

OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL Y MONITORIZACIÓN EN ZONAS FME MEDIANTE DIGITALIZACIÓN Y TECNOLOGÍA UHF RFID



JOSÉ IGNACIO ROSELLÓ

Head of Robotics and Instrumentation
GDES



ALBERTO MÍNGUEZ MUÑOZ

Software Development Engineer
GDES



ADORACIÓN ARNALDOS

Innovation and Technology Director
GDES

La industria nuclear en los últimos años se está adaptando, al igual que otras industrias, a la digitalización de procesos y procedimientos. Esto, junto con la evolución de la Industria 4.0., está planteando retos y oportunidades que implican la adaptación de sus procesos, productos y modelos de negocio.

Una de las tecnologías sobre las que se apoya la digitalización en la industria es el uso de herramientas inalámbricas, como es el caso de la UHF RFID [1] que funciona mediante radiofrecuencias. Consta de los siguientes elementos básicos:

- Una unidad de lectura o registro (lector).
- Una o varias antenas.
- *Tags* (etiquetas), que responden a las peticiones realizadas por el lector. Los *tags* son completamente pasivos y se activan con la señal emitida desde el lector.

En este artículo se describe cómo se ha empleado esta tecnología de digitalización para mejorar la monitorización y control de personas y objetos en planta durante las etapas de recarga en centrales nucleares. El objetivo era controlar en tiempo real la entrada y salida de personas y herramientas para poder anticiparse a un suceso FME. Las zonas FMEz (*Foreign Material Exclusion zone*) son áreas de trabajo que requieren de unos controles y prácticas específicas para prevenir la introducción de materiales extraños dentro de los sistemas. El seguimiento e identificación de materiales se realiza habitualmente con procedimientos manuales, que, en muchos casos, son lentos, implican una alta dedicación de personal y con alto riesgo de error humano.

La tecnología UHF RFID, (del inglés *Radio Frequency Identification*) es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos que usa dispositivos denominados *tags* (etiquetas), tarjetas o transpondedores RFID. Dependiendo de las frecuencias utilizadas en los sistemas RFID, el coste, el

alcance y las aplicaciones son diferentes; desde el uso para la identificación y seguimiento de la fauna, usos logísticos y documentales (en almacenes aeropuertos, camiones y contenedores o bibliotecas), como tecnología para “llaves inteligentes” en el sector de la automoción, o el seguimiento y control antirrobo de prendas en el sector textil, entre otras muchas aplicaciones.

El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. La tecnología RFID empleada, en concreto, en caso de estudio de este artículo, permite mejorar los tiempos dedicados en las tareas de monitorización y seguimiento de materiales, así como reducir tanto el personal asignado a la ejecución de las tareas como la posibilidad de error. A su vez, aporta valor añadido a los trabajos de control y monitorización en zonas FMEz, ya que permite tener mayor control sobre aspectos como la verificación de las herramientas adecuadas para el trabajo a realizar, la correcta utilización de las mismas, el estado de uso y/o calibración, y su caracterización radiológica. También permite la localización de forma sencilla de herramientas perdidas en cualquier lugar de las zonas de trabajo FMEz ya que dicha tecnología se puede aplicar a la identificación y seguimiento de PMTE (*Person Material Tool Equipment*) y es de aplicación directa, debido a sus características, en las zonas de exclusión de materiales extraños FMEz.

DESARROLLO VIGIA

Partiendo de las posibilidades detectadas con esta nueva tecnología, GD Energy Services (GDES) ha desarrollado el sistema *Vigia*. Durante el desarrollo e implantación de este sistema, GDES trabajó con diferentes departamentos de la central nuclear de Cofrentes, relacionados en mayor o menor medida con los PMT en las zonas FME de planta,

los cuales definieron los requisitos que se debían cumplir:

- Cumplimiento de la normativa sobre interferencia electro-magnética.
- Eliminar interacción de *tags* con la utilización de MTE.
- No convertir los *tags* en materiales extraños en zonas FME.
- Sistema móvil, autónomo y modular.
- Con capacidad de ampliación en el futuro y de fácil utilización.

Como se muestra en la Figura 1, el sistema Vigia está formado por varias balizas móviles de seguimiento de PMTE, *tags* programables adaptados a los PMTE, unidades portátiles para el alta de *tags*, la consulta y el seguimiento de MTE.



Figura 1. Descripción del sistema Vigia y sus balizas de monitorización.

En la Figura 2 esquematizamos el funcionamiento de Vigia. Las balizas móviles están formadas por un lector capaz de gobernar varias antenas. Con estas antenas se consigue tener una amplia cobertura espacial. La cobertura espacial es regulable y adaptable al entorno donde está instalada cada baliza, permitiendo el cumplimiento de la normativa de interferencia electromagnética [2, 3].

A su vez, cada baliza dispone de sensorización específica para el control de presencia en el campo de acción de las antenas, permitiendo el apagado de las mismas y el rearme automático en caso de necesidad. Este sistema de sensorización mejora la eficacia y reduce los falsos positivos y las incidencias que puedan suceder, así como determina si el usuario se encuentra entrando o saliendo de una zona FME.

Las balizas disponen de GUI (*Graphical User Interface*) para que el usuario interactúe con el sistema Vigia a través de lectores portátiles como los mostrados en la Figura 3. Disponen, además, de una base de datos donde están todas las PMTE dadas de alta. La base de datos se actualiza en tiempo real con las unidades portátiles para dar de alta las PMTE. Además, cada baliza almacena toda la información de sensorización, estados del lector, funcionamiento de las antenas, y de movimientos por delante de la misma, tanto de PMTE dados de alta, como de *tags* no dados de alta. Las balizas disponen de un SAI (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) capaz de mantenerlas operativas durante una hora ante ausencia de suministro eléctrico, pudiéndose de este modo realizar cambios de ubicación dentro de la planta sin apagarlas. Cada baliza mide

30 x 30 x 130 cm y tiene un peso inferior a 20 kg, dispone de ruedas integradas y permite su movimiento sin necesidad de medios auxiliares.

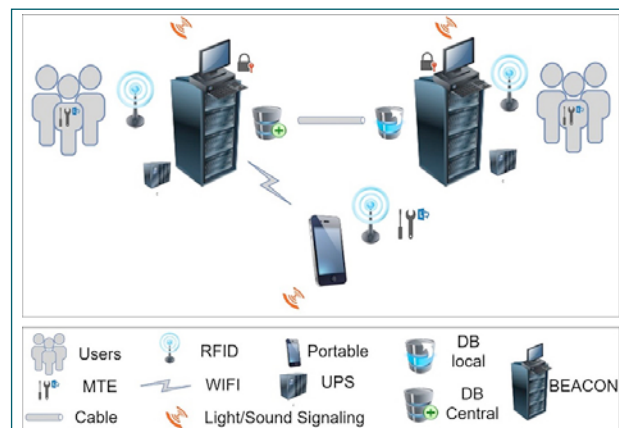


Figura 2. Esquema de funcionamiento del sistema Vigia.

Vigia cuenta además con unidades portátiles que funcionan con baterías y permiten dar de alta cualquier nuevo material y conocer el estado en tiempo real del interior de la zona FMEz en cuanto a PMTE. Esta unidad se sincroniza con las balizas móviles haciendo más ágil el proceso de altas de PMTE. Otra funcionalidad que tienen las unidades portátiles de Vigia es la búsqueda de MTE extraviados o fuera de su emplazamiento. Para ello dispone de varios modos de funcionamiento, entre los que se encuentran la búsqueda indiscriminada o selectiva de MTE.



Figura 3. Lector portátil para el manejo de la Interfaz.

Una de las partes más importantes del diseño y desarrollo de Vigia fue la selección e instalación de los *tags* en MTE. Para ello se realizó un estudio de mercado de los diferentes *tags* existentes.

Previamente se identificaron los diferentes materiales sobre los que tenían que ir instalados, el uso que se realizaba de los MTE por parte de los operarios y el tamaño de los MTE. Las premisas de selección de MTE fueron:

- Resistencia al uso
- Mejor ratio cobertura/tamaño *tag*.
- Maximizar la memoria disponible en el *tag*.
- Fiabilidad en ensayos de repetición en el uso de MTE.

Con dicha información, se seleccionaron cinco modelos de *tags*, adaptados a elementos metálicos y no metálicos de los materiales y herramientas a introducir en zona FMEz. Los tamaños oscilan entre 0,5 y 2 cm², con un volumen inferior a 3 cm³ y diferentes configuraciones para no modificar los aspectos técnicos de las herramientas, tanto eléctricas como mecánicas.



Figura 4. Muestrario de herramientas etiquetadas.

Para facilitar la instalación de los *tags* y evitar que se pudieran desprender, incluso ante un mal uso de los MTE, se realizaron ensayos de durabilidad de los productos empleados en la colocación de los *tags*. Los resultados de estos ensayos, y la recomendación de diferentes fabricantes de *tags*, ha permitido su correcta colocación en los MTE, optimizando su correcto funcionamiento (Figura 4).



Figura 5. Sistema Vigia implantado en la Recarga 22ª de C.N. Cofrentes.

Implantación del Sistema Vigia en Recarga 22ª de C.N. Cofrentes – Planta de Recarga

La primera implantación de Vigia se realizó en planta de recarga de la central nuclear de Cofrentes durante la vigésimo segunda parada programada para recarga de combustible, realizada entre el 3 de noviembre y el 6 de diciembre de 2019 (Figura 5). Para ello, previamente a dicha parada, se etiquetaron las herramientas presentes en las diferentes camareras que dan servicio a los trabajos que se realizan en el emplazamiento. Junto con las herramientas, también se etiquetaron materiales y equipos que estuvieran dentro de la zona FME o que, previsiblemente, se iban a introducir posteriormente. Se realizó la monitorización de personas con la misma tecnología UHF RFID, para conseguir tener la trazabilidad de MTE junto con las personas asociadas a los mismos.

Para la monitorización de PMTE se instalaron dos balizas Vigia en los accesos de la zona de exclusión FME. Estas balizas actuaron como pórticos de entrada/salida a la zona FME.

La utilización de esta tecnología permitió tener un control en tiempo real de los PMTE presentes en la zona. Entre

otras funciones, con Vigia se pueden obtener informes, conocer incidencias asociadas a trabajos o a MTE, **visualizar PMTE dentro de la zona de exclusión** y una amplia gama de posibilidades de adquisición y tratamiento inmediato de datos asociados, lo que conlleva un mejor control, más ágil y de mayor calidad en las labores de supervisión de zonas FME.

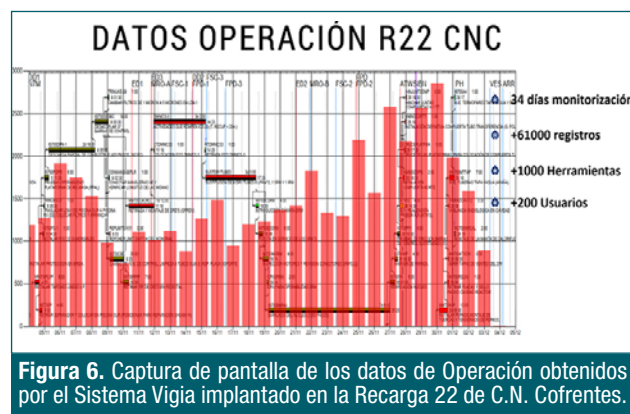


Figura 6. Captura de pantalla de los datos de Operación obtenidos por el Sistema Vigia implantado en la Recarga 22 de C.N. Cofrentes.

Como puede observarse en la Figura 6, durante la operación, el sistema obtuvo en 34 días de monitorización más de 61 000 registros (no solo de entradas y salidas de herramientas sino también de personas) de paso por las balizas de Vigia para los trabajos en vasija; con un cómputo global de 200 usuarios y 1000 herramientas y componentes cuyo recorrido fue digitalmente trazado de forma ágil y eficiente.

CONCLUSIÓN

En conclusión, este proyecto ha demostrado que la tecnología RFID facilita al supervisor de trabajos en zonas FME una respuesta rápida y precisa frente a incidencias reales que puedan ocurrir durante periodos de gran volumen de trabajos como son los periodos de recarga. Además de un control optimizado, de entradas y salidas en tiempo real. La digitalización de la información procedente de los *tags* aumenta la rapidez en la toma de decisiones, automatiza el control de las herramientas en planta y elimina el papel en los procesos de control y registro evitando los posibles errores que conlleva. Esta tecnología, además, permite implantar funcionalidades adicionales al trabajo actual de la monitorización y seguimiento de MTE, como tiempos de permanencia de personal en determinadas zonas, estado de calibración de equipos, intensidad de uso de determinadas herramientas y equipos y, en general, unas amplias posibilidades de utilización a través de un *software* específico.

La Recarga 22ª de C.N. Cofrentes supuso el arranque del proyecto. Gracias a la base de datos digital generada durante la R22 con la tecnología RFID, se desarrollarán mejoras y ampliaciones, muchas de las cuales, se orientan a la mejora del servicio para la Recarga 23, prevista para noviembre de 2021.

Entre las mejoras, se incorpora la creación de un panel de control multipantalla específico para los supervisores FME con datos en tiempo real para consultas, alertas automatizadas ante posibles incidencias con los elementos etiquetados y registros automatizados. Además, se contará con acceso al registro digital del estocaje en planta y la consulta de imágenes y vídeos registrados de los pasos y registros de cada baliza.

La tecnología RFID puede sumarse a otros sistemas de control y monitorización actuales gracias a las integraciones que nos permite la digitalización. Por ello, actualmente se está trabajando en la aplicación de **visión artificial** y **Machine Learning**, tecnologías que sumadas al control por radio frecuencia, multiplicarán la capacidad de registro y control en los accesos y salidas FMEz logrando trazabilidad también sobre el uso de TLD o EPI obligatorios como mascarillas, cascos, sistemas de protección personal, que son susceptibles de convertirse en un FME.

La digitalización de este proceso puede aportar a las plantas un valor añadido incuestionable más allá de la obtención de la trazabilidad de personas y materiales en planta. Toda la información obtenida, gracias a su carácter digital, puede relacionarse con otros procesos internos de planta (con órdenes de trabajo, asociando herramientas y trabajadores a trabajos específicos, compartiendo en tiempo real el estado de calibrado y validación de herramientas...), unificando la información y haciéndola accesible para la creación, por ejemplo, de patrones de trabajos futuros.

Con objeto de sacar el máximo partido a la tecnología, la clave está en el estudio de la mejora continua que posibilita la propia evolución intrínseca en la digitalización. Gracias al uso de la tecnología sensórica, al uso de tecnologías como la RFID o la visión artificial, se puede obtener el nuevo "petróleo" que son los datos. Esto combinado con otras soluciones como, por ejemplo, la Inteligencia Artificial, permite analizar y cruzar la gran cantidad de datos recabados y, a partir de ahí, ir mejorando los procesos a futuro haciendo uso de esa información.

En definitiva, la optimización del control y monitorización mediante soluciones digitales y tecnológicas nos traslada a un nuevo paradigma lleno de posibilidades de mejora apasionantes y, lo más importante, a nuestro alcance. Siempre y cuando apostemos por la simplificación de los procesos y la mejora exponencial de resultados que nos ofrecen las nuevas soluciones tecnológicas aplicadas para la mejora, lograremos aportar un valor añadido, hasta ahora inimaginable, a nuestros procedimientos industriales.

REFERENCIAS

- [1]. Radio Frequency Identification (RFID) Technology Trends and Power Plant Applications EPRI, Palo Alto, CA:2004. TR- 1003733
- [2]. NRC, 2003, "Guidelines for Evaluating Electromagnetic and Radio-Frequency Interference in SafetyRelated Instrumentation and Control Systems," 1.180, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Rev. 1.
- [3]. Guidelines for Electromagnetic Compatibility Testing of Power Plant Equipment: Revision 4 to TR-102323. EPRI, Palo Alto, CA:2013. TR-102323-R4.

ACRÓNIMOS

PMTE (*Person Material Tool Equipment*).
 MTE (*Material Tool Equipment*).
 FME (*Foreign Material Exclusion*).
 FMEz (*Foreign Material Exclusion zone*).
 UHF RFID (*Ultra- High Frequency Radio Frequency Identification*).
 GUI (*Graphical User Interface*). ■