

Organización y gestión del mantenimiento en las centrales nucleares Ascó y Vandellós II

M. Folguera y Á. Corral

El artículo se inicia con una descripción del marco internacional que, mediante instrucciones técnicas, guías y directrices, regula el mantenimiento de las centrales nucleares. Asimismo se describen las características de organización y gestión del mantenimiento en las CC.NN. operadas por ANAV. Dicha gestión se apoya en diversos procesos y programas entre los que destacan: la gestión de trabajos, la formación y cualificación del personal, la gestión de la experiencia operativa, la supervisión de los trabajos, la exclusión de materiales extraños, la gestión de trabajos en zona controlada y la preparación del mantenimiento para las paradas por recarga.

The article starts with a description of the international framework that, using technical instructions, guides and guidelines, regulates the maintenance of nuclear power plants. It also outlines the characteristics of the organization and management of maintenance in the NPP's operated by ANAV. Such management is supported in a variety of processes and programs among which are: work management, training and qualification, operational experience, supervision, foreign material exclusion, work management in RP areas and outage preparation.

OBJETIVOS Y CRITERIOS DE LAS ORGANIZACIONES DE MANTENIMIENTO DE LAS CENTRALES NUCLEARES

El objetivo de las organizaciones de mantenimiento de las centrales nucleares es prevenir los fallos de sus estructuras, sistemas y componentes (ESC), y recuperar en los equipos degradados su plena capacidad de apoyo a la operación segura y fiable de la planta. Además, la energía nuclear requiere una vigilancia, comunicación y cooperación internacionales y una comunidad de organizaciones reguladoras que tenga un firme compromiso con la seguridad y la excelencia en la explotación de las centrales. En este entorno, el mantenimiento de las centrales nucleares operadas por la Asociación Nuclear Ascó Vandellós II (ANAV) está regulado por instrucciones técnicas, guías y directrices emitidas por el CSN, el OIEA y WANO.

La guía de seguridad NS-G-2.6 *Maintenance, Surveillance and In-Service Inspection in Nuclear Power Plants* del OIEA establece así los requisitos mínimos que debe de cumplir una organización de mantenimiento de una central nuclear.

La directriz WANO GL 2001-03 *Guidelines for the Conduct of Maintenance at Nuclear Power Plants* describe las

prácticas necesarias para el desarrollo e implantación de programas eficaces de mantenimiento, orientados a la excelencia, que sirvan de apoyo para la consecución de los objetivos de desempeño y criterios establecidos por WANO.

Los objetivos de desempeño se describen en el documento WANO PO&C 2013-1 (*Performance Objectives and Criteria*) y son de amplio alcance, de modo que cada uno cubre una área de gestión única y bien definida. Los criterios de apoyo son de alcance más limitado y describen una actividad específica que contribuya al logro de un objetivo de desempeño.

Los dos objetivos de desempeño y sus criterios en el área de mantenimiento de las centrales nucleares son los siguientes:

- Fundamentos de Mantenimiento (MA.1)
 - Conocimientos del personal de mantenimiento.
 - Calidad alta del mantenimiento correctivo y preventivo.
 - Acciones meditadas y conservadoras.
 - Comunicación de la información técnica.
 - Sentido de la propiedad del desempeño de la planta.
- Personal suplementario.



MANUEL FOLGUERA MATEO

es ingeniero industrial (especialidad Electricidad) por la ETSII Barcelona, inicia en el año 1982 su vinculación a la industria nuclear como subjefe de Operación en CN Vandellós I. En la actualidad, y desde 2003, es jefe de Mantenimiento de CN Ascó.



ÁNGEL CORRAL

es licenciado en Máquinas Navales y jefe de Mantenimiento de CN Vandellós II, donde ingresó en 1999. Anteriormente trabajó en Universal's Port Aventura como jefe de Mantenimiento y en Stolt Nielsen Inc. como oficial de Máquinas.

• Conducta del Mantenimiento (MA.2)

- Excelencia en el desempeño de los equipos.
- Supervisión de primera línea.
- Programas y procesos.
- Personal suplementario.

Los WANO *Peer Review* evalúan periódicamente, en todas las centrales nucleares del mundo, el grado de cumplimiento de los objetivos de desempeño.

ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LAS CENTRALES NUCLEARES OPERADAS POR ANAV

Existen diferentes modelos de organizaciones de mantenimiento de centrales nucleares cuya tipología depende de factores como el número de reactores del emplazamiento, de los recursos corporativos de las empresas propietarias o de las experiencias pasadas de cada central.

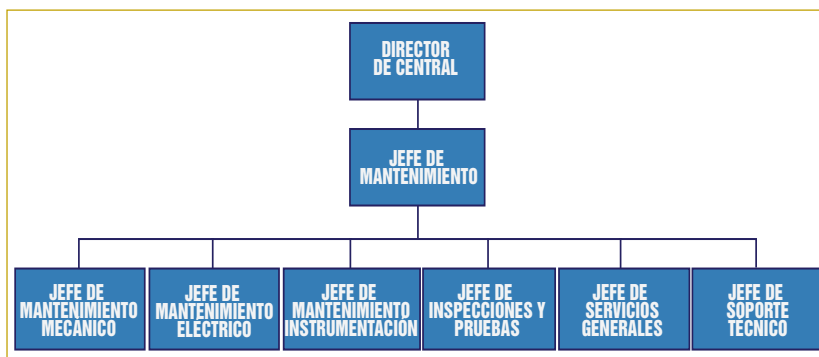


Figura 1.

En las centrales nucleares Ascó y Vandellós II, el jefe de Mantenimiento depende jerárquicamente del director de cada central y la organización de Mantenimiento se estructura en las siguientes unidades organizativas (Figura 1):

- Mantenimiento Mecánico.
- Mantenimiento Eléctrico.
- Mantenimiento de Instrumentación y Control.
- Mantenimiento de Inspecciones y Pruebas.
- Servicios Generales de Mantenimiento.
- Soporte Técnico de Mantenimiento.

Cada unidad tiene asignadas las siguientes funciones aplicables a su especialidad:

- Mantenimiento Mecánico, Eléctrico e Instrumentación y Control:
 - Definición y actualización de los planes de mantenimiento.
 - Determinación y solicitud de repuestos.
 - Preparación de los trabajos y de los paquetes de trabajo.
 - Ejecución y supervisión de las actividades de mantenimiento, programado y emergente.
 - Implantación de las modificaciones de diseño.
 - Definición y ejecución de pruebas post-mantenimiento.
 - Documentación y evaluación de los resultados de intervenciones.
 - Mantenimiento de útiles y herramientas y calibración de equipos de metrología.
- Mantenimiento de Inspecciones y Pruebas:
 - Ejecución y supervisión de los programas de inspecciones y pruebas de los manuales de inspección en servicio (MISI), de erosión-corrosión (MEC), de recomendaciones de vigilancia (MRV) y de inspecciones reglamentarias (MIR).
 - Ejecución y evaluación del programa de mantenimiento predictivo de equipos.

- Ejecución y evaluación de las pruebas de eficiencia de sistemas HVAC.
- Ejecución y evaluación de los programas de vigilancia de estructuras.

- Servicios Generales de Mantenimiento:

- Definición, ejecución y supervisión del plan de trabajos de los servicios de andamios, calorifugados, limpieza industrial, protección de huecos, apoyo a tratamiento de residuos, obra civil, recubrimientos y sellados.

- Soporte Técnico de Mantenimiento:

- Gestión del programa de la Regla de Mantenimiento.
- Evaluación y categorización de las incidencias que afecten a equipos de planta.
- Análisis de la experiencia operativa interna y externa de mantenimiento.
- Elaboración de informes periódicos de Mantenimiento.

Cada unidad es responsable además de la elaboración y actualización de sus procedimientos de ejecución y administrativos, así como la determinación de las necesidades de contratación, estableciendo las condiciones técnicas y supervisando la ejecución de los contratos.

GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LAS CENTRALES NUCLEARES OPERADAS POR ANAV

La gestión del mantenimiento de las centrales nucleares Ascó y Vandellós II se apoya en diversos procesos y programas. Algunos de ellos, como por ejemplo los procesos de materiales y servicios y de fiabilidad de equipos o los programas de seguridad industrial o de calibración de equipos de medida, son comunes en la gestión del mantenimiento industrial, pero otros son específicos de la industria nuclear o tienen diferencias significativas con el resto de industrias. A continuación se describen los más re-

levantes que aplican al mantenimiento de las centrales nucleares de ANAV y que son los siguientes:

- Proceso de gestión de trabajos planificados.
- Proceso de gestión de trabajos emergentes.
- Formación y cualificación del personal.
- Gestión de la experiencia operativa externa e interna.
- Supervisión de los trabajos de mantenimiento.
- Programa de Exclusión de Materiales Extraños.
- Gestión de trabajos en zona controlada.
- Preparación del mantenimiento para las paradas por recarga.

PROCESO DE GESTIÓN DE TRABAJOS PLANIFICADOS DE MANTENIMIENTO

Las intervenciones de mantenimiento que requieren descargo de equipos de seguridad suponen la indisponibilidad del equipo o sistema, por ello es necesario disponer de un proceso de planificación y control de trabajos robusto y eficiente que permita gestionar las actividades de mantenimiento y programarlas identificando el riesgo que supone la indisponibilidad de un determinado equipo o componente. Otros riesgos que deben de considerarse son la posibilidad de provocar un transitorio en la planta, riesgos radiológicos al personal, seguridad de las personas, etc.

El proceso de gestión de trabajos planificados de mantenimiento en ANAV se basa en la directriz INPO AP-928 *Work Management Process Description* y establece dos etapas para la planificación de los trabajos, la de ciclo y la de ventana rodante de 12 semanas.

La planificación del ciclo de operación de 18 meses es el resultado del análisis de los planes de mantenimiento y de las pruebas de vigilancia de la central, proporciona una visión estratégica de las actividades e inoperabilidades de equipos durante el ciclo y permite una toma de decisiones efectiva ante trabajos urgentes en equipos de seguridad, así como identificar las ventanas temporales más apropiadas para planificar y ejecutar los distintos trabajos.

La planificación mediante una secuencia de ventana rodante permite la preparación de las actividades mediante un programa de hitos distribuidos durante las 12 semanas previas a la de ejecución (semana T-0) (Figura 2).

Las semanas T-12 a T-11 son para la emisión y cribado inicial de la



Figura 2.

propuesta de alcance a ejecutar en la semana T-0. Los trabajos propuestos proceden del programa de ciclo y del paquete de trabajos emergentes prioridad 4 planificados a 12 semanas.

Las semanas T-11 a T-7 son de Planificación.

Durante la semana T-7 se realiza la congelación de alcance de la semana T-0.

Las semanas T-7 a T-3 son de Programación.

Durante la semana T-3 se realiza la congelación del programa de ejecución de la semana T-0.

Las semanas T-3 a T-1 son de Preparación para la ejecución de los trabajos.

La semana T-0 es la de ejecución de los trabajos.

Finalmente, la semana T+1 se destina a la Revisión y Evaluación del cumplimiento del programa para identificar debilidades y establecer acciones de mejora.

PROCESO DE GESTIÓN DE TRABAJOS EMERGENTES DE MANTENIMIENTO

Una gestión eficaz de los trabajos planificados de mantenimiento requiere establecer también un proceso y unos criterios de filtrado, clasificación y priorización de los trabajos y actividades emergentes que se puedan realizar con la central en operación a potencia.

La gestión de trabajos emergentes de mantenimiento se basa también en la directriz INPO AP-928, que establece criterios en función de la importancia o significación para el riesgo de la planta. Para ello, INPO utiliza una matriz de priorización de trabajos a potencia que clasifica cada trabajo emergente en una de las siguientes categorías (Figura 3):

Prioridad 1: Ejecución inmediata.

Prioridad 2: Programar en la primera ventana disponible dentro de las próximas 3 semanas.

Prioridad 3: Programar en la primera ventana disponible dentro de las próximas 12 semanas.

Prioridad 4: Programar según disponibilidad de recursos dentro del proceso normal.

Prioridad 5: Realizar el trabajo cuando la disponibilidad de recursos lo permita (trabajo de regulación).

FORMACIÓN Y CUALIFICACIÓN DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

ANAV tiene establecidos unos requisitos de entrada y una formación y entrenamiento que permitan asegurar que cada trabajador está cualificado para llevar a cabo de forma segura para sí mismo y para la instalación las funciones que tiene asignadas, así como desempeñar adecuadamente las responsabilidades de su puesto.

El personal de Mantenimiento que al ejercer sus funciones pueda afectar a la seguridad nuclear o a la protección radiológica de la central debe disponer de la cualificación requerida según lo dispuesto en la instrucción de seguridad del CSN IS-12 "Requisitos de cualificación y formación del personal sin licencia, de plantilla y externo, en el ámbito de las centrales nucleares".

El programa de formación para el personal de Mantenimiento está constituido por programas de formación inicial y programas de formación continua. (Figura 4).

El programa de formación inicial se aplica a todas las personas que por primera vez vayan a desempeñar un puesto de trabajo en Mantenimiento. Tiene una parte de formación básica y otra de formación específica del puesto y su objetivo es garantizar unas competencias mínimas iniciales.

La formación inicial específica se deduce directamente de los resultados del diseño sistemático de la for-

Figura 3.

		TIPO DE TRABAJO					
CLASIFICACIÓN DEL COMPONENTE IMPORTANCIA DEL TRABAJO		10	8	6	5,5	4	3
	10	1	2	3	3	4	4
	9	1	2	3	3	4	4
	8	2	3	3	3	4	4
	7	2	3	3	4	4	4
	6	3	3	4	4	4	5
	4	4	4	4	4	5	5
	2	4	4	4	5	5	5



Figura 4.



Figura 5.

mación en función de las tareas asignadas al puesto de trabajo.

Para el personal con responsabilidad y mando, el programa de formación inicial incluye adicionalmente materias de factores humanos y de gestión asociadas a su posición en la organización de mantenimiento.

El programa de formación continua se aplica con la finalidad de mantener o mejorar las competencias en el puesto de trabajo, tiene que estar en consonancia con las necesidades específicas de cada puesto. También se incluyen actividades prácticas a desarrollar en el simulador de factores humanos (Figura 5).

El control de la formación del personal de las empresas colaboradoras se basa en los requisitos establecidos por las unidades de mantenimiento en las especificaciones técnicas para la contratación de servicios.

Estos requisitos deben de cumplir como mínimo con lo establecido en la instrucción de seguridad IS-12 del CSN, en la parte correspondiente al personal externo cuyas funciones puedan afectar a la seguridad nuclear y la protección radiológica de las centrales.

Adicionalmente, a toda persona que trabaje en las CC.NN. de ANAV se le exige la formación de acceso prescrita en la ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales y, en el caso de trabajadores expuestos, en la instrucción IS-06 del CSN, por la que se definen los programas de formación en materia de protección radiológica en el ámbito de las instalaciones nucleares.

GESTIÓN DE LA EXPERIENCIA OPERATIVA EXTERNA E INTERNA

Las principales fuentes de experiencia operativa externa útil a las organizaciones de mantenimiento de ANAV son las siguientes:

- Guías y directrices de organizaciones internacionales del mundo nuclear, como WANO e INPO.
- Guías e instrucciones de los organismos reguladores, como el CSN y el OIEA.
- Boletines y recomendaciones de los fabricantes y suministradores de equipos de las centrales.
- Guías y grupos de trabajo de EPRI.
- *Benchmarking* con centrales nucleares de referencia.

Las de experiencia operativa interna son:

- Programa de Acciones Correctivas (PAC).
- La Regla de Mantenimiento (RM).
- Los análisis de causa raíz de sucesos notificables al CSN.
- Los programas de auto-evaluación.

De estas últimas son especialmente relevantes para Mantenimiento el PAC y la RM.

El PAC, que es fundamental para soportar una fuerte cultura de seguridad nuclear, es un programa integrado para la identificación, evaluación y resolución de problemas reales o potenciales, y de propuestas de mejora relacionadas con la explotación de la central así como la verificación de la efectividad de las acciones comprometidas.

La efectividad de los programas de mantenimiento en las centrales nucleares de ANAV se monitoriza mediante el programa de la Regla de

Mantenimiento (RM), que controla el comportamiento de las estructuras, sistemas y componentes (ESC) frente a objetivos establecidos para garantizar que son capaces de cumplir con sus funciones. La RM está regulada por la instrucción de seguridad del CSN IS-15 *Requisitos para la vigilancia de la eficacia del mantenimiento en centrales nucleares*, que define los criterios del programa. El alcance incluye las ESC relacionadas con la seguridad y las no relacionadas con la seguridad que sirvan de soporte de las funciones de las relacionadas con la seguridad.

Los objetivos de comportamiento de las ESC se establecen en la RM en base a criterios de fiabilidad, de disponibilidad y de condición, y se monitorizan en una ventana rodante de dos ciclos de funcionamiento de la central (36 meses). La superación de alguno de estos criterios o el incumplimiento de cualquiera de los objetivos establecidos implica realizar un análisis de determinación de causa del fallo o comportamiento inaceptable, identificar las acciones correctoras a realizar para evitar la recurrencia del mismo, y establecer un periodo de vigilancia y unos objetivos para comprobar la eficacia de las acciones implantadas.

SUPERVISIÓN DEL MANTENIMIENTO

La supervisión del mantenimiento tiene como objetivo una correcta ejecución de los trabajos, tanto desde el punto de vista del cumplimiento de los requisitos técnicos y de calidad aplicables como del comportamiento, constituyendo una barrera eficaz para evitar los errores e incidentes causados por prácticas de trabajo inadecuadas.

El programa de supervisión de ANAV se establece para todos los trabajos de mantenimiento, por lo que siempre deben de tener asignado un supervisor que valora la importancia desde el punto de vista de la seguridad, la dificultad y frecuencia, estableciendo el grado de supervisión. Es fundamental preservar la seguridad de los trabajadores, identificando las actividades con un riesgo significativo en las que una actuación inadecuada puede implicar daños a las personas y por tanto es necesario establecer actuaciones adicionales para prevenir errores durante su ejecución.

Se definen tres grados de supervisión (Figura 6):

- Supervisión Básica
- Supervisión Específica
- Supervisión Especial

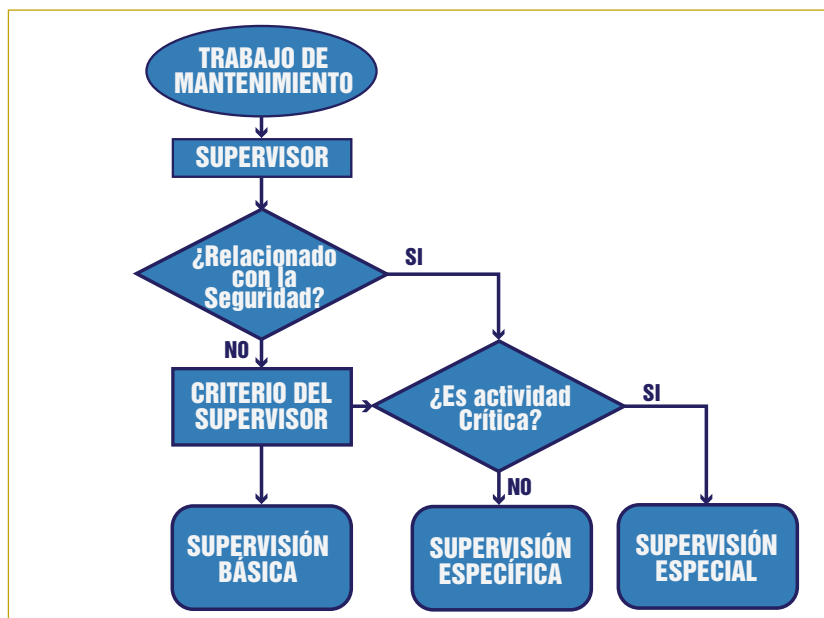


Figura 6.

PROGRAMA DE EXCLUSIÓN DE MATERIALES EXTRAÑOS EN LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

El objetivo del programa de Exclusión de Materiales Extraños es definir responsabilidades y acciones del personal así como prácticas de trabajo de mantenimiento adecuadas para prevenir la introducción de materiales extraños en sistemas y componentes de la planta que puedan producir la degradación o inoperabilidad de equipos, daños en el combustible y/o altos niveles de radiación y contaminación.

La eficacia del programa de Exclusión de Materiales Extraños se fundamenta en que todos los trabajadores sean capaces de identificar el riesgo de intrusión de materiales extraños en el lugar de trabajo y estén entrenados en las mejores prácticas para evitarlo.

GESTIÓN DE TRABAJOS EN ZONA CONTROLADA

El personal que deba realizar un trabajo o actividad de Mantenimiento en la zona controlada de alguno de los dos grupos de Ascó o Vandellós II está obligado a comunicarlo a la unidad de Protección Radiológica (PR), que es responsable de determinar si el trabajo requiere la tramitación de un Permiso de Trabajo con Radiaciones

(PTR). En todos los casos, PR informa a los trabajadores de Mantenimiento de las condiciones radiológicas de la zona donde se realizará el trabajo, así como de las instrucciones, recomendaciones y protecciones adicionales en caso que sean necesarias para la correcta ejecución del mismo.

El PTR es un documento que recoge la información básica del trabajo a realizar y sus condiciones radiológicas, así como los requisitos de protección. Los criterios por los cuales se determina la necesidad de abrir un PTR y el ámbito de aplicación de los mismos puede ser por la zona de trabajo o por el riesgo derivado de la actividad.

Si el trabajo debe de realizarse en áreas con una tasa de dosis alta se crea previamente un grupo ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) para la evaluación, preparación y seguimiento del mismo. Los grupos ALARA están integrados por personal de PR y de las unidades involucradas en la ejecución de la actividad.

PREPARACIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LAS PARADAS POR RECARGA

Las paradas en las centrales nucleares son necesarias para mejorar la fiabilidad general de los equipos de planta, para la recarga del combustible y para

la instalación de los proyectos de mejora y modificaciones importantes.

En los periodos de parada por recarga de las centrales nucleares operadas por ANAV se ejecutan entre 8.000 y 10.000 órdenes de trabajo, en unos plazos que son variables en función de las actividades principales programadas en cada recarga. Participan todas las organizaciones de ANAV y se incorporan más de 1.000 trabajadores adicionales procedentes de empresas externas, por lo tanto requieren unos altos niveles de coordinación y una preparación y ejecución cuidadosas de acuerdo con un plan bien desarrollado para garantizar la seguridad nuclear, radiológica e industrial, así como para alcanzar los objetivos con éxito. Los ciclos de operación entre paradas son de 18 meses.

Los hitos de preparación del mantenimiento para las paradas por recarga en Ascó y Vandellós II se basan en la guía EPRI 1014480 *Effective Refueling Outage Preparation and Execution Guidance*, que contiene una matriz de hitos incluyendo la ventana temporal disponible para la ejecución de cada uno de los hitos. Los relacionados con las actividades del mantenimiento se inician 18 meses antes de las paradas.■