

GESTIÓN INTEGRAL DE LAS INSPECCIONES ESTRUCTURALES EN CENTRALES DE CNAT



ANDRÉS BLANCO BARRIO

Jefe de Equipo de Inspecciones
EMPRESARIOS AGRUPADOS INTERNACIONAL

INTRODUCCIÓN

La inspección estructural de edificios de hormigón o estructura metálica, así como el soportado de equipos y componentes está especialmente dirigida a comprobar su seguridad respecto a la capacidad de carga y a la determinación de las expectativas de durabilidad en servicio. La seguridad de una estructura respecto a las acciones a las que está sometida sólo se puede garantizar si existe un coeficiente de seguridad aceptable, mientras que la durabilidad frente a las acciones ambientales será aceptable si la protección física y/o química de la que dispone es suficiente para la vida útil restante prevista.

Tras la entrada en vigor en las centrales nucleares españolas, en el año 1999, de la Regla de Mantenimiento y, posteriormente de otros programas de inspección estructural, mediante los cuales se daba cumplimiento a una serie de condiciones al permiso de explotación para cada una de las centrales, se comienzan a desarrollar trabajos de inspección de manera que pueda asegurarse que las estructuras, sistemas y componentes que conforman el conjunto una central son capaces de cumplir su función prevista, siguiendo las instrucciones emitidas por el Consejo de Seguridad Nuclear.

La implantación de los programas de inspección precisa de un amplio despliegue de medios, tanto materiales como humanos, que garanticen el cumplimiento estricto de los requerimientos establecidos por la normativa de referencia. El éxito en la gestión de los programas de inspección radica en la consecución sostenida en el tiempo de un adecuado mantenimiento y servicio de las estructuras causando el mínimo impacto sobre la operación de la planta

TRABAJOS DE INSPECCIÓN DESARROLLADOS EN INSTALACIONES DE CNAT

En septiembre de 1998 un equipo de ingenieros de Empresarios Agrupados junto a un ingeniero responsable de CNA pone en marcha los trabajos de inspección de estructuras en la Central Nuclear de Almaraz. En ese momento se lleva a cabo la inspección de todas aquellas estructuras y edificios, equipos y componentes categoría sísmica 1, además de las importantes para la seguridad con el objetivo de detectar los signos de deterioro existentes en las estructuras y servir de referencia de partida para el programa de inspección estructural de la Regla de Mantenimiento. Dicho programa, implantado a raíz de dicha inspección, requiere el seguimiento e inspección periódica de las estructuras civiles.



Inspección de estructuras acuáticas.

Posteriormente, en el año 2002, se pone en marcha el mismo programa de inspección, adaptado a las condiciones específicas del emplazamiento, para la Central Nuclear de Trillo.

Tras estas inspecciones de referencia e implantación de la Regla de Mantenimiento en las centrales de Almaraz y Trillo se desarrollan programas y requisitos de actuación relativos a la inspección y mantenimiento de estructuras de tal manera que el estado de las mismas sea monitorizado de forma suficiente para asegurar que dichas estructuras, sistemas y componentes son capaces de cumplir adecuadamente la función para la que fueron desarrollados. Estos programas de vigilancia, de tipo preventivo, y realizados en ciclos de inspección anuales, tienen por objeto la identificación con suficiente antelación, de posibles signos de degradación estructural, así como realizar actividades de mantenimiento para minimizar la degradación debida a las condiciones ambientales o fenómenos de envejecimiento.

A partir del desarrollo de los trabajos de inspección de Regla de Mantenimiento, la experiencia extraída de los mismos, unido a la aparición de nuevos requisitos regulatorios y la implantación de nuevas estructuras en las centrales, etc., los programas de inspección han ido evolucionando y ampliándose de manera constante llegando a desarrollarse nuevos programas de inspección estructural adicionales a los ya desarrollados en origen dentro de la Regla de Mantenimiento, como por ejemplo el de Gestión de Vida o Gestión del Envejecimiento de las centrales, regido por otro marco normativo. Desde la puesta en marcha de cada uno de los programas, ha sido fundamental para su éxito, el mantenimiento de un mismo proveedor de los servicios de inspección. Gracias a ello, se ha mantenido la actividad de las inspecciones estructurales en ambas centrales de manera ininterrumpida, organizando y documentando todas las actividades desarrolladas en ciclos de inspección de carácter anual. Esto ha permitido también el establecimiento de sinergias y la transmisión de aprendizajes entre centrales de diseños diferentes que han hecho posible la mejora continua de los programas de inspección.

Con anterioridad a las inspecciones estructurales, fueron llevadas a cabo otro tipo de inspección centradas en la verificación sísmica de los equipos de planta que tenían por objetivo la ve-



Inspecciones de zonas no accesibles.

rificación de la capacidad sísmica de equipos y componentes para garantizar la parada segura de la planta tras un sismo. La realización de estas inspecciones se lleva a cabo por personal de varias disciplinas (Ingenieros mecánicos, civiles, eléctricos o de Instrumentación y control) del mismo proveedor de servicios de inspección, los cuales son formados y entrenados previamente en la metodología de inspección, abarcando un amplio rango de sectores y tipos de inspección. Dentro de estas actividades se destaca el programa desarrollado entre los años 2001 y 2003 mediante el IPEEE sísmico, y que ha sido revisado y actualizado en varias ocasiones con posterioridad. Para el desarrollo de este programa se sigue la metodología de márgenes sísmicos desarrollada por EPRI, según la cual la realización de inspecciones en planta (walkdown) es una herramienta básica para determinar la robustez de la planta.

En la Tabla 1, y a modo de resumen, se muestra una tabla donde se recogen de manera esquemática todos los tipos de inspecciones desarrolladas por el proveedor de servicios en

PROGRAMA DE INSPECCIÓN	TIPO DE INSPECCIÓN	ELEMENTOS INSPECCIONADOS
REGLA DE MANTENIMIENTO	Inspección estructural	Inspección de edificios (hormigón y metálicos) Inspección del Recinto de la Contención Inspección de estructuras hidráulicas. Inspección de estructuras enterradas (túneles y galerías) Inspección de subestaciones y parques de transformación Inspección de anclajes de equipos Inspección de soportado de equipos Inspección de juntas sísmicas Inspección de tuberías Inspección de conducciones de cables
GESTIÓN DE VIDA	Inspección estructural. Inspección de equipos	Inspección de edificios (elementos auxiliares, zonas específicas, edificios fuera del alcance RM). Inspección de estructuras hidráulicas (superficies sumergidas y enterradas) Inspección de tanques y depósitos Inspección de muros desmontables Inspección de tuberías Inspección de conducciones de cables Inspección de recubrimientos Inspección de estructuras auxiliares
INSPECCIONES SÍSMICAS	Verificación capacidad sísmica de equipos	Programa de inspección IPEEE Programa de Verificación sísmica de montaje de nuevas Modificaciones de diseño

Tabla 1. Resumen trabajos de inspección según programas.

las instalaciones de CNAT y que han permitido cumplir con los requisitos establecidos.

HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE TRABAJOS DE INSPECCIÓN

Tal y como se ha ido desarrollando en los apartados anteriores, Empresarios Agrupados ha sido una parte activa muy importante en el desarrollo de los diversos trabajos de inspección, estructural y de carácter sísmico, llevados a cabo en las Centrales Nucleares de Almaraz y Trillo de manera ininterrumpida desde la puesta en marcha de los distintos programas. Parte del éxito de los programas radica en la participación de un mismo ejecutor de manera global en todo el proceso de inspección. Esto abarca desde el desarrollo y selección de los elementos a inspeccionar, la realización de los trabajos de inspección en sí, así como todo el trabajo de gabinete a desarrollar tras la ejecución de las inspecciones en campo como es la evaluación y justificación de las estructuras inspeccionadas, la propuesta de recomendaciones de reparación o mejora, el diseño, desarrollo e implantación de dichas propuestas así como el control de la correcta ejecución de las mismas y la documentación detallada de cada uno de los trabajos realizados.

El correcto desarrollo de los trabajos de inspección requiere de un grupo de trabajo específico para la realización de las inspecciones. Dicho grupo debe contar con una gran experiencia y conocimiento en los trabajos a desarrollar. La obtención de dicha experiencia es fruto de la actuación de un mismo organismo inspector de manera continuada en el tiempo en las centrales nucleares de CNAT. El grupo de inspectores debe estar formado con ingenieros de múltiples disciplinas con gran experiencia en el diseño, cálculo y puesta en marcha y funcionamiento de equipos y sistemas, adecuadamente formados y certificados conforme a los requisitos establecidos por los organismos internacionales reguladores aplicables a cada una de las inspecciones. Es preciso, con el objeto de dar soporte y apoyo al grupo de inspectores, el desarrollo de herramientas informáticas propias para la gestión, el control y documentación de todos los trabajos de inspección realizados, adaptadas a los condicionantes de cada una de las instalaciones.

Desarrollo de herramientas informáticas de Gestión

Dado el gran número de trabajos de inspección a desarrollar, con periodicidades, requerimientos y emplazamientos distintos, ha sido preciso desarrollar y establecer un potente programa de gestión que permita el adecuado cumplimiento de todos ellos. Bajo esta herramienta informática se integran todas las actividades que los programas y normativas demandan, desde el establecimiento de los planes y procedimientos de inspección, hasta la emisión de informes de resultados y control de ejecución de las actividades de reparación derivadas, pasando por la ejecución de los trabajos de inspección en planta y el control de la planificación de todas las inspecciones estructurales. Todo ello asegurando el objetivo de mantener las centrales en un óptimo estado de conservación y cumpliendo con los más altos estándares de seguridad propios de la industria.

La aplicación informática desarrollada permite la realización de múltiples tareas que integran los diferentes programas

de inspección de manera que los trabajos se lleven a cabo de la manera más eficiente posible, optimizando los recursos disponibles y creando sinergias entre las distintas centrales y programas. Entre las principales operaciones que se desarrollan a través de la aplicación destacan:

- Integración de programas y procedimientos de inspección.
- Elaboración de fichas de inspección.
- Elaboración de fichas de recomendaciones de reparación.
- Seguimiento de los programas de inspección.
- Seguimiento de los programas de reparación.
- Control de archivo fotográfico.
- Establecimiento de planificaciones anuales según las periodicidades establecidas en cada programa.
- Registro de resultados de todos los ciclos de inspección.
- Elaboración de informes de estado por ciclos o estructuras.
- Consulta de diversos aspectos relacionados con el control de los programas de inspección.

Desarrollo de sistema propio de Certificación de inspectores

La efectividad de las inspecciones y la validez de los resultados obtenidos dependen, en gran medida, de la capacidad y experiencia de los miembros de los equipos de inspección. Por tanto, para asegurar la calidad de las inspecciones se requieren, según el tipo de inspección, unas calificaciones, entrenamiento y certificaciones mínimas del personal que participe en ellas. Estas certificaciones se establecen, en cada caso, basadas en los requisitos establecidos por los organismos regulatorios de aplicación en cada caso.

Es fundamental que el equipo de inspección de la empresa ejecutora incluya ingenieros de múltiples disciplinas familiarizados, entre otras materias, con los procesos de envejecimiento del hormigón y mecanismos degradatorios, implantación y puesta en marcha y funcionamiento de sistemas y equipos, diseño y cualificación sísmica de equipos. Todos los participantes del equipo de inspección se seleccionan en base a su experiencia previa en tipo de estructura, equipo, sistema o componente a inspeccionar.

Cada una de las inspecciones se ha de llevar a cabo por uno o varios grupos de inspección, cada uno de los cuales integrado como mínimo por dos miembros calificados y asegurando la disposición de la experiencia requerida de



Inspección de sistema de tuberías.

acuerdo con los requisitos definidos por los organismos regulatorios de cada tipo de inspección. Para asegurar la correcta certificación de todos los miembros de los equipos de inspección, es de gran utilidad que la empresa inspectora cuente con un sistema propio de certificaciones, entre las que cómo mínimo deberían cubrir:

- Cualificación de inspectores de estructura metálica y de hormigón.
- Cualificación del personal que realiza ensayos no destructivos.
- Cualificación de inspectores de equipos mecánicos.
- Cualificación de inspectores de revestimientos.

En la Figura 1, se muestra un organigrama tipo de un equipo de inspecciones completo que permita afrontar gran parte de los trabajos requeridos en una instalación nuclear.

BENEFICIOS DE LOS PROGRAMAS DE INSPECCIÓN

El procedimiento general para evitar el deterioro de una instalación es inspeccionar con mayor o menor periodicidad el estado de la misma, prestando especial atención a los elementos más importantes y a los fenómenos más susceptibles de provocar el deterioro. Uno de los objetivos últimos de las inspecciones, además de verificar el correcto estado de las instalaciones, es el de establecer una serie de recomendaciones o propuestas de reparación que mediante pequeñas intervenciones de carácter preventivo y coste económico contenido se mitiguen los efectos del envejecimiento y disminuya la probabilidad de fallo a la vez que se aumenta el tiempo de funcionamiento de una instalación bajo las más estrictas premisas de seguridad propias del sector. A continuación, se muestra gráficamente como un programa de inspecciones y reparaciones correctamente estructurado contribuye al correcto funcionamiento de la central a lo largo del tiempo, minimizando la probabilidad de fallo con una inversión económica optimizada (Figura 2).

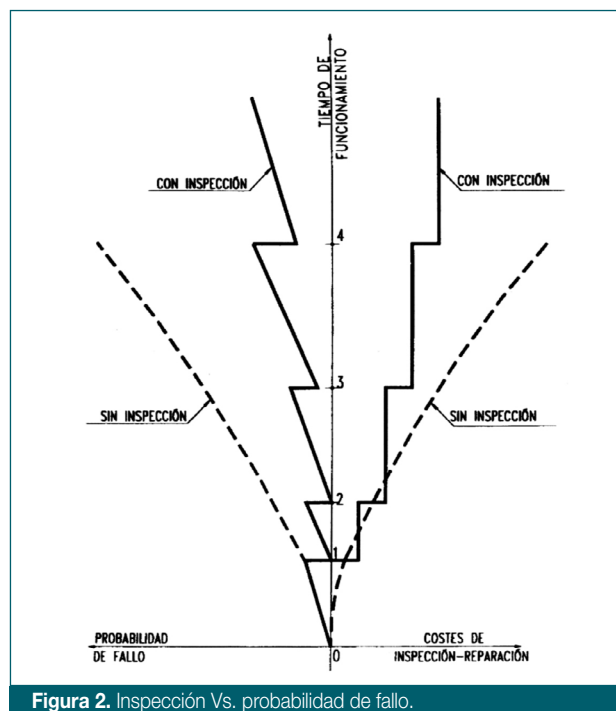


Figura 2. Inspección Vs. probabilidad de fallo.

Como resultado general de las inspecciones realizadas durante más de veinte años de inspecciones en las instalaciones de las Centrales nucleares de Almaraz y Trillo se tiene que el estado de las instalaciones es Aceptable (máxima calificación según los criterios de clasificación dados por los organismos regulatorios), no habiéndose detectado ninguna deficiencia de relevancia que pudiera poner en compromiso el funcionamiento o la seguridad de las instalaciones. Este correcto estado de las plantas está íntimamente relacionado con el exhaustivo programa de inspecciones y reparaciones implantado y desarrollado por Empresarios Agrupados. La correcta planificación de todos los trabajos de inspección junto con la propuesta y control de las pequeñas intervenciones realizadas, todas ellas de carácter preventivo, permi-

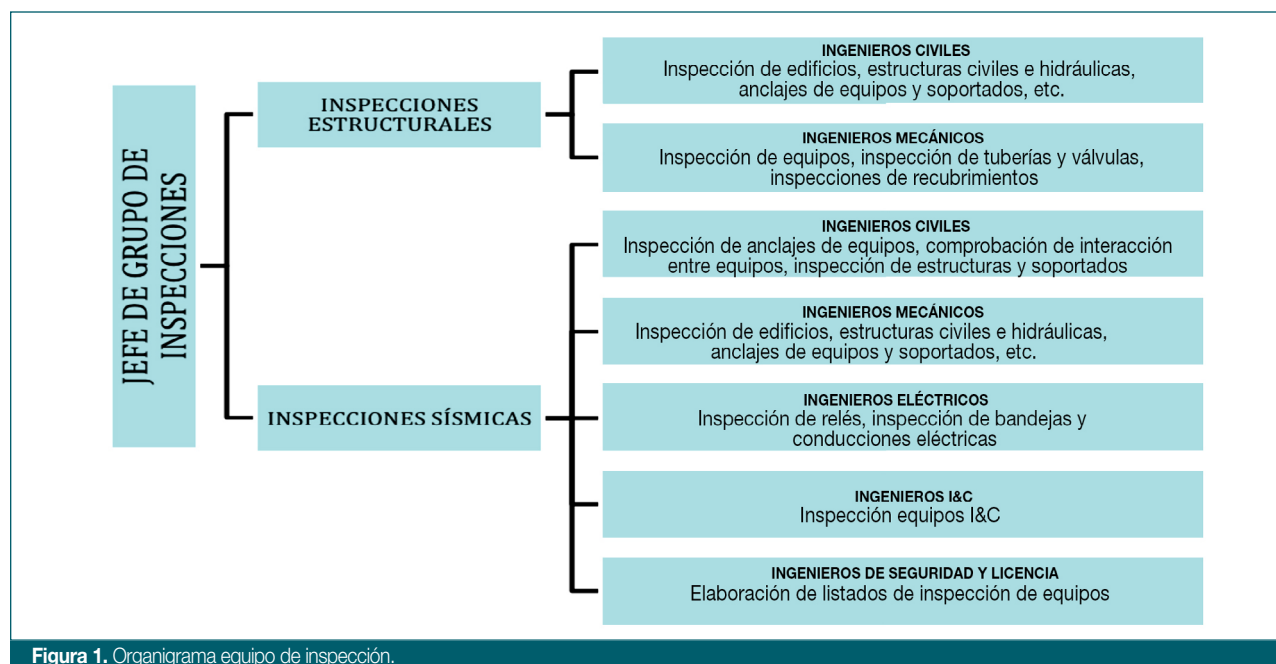


Figura 1. Organigrama equipo de inspección.



Central nuclear de Trillo.

te asegurar, siempre del lado seguridad, el correcto estado y funcionamiento de la central para el mantenimiento de la actividad durante el periodo de vida extendido.

CONCLUSIONES

La experiencia en el desarrollo de los trabajos de inspección durante todos estos años ha demostrado que dichos trabajos suponen una herramienta básica para el desarrollo de los análisis que miden la robustez de una central y que permiten asegurar el correcto estado de la instalación y sus equipos.

La inspección de estructuras y las inspecciones de carácter sísmico deben ser asumidas dentro de una organización no solo como un medio para dar respuesta a los requerimientos regulatorios establecidos sino como parte de la cultura de seguridad intrínseca a instalaciones nucleares. La realización de inspecciones y de la experiencia extraída de ello permite un mayor conocimiento del estado real de la planta asegurando en todo momento su correcto estado y la funcionalidad de todas las estructuras, lo que

demuestra el compromiso constante con la seguridad de la organización.

Según se ha desarrollado a lo largo del artículo el éxito en la ejecución de los programas de inspección radica en gran parte en el equipo y empresas involucradas en su desarrollo. Es de vital importancia la participación de grandes profesionales capaces de desarrollar las herramientas de gestión necesarias y que a su vez cuenten con equipos multidisciplinares con amplia experiencia contrastada en el campo de inspección. Dentro de los retos que plantea la industria en la época actual, uno de ellos es la gestión, conservación y mantenimiento de las estructuras e instalaciones existentes de manera que se posibilite el mantenimiento de una producción energética segura, fiable, eficiente y respetuosa con el medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Para finalizar el presente artículo expresar el agradecimiento a Centrales Nucleares Almaraz-Trillo (CNAT), en concreto a la sección de Estructuras y Gestión de Vida, por la confianza mostrada en Empresarios Agrupados para el desarrollo de los programas de inspecciones en sus instalaciones.

REFERENCIAS

- NUMARC 93.01 Industry Guideline for Monitoring the Effectiveness of Maintenance at Nuclear Power Plants.
- CSN Guía de Seguridad 1.18. Medida de la eficacia del mantenimiento en centrales nucleares.
- CSN. Instrucción IS-23, sobre inspección en servicio de centrales nucleares.
- ACI. ACI 349.3R-02. Evaluation of Existing Nuclear Safety-Related Concrete Structures.
- EPRI-NP-6041-SL, Ed. 01, "A Methodology for assessment of nuclear power plants seismic margin".
- DOE/EH-0545, "Seismic Evaluation Procedure for Equipment in U.S. Department of Energy Facilities". U.S Department of Energy. March 1997.
- Curso de especialización en inspección de estructuras de Centrales Nucleares. Empresarios Agrupados. Año 2011. ■