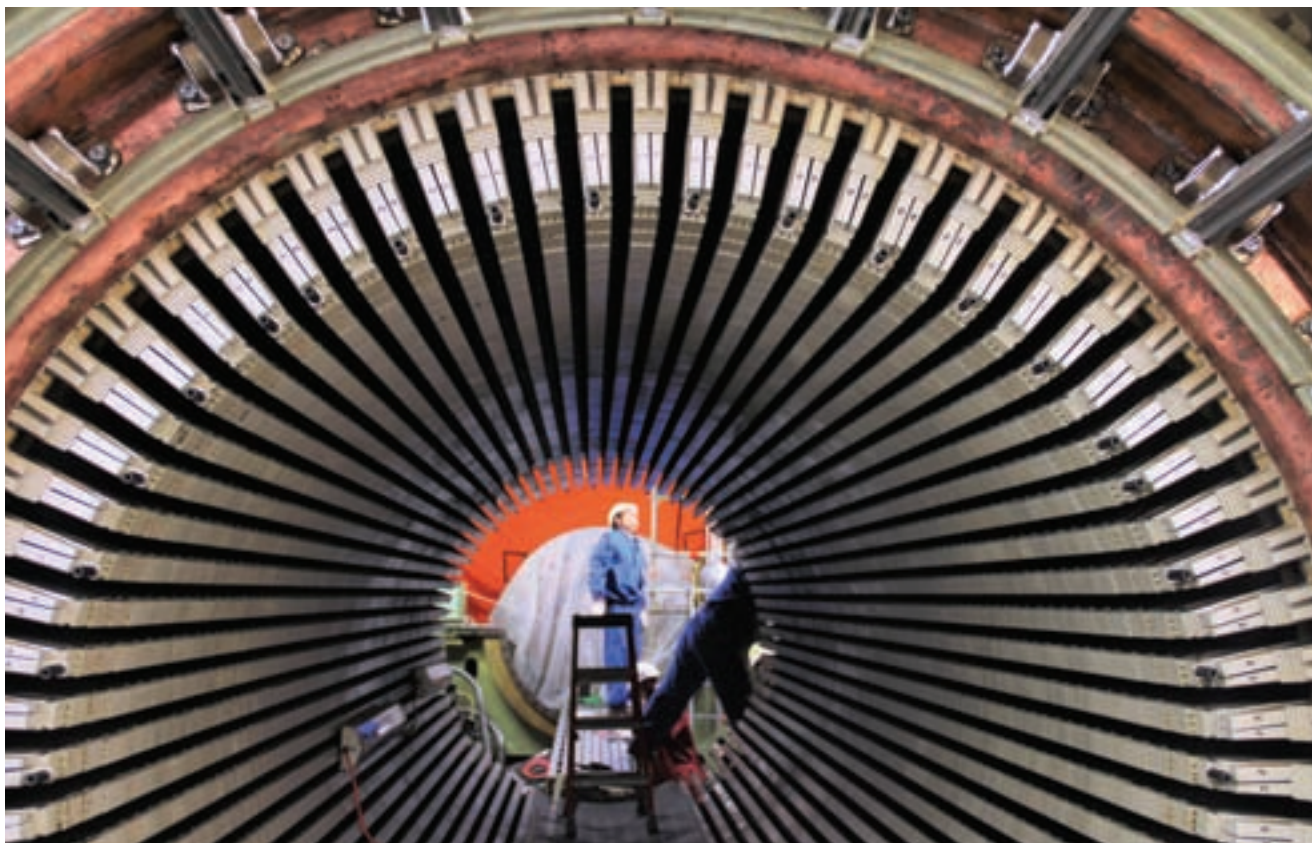




MODERNIZACIÓN Y ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA EN C.N. COFRENTES

Luis Yagüe

Uno de los objetivos primordiales de la energía nuclear es que su operación sea fiable, segura y predecible. Para lograr lo anterior es necesario tanto un buen diseño, como una mejora continua de los equipos que conforman las instalaciones y de los procesos de operación y mantenimiento de las mismas.

C.N. Cofrentes, tiene en marcha un proceso continuo de mejoras tecnológicas, procesos e innovación, para mantener la excelencia de la operación, en un entorno cada vez más cambiante y exigente.

ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA

Fruto del compromiso anterior, se han llevado a cabo mejoras tecnológicas relevantes en la instalación. A través de las modificaciones de diseño, se han actualizado aquellos sistemas más relevantes para la seguridad, aprovechando las mejoras derivadas de la evolución de la tecnología. En este sentido cabe destacar, por su complejidad o por su impacto en la fiabilidad los siguientes proyectos, implantados en los últimos años:

- Rebobinado del estátor.
- Sustitución del calentador de agua de alimentación 5B.
- Sistema de control distribuido de agua de alimentación.
- Sistema de venteo filtrado.
- Cambio sello de la turbobomba de agua de alimentación A.

Rebobinado del estátor

Durante la recarga de 2015 se llevó a cabo el rebobinado del generador (foto superior). El proyecto tuvo como objetivo corregir el envejecimiento de las bobinas y material de aislamiento que comenzaban a dar indicios de fallo potencial debido al envejeci-



Foto 1.



Foto 2.



Foto 3.

miento; esto permitiría en paralelo quitar la restricción de operar con un factor de potencia de 0,95 que limitaba las posibilidades de regulación del generador.

Sustitución del calentador 5B

Dentro de la renovación programada de equipos de la central nuclear, se llevan a cabo inspecciones rutinarias de los equipos más importantes de planta entre los que cabe destacar los calentadores de agua de alimentación.

Después del arranque tras la recarga de 2011, se detectó un aumento de caudal de drenaje del calentador 5B, lo que hacía suponer que había fugas en los tubos del lado carcasa. Aprovechando la parada de abril de 2012, se abrió el calentador para realizar una inspección de los tubos. Se taponaron 14 tubos adicionales a los 43 que ya tenía taponados. Como consecuencia de dichas intervenciones se planificó la sustitución del calentador 5B que finalmente se acometió durante la recarga de 2015 (Foto 1).

Actualmente existe un programa de inspecciones y seguimiento del estado

de los calentadores así como un plan de sustitución en función de los resultados de las inspecciones periódicas.

Sistema de control distribuido de agua de alimentación

Durante la recarga de 2015 se llevó a cabo la modernización del Sistema de control distribuido de agua de alimentación. El alcance de la modificación de diseño era implantar un nuevo control digital integrando: Medida de nivel, caudal de vapor y caudal de agua de alimentación; control de nivel en vasija; control de velocidad, protecciones, disparo por sobrevelocidad, virador y bombas de aceite de turbo bombas y control de válvulas motorizadas y neumáticas.

Destacar las mejoras obtenidas tras la modificación de diseño: mejor integración al permitirse una misma plataforma con control de turbina, integración de datos con ordenador de planta mediante comunicaciones digitales, pantallas táctiles facilitando integración en paneles, adaptación al personal de operación y personalización (Foto 2).

Sistema de venteo filtrado

Dentro de las mejoras derivadas de la experiencia del accidente de Fukushima, resaltar la instalación del sistema de venteo filtrado de contención (Foto 3). El diseño escogido fue el filtro seco diseñado por Worley Parsons consiste en una combinación de dos tipos de filtros:

- Filtro metálico para retención de aerosoles. Esta etapa del filtro está formada por varios módulos de geometría adaptable que contienen un número determinado de cartuchos de filtros HEPA, fabricados mediante la sinterización de fibras metálicas.
- Filtro basado en zeolitas activadas para retención de yodo. Se trata de un tanque de diseño cilíndrico, dentro del cual hay una canasta cilíndrica donde se alojan los absorbentes de las especies de yodo.

Cambio sello de la TBBA-A

En 1995 se sustituyó el sello de la turbobomba A pasando de laberíntico a mecánico (Figura 1), manteniéndose el sello original en la turbobomba B. El motivo del cambio de sellado era la mejora tecnológica (sistema de sellado más sencillo).

Una vez implantado el cambio, se han venido identificando deficiencias en el sellado, de las que se han derivado reducciones programadas de potencia de la central, para llevar a cabo la sustitución de los sellos. Se ha trabajado en diferentes soluciones con el objetivo de mejorar la fiabilidad: sustitución del tipo de sello, modificaciones en los sellos. Ninguna actuación ha llevado asociado un aumento claro del tiempo medio entre fallos.

Por otro lado la turbobomba B no tiene fallos asociados al sello laberíntico, por lo que se ha decidido implantar una modificación de diseño para la recarga de 2019 en la que se volverá

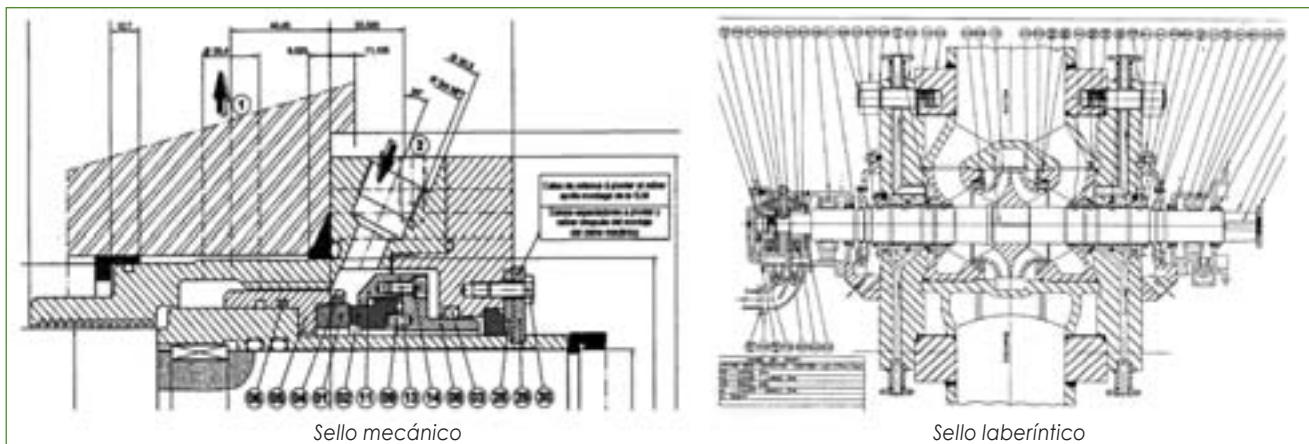


Figura 1.

a la configuración original de sello laberíntico en la turbobomba A.

MEJORA DE LA FIABILIDAD (10 años sin SCRAM)

Alcanzar y mantener la excelencia operativa y, por tanto, altos niveles de fiabilidad en una central nuclear, requiere disponer de procesos muy eficaces, con un equipo humano altamente cualificado y comprometido con la seguridad nuclear, así como una visión de largo plazo que permita gestionar la vida de los ESC (Equipos, Sistemas y Componentes) con una adecuada evaluación del riesgo de los mismos, a pesar de las incertidumbres asociadas a las previsiones de

plazos de operación que se dan en la actualidad.

Para alcanzar dicha excelencia C.N. Cofrentes ha tomado diferentes iniciativas a lo largo de los últimos años, tanto planes de choque (Plan de reducción de SCRAM, Plan de mejora de la fiabilidad), así como planes de continuidad con el desarrollo del proceso de fiabilidad de equipos (Figura 2).

Plan de Reducción de SCRAM

En octubre de 2008 se solicitó a INPO (Instituto de Operadores Nucleares) una *Technical Exchange Visit* (TEV) sobre reducción de SCRAM como consecuencia de los problemas ocurridos en los años anteriores.

La visita consistió en realizar un análisis de los SCRAM ocurridos en los anteriores 5 años, observación en campo de las labores de mantenimiento, operación y formación, así como entrevistas con el personal y revisión de los procedimientos (Figura 3).

Destacar las siguientes conclusiones extraídas de la visita:

- Ratio de SCRAM 1,5 a 2,5 veces superior frente a los BWR-6 y BWR de la flota americana.
- 45% de los SCRAM ocurrieron tras una parada frente al 11% en EE.UU. De los cuales se pueden atribuir la mayoría a cambios realizados durante las paradas.
- Fallo por error humano mayores que en la industria americana.
- Tasa de fallos por fallos de fiabilidad de equipos supusieron el 67% de los SCRAM.
- Elevado número de fallos asociados con el generador y agua de alimentación.

Derivado de lo anterior se desarrollaron planes de acción que abordaron diferentes áreas de la organización; mantenimiento, operación, ingeniería, factores humanos y formación, así como un plan para el refuerzo del liderazgo.

El hito de 10 años sin SCRAM ha supuesto la confirmación del resultado del plan llevado a cabo, que, junto con otras acciones sobre los equipos de la planta, ha reforzado la fiabilidad y la seguridad de la central.

Plan de Mejora de la Fiabilidad

La central nuclear de Cofrentes ha contado siempre con una alta fiabilidad desde su inicio de operación comercial en el año 1985 con un factor de carga medio acumulado del 85%. Desde el año 2009 la central ha mantenido unos factores de disponibilidad o de capacidad bienales superiores al 90% (Figura 4).



Figura 2.

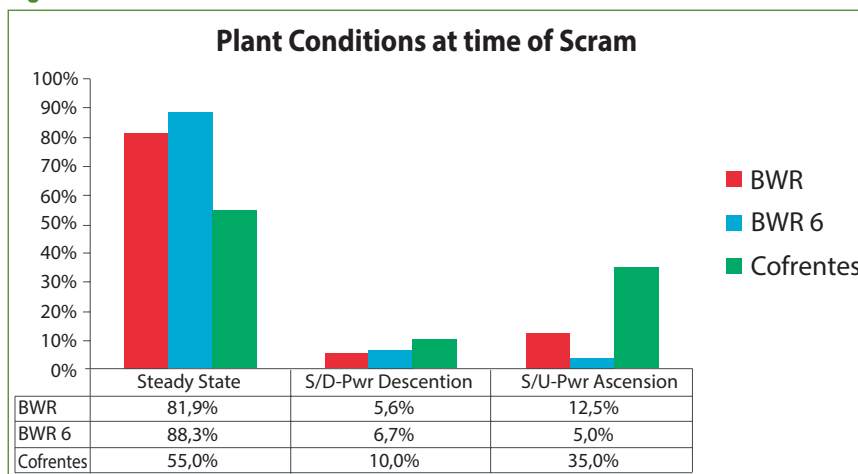


Figura 3.

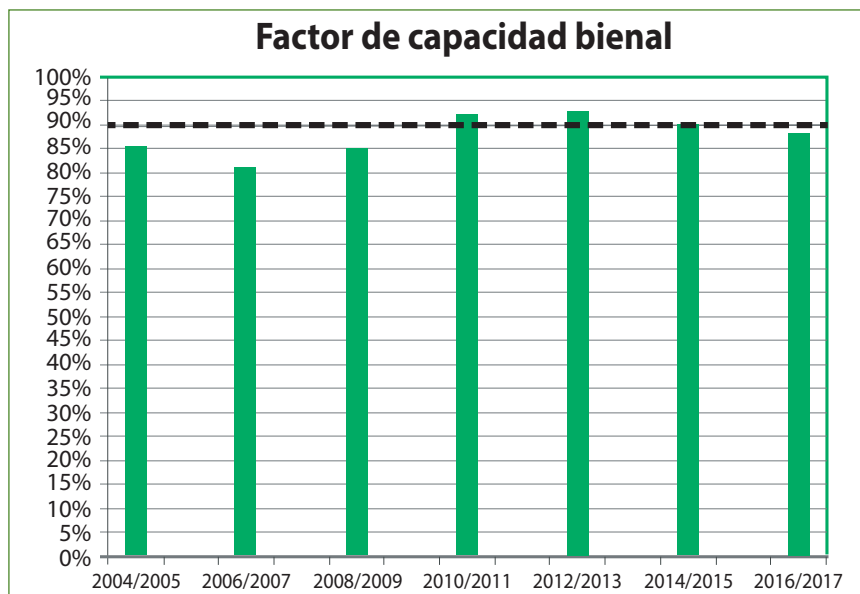


Figura 4. Factor de capacidad bienal de C.N. Cofrentes.

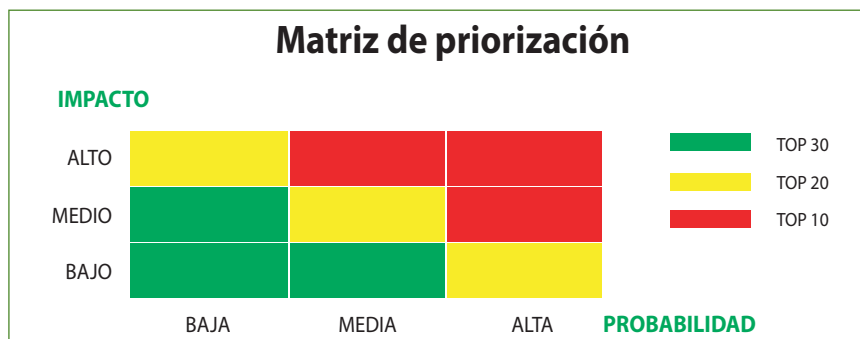


Figura 5. Matriz de priorización para proyectos sobre Estructuras, Sistemas y Componentes.

Este indicador global de fiabilidad (factor de capacidad) de la planta se complementa con otros datos como son la ausencia de paradas automáticas del reactor (SCRAM) desde el año 2009.

A pesar de lo anterior, como consecuencia de lo incidentes ocurridos tras la Recarga 21 llevada a cabo en octubre de 2017 (extensión de la recarga en 37 días, por avería en una válvula de retención del sistema de agua de alimentación, unido a dos paradas con un total de 14 días de duración, por fallo de las juntas de sellado de los accionadores de barras de control, CRD), C.N. Cofrentes decidió poner en marcha, el "Plan de Refuerzo de la Fiabilidad de C.N. Cofrentes". El objetivo de este plan era anticiparse a futuros sucesos que puedan suponer una pérdida de fiabilidad de la planta, suponiendo un reto y una motivación adicional para toda la organización.

Para realizar el Plan de Refuerzo de la Fiabilidad se ha utilizado la metodo-

logía establecida por INPO y descrita en los siguientes documentos:

- INPO 01-004: *Achieving High Equipment Reliability*.
- INPO 05-005: *Guidelines for Performance Improvements at Nuclear Power Stations*.
- AP-913: *Equipment Reliability Process Description*.

Se creó un grupo de trabajo multidisciplinar en el que estaban representadas todas las unidades organizativas de la central, con una supervisión continua por parte del Equipo de Dirección de C.N. Cofrentes. El análisis cubrió todos los eventos que han producido una pérdida de fiabilidad en el periodo (2004-2018).

Tras el análisis, se identificaron deficiencias y debilidades y se definieron planes de acción específicos para atajarlas, con un responsable, y un plazo determinado. Estos planes de acción se establecieron en tres áreas fundamentales:

1. Mejora de la fiabilidad de Estructuras, Sistemas y Componentes (ESC).
2. Mejora de la fiabilidad de las personas (Factor Humano).
3. Mejora de la fiabilidad de los procesos (Figura 5).

La ejecución de los planes de actuación se ha articulado a través del Plan de Gestión 2018-2022 de C.N. Cofrentes que refleja de forma nítida el compromiso y alineamiento de la Dirección con el Plan de Refuerzo de la Fiabilidad.

El Plan de Refuerzo de la Fiabilidad fue evaluado durante el mes de marzo de 2019 por un grupo de profesionales del grupo de propietarios BWROG de las compañías Exelon, Entergy, KKL, Xcel Energy, así como del tecnólogo GEH. El grupo de evaluación concluyó que el Plan de Refuerzo de la Fiabilidad está bien diseñado e implantado y que su aplicación fija las líneas maestras para llevar a la central a alcanzar los objetivos de fiabilidad definidos en el plan.

Fiabilidad de Equipos

C.N. Cofrentes ha desarrollado el Programa de Fiabilidad de Equipos en base al estándar de INPO AP-913. El objetivo del programa es mejorar la fiabilidad de los sistemas y componentes, para lo cual se han desarrollado informes de salud de sistemas, planes de monitorización y un plan de rondas por parte de los ingenieros de sistemas y componentes.

Con los informes de salud de sistemas, se consigue medir el funcionamiento de los sistemas, desde diferentes puntos de vista: regla de mantenimiento, incidentes, condición material, generación de energía, monitorización y diseño. En base a las puntuaciones el ingeniero dispone de un criterio para priorizar los aspectos a reforzar de sus sistemas (Figura 6).

Por otro lado, la monitorización de los sistemas permite anticiparse a los diferentes problemas que pueda haber en los mismos. Para ello el ingeniero de sistemas realiza una vigilancia en continuo de sus sistemas, definiendo aquellos parámetros a vigilar, rango de valores en los que deben estar, así como criterios de alarma en caso de desviarse de los valores previstos. La monitorización se realiza con diferentes herramientas, en función de las fuentes consultadas. Se dispone de información tanto de las pruebas de operación, mantenimiento preventivo, datos del ordenador de planta, etc.

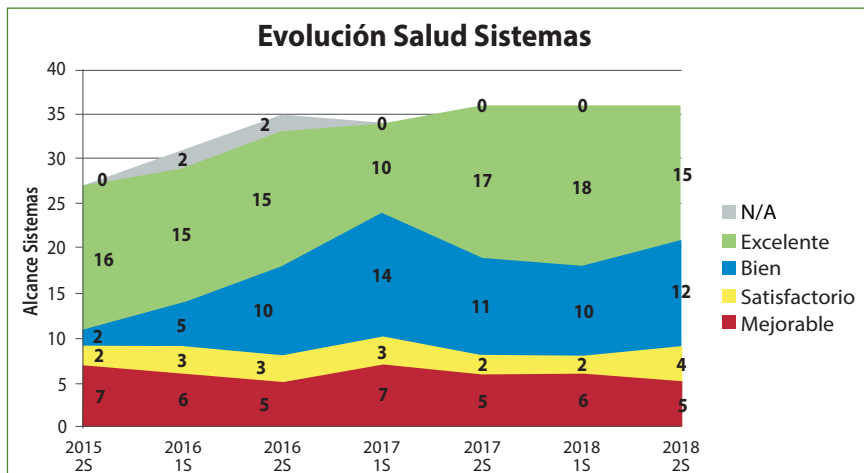
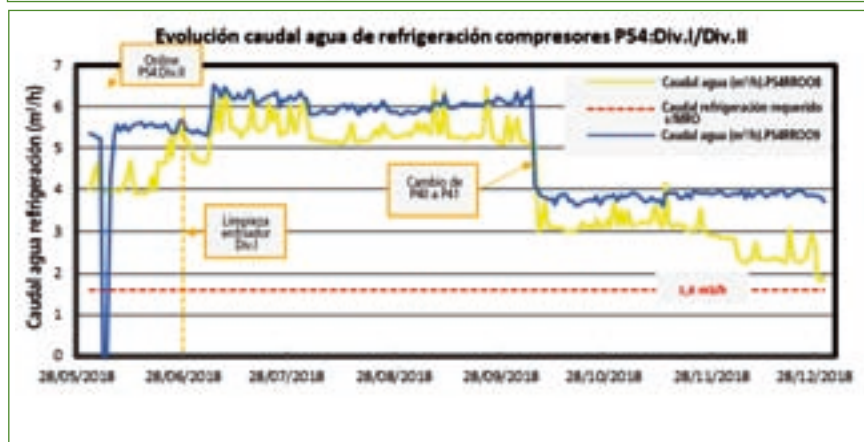
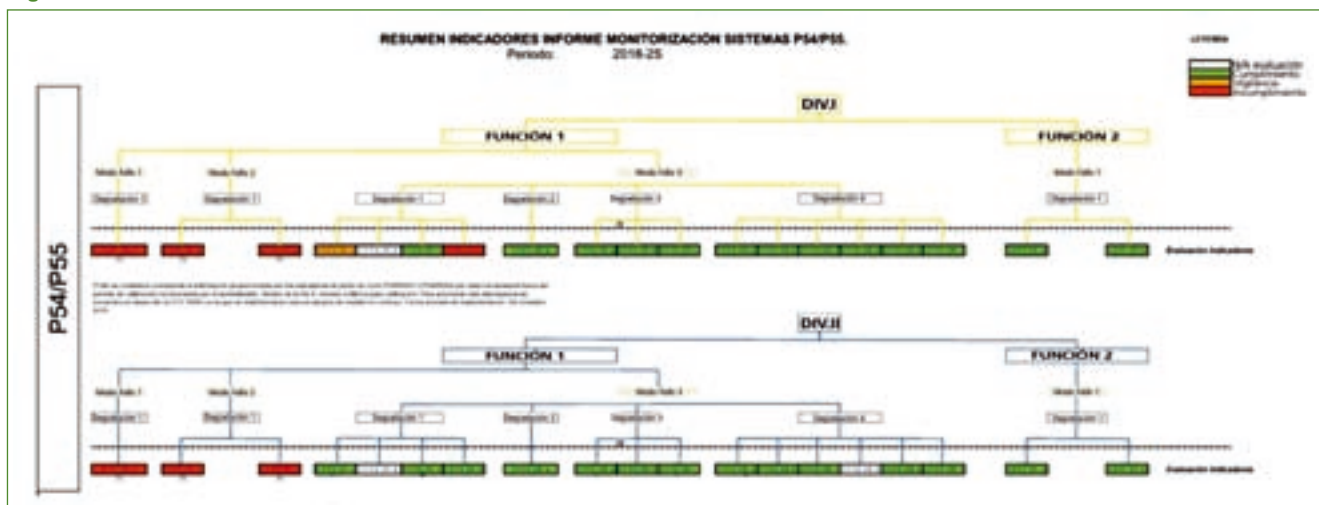


Figura 6. Evolución del estado de salud de los sistemas.



Figuras 7 y 8. Árbol de indicadores sistema de aire comprimido esencial.

A continuación, se muestra el árbol de indicadores de la monitorización de uno de los sistemas, junto con el seguimiento de una de las variables (Figuras 7 y 8).

Para completar el seguimiento y el conocimiento del día a día de los sistemas, por parte del ingeniero de sistemas, se viene reforzando la presencia del mismo en la planta; para

ello se ha establecido la Ronda del Ingeniero de Sistemas, así como el refuerzo en las supervisiones de las actividades rutinarias de la planta.

PLAN DE DIGITALIZACIÓN

A lo largo de más de 30 años, la central ha ido cambiando al ritmo al que las innovaciones tecnológicas se han ido incorporando a las instalaciones

de generación nuclear. Esta transición, desde el papel, al actual entorno digital, ha mantenido siempre los mismos objetivos que han guiado la evolución de la planta desde su puesta en marcha, y se formula en los siguientes términos:

*“La **transformación digital** en la central nuclear de Cofrentes es un esfuerzo continuo de toda la organización para integrar las herramientas y procesos del mundo digital y conseguir elevar los niveles de **seguridad, fiabilidad y rentabilidad** de la planta”*

A lo largo del año 2019, se está poniendo en marcha un Plan de Digita-

lización; este pretende estructurar y dar visibilidad al conjunto de actividades a acometer, tanto de gestión, como de mejora de sistemas, para evolucionar desde el mundo analógico hasta el universo digital. Dentro de este plan se han definido cinco pilares:

- 1. Procesos digitales:** digitalización de procesos, minimizando el uso del papel y favoreciendo el uso de plataformas compartidas.
- 2. Sistemas de control digitales:** modernización de sistemas de planta.
- 3. Robótica:** utilización de sistemas avanzados de inspección, especialmente en entornos de difícil acceso o con limitaciones de tipo radiológico.
- 4. Plataforma virtual y gemelos digitales:** realización de modelos 3D y fotorrealistas. Desarrollo de gemelos digitales para equipos críticos.
- 5. Ciberseguridad:** desarrollo de un entorno seguro para estas mejoras tecnológicas.■