

## **Almacén inteligente con sistema de identificación RFID de nueva generación para herramientas y equipos didácticos**

Sara García García<sup>1</sup>  
CIFP Hespérides

### **Resumen**

La industria 4.0 consiste en la introducción de las tecnologías digitales en las fábricas. Se utiliza el término de cuarta revolución industrial para un nuevo hito en el desarrollo industrial que busca, mediante el uso intensivo de internet y las tecnologías punta, el logro de “fábricas inteligentes” capaces de una mayor adaptabilidad a las necesidades y a los procesos de producción, así como a una asignación más eficiente de los recursos. El potencial de la industria 4.0 y la parte más interesante para nosotros como formadores es que, no sólo afectará a la industria y demás sectores económicos, sino que afectará a la sociedad. Esta revolución está cambiando la forma en que hacemos las cosas y la forma en que como clientes interactuamos con las empresas y las experiencias que esperamos tener.

Su incorporación al entorno educativo nos permitirá un mejor desarrollo de las actividades docentes y mejorará la formación en áreas innovadoras y con gran potencial de crecimiento ya que el uso de sensores y dispositivos portátiles, el análisis y la robótica conducen a productos y servicios completamente nuevos. La trazabilidad de los almacenes es un ejemplo. Los sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) de nueva generación permiten la digitalización del proceso de gestión de almacenes de herramientas y equipos. Esta digitalización posibilita el control preciso del inventario, su localización en tiempo real y contabilizar las entradas y salidas de herramientas.

Palabras clave: RFID nueva generación; almacén inteligente; transformación digital; industria 4.0.

# Smart warehouse with new generation RFID identification system for tools and teaching equipment

## Abstract

Industry 4.0 consists of the introduction of digital technologies in factories. The term of the fourth industrial revolution is used as a new milestone in industrial development that seeks, through the intensive use of Internet and cutting-edge technologies, the achievement of "smart factories", able of a better adaptability to the needs and production processes, as well as a more efficient allocation of resources.

The potential of Industry 4.0 and the most interesting part for us as trainers is that not only will it affect the industry and other economic sectors, but it will affect society. This revolution is changing the way we do things and the way, we as customers, interact with the companies and the experiences we hope to have.

Its incorporation into the educational environment will allow us a better-development of the teaching activities. The traceability of warehouses is an example. The new generation radio frequency identification systems (RFID) allow the digitization of the warehouse management process for tools and equipment. This digitalisation enables precise control of the inventory, its real time location and accounting for the inputs and outputs of tools.

Keywords: RFID new generation ; smart warehouse; digital transformation; industry 4.0.

## Introducción

En las dependencias del CIFP Hespérides existen varios almacenes de herramientas y equipos a los que acceden alumnos y profesores de distintos ciclos formativos y departamentos profesionales. El procedimiento de gestión de dichos almacenes puede resultar complejo y repercute tanto a nivel económico como académico.

La experiencia ha demostrado que en ocasiones las herramientas y equipos no están disponibles para su utilización en clase cuando se requieren. Este hecho provoca una pérdida de tiempo para profesores y alumnos, desajustes en los procesos de enseñanza aprendizaje y en último extremo un aumento del gasto en reposición de las herramientas y equipos.

Por este motivo, los profesores del ciclo formativo de grado medio de Técnico en Operaciones Subacuáticas e Hiperbáricas y del ciclo

formativo de grado superior de Técnico Superior en Sistemas de Telecomunicaciones e Informáticos se plantearon colaborar para aumentar la eficiencia operativa de los almacenes, disminuir los gastos de los departamentos profesionales y mejorar el desarrollo de las programaciones y las acciones formativas.

La convocatoria de la segunda edición de Ayudas Dualiza y FPempresa supuso para los profesores y alumnos del centro la oportunidad de formarse en la aplicación de nuevas tecnologías RFID, de Transformación Digital relacionada con el Internet de las Cosas (IoT) y la Industria 4.0. Por ello se presentó, con TICOMSA SISTEMAS, S.L como empresa colaboradora, este proyecto para implementar en las instalaciones del edificio Lazareto (dependiente del CIFP Hespérides) un **Almacén Inteligente con Sistema de identificación RFID de nueva generación para herramientas y equipos didácticos.**

La comisión de evaluación de los proyectos tuvo en cuenta el carácter innovador del proyecto y su relevancia social por lo que fue uno de los seleccionados en esta segunda convocatoria.

## Método

La característica principal de nuestros almacenes no es el gran volumen de productos almacenados sino el valor económico de muchos de ellos, su utilización compartida y localización temporal en edificios y espacios diferentes de manera que no siempre es tarea fácil conocer el quién, qué, cuándo y dónde de nuestros equipos y herramientas.

Por lo tanto, para nosotros es primordial identificar cada herramienta y equipo. Etiquetar de forma inteligente cada contenedor, herramienta y equipo es fundamental para controlar su trazabilidad, quién los utiliza, dónde están y durante cuánto tiempo. La implementación del proyecto comienza, por tanto, con una primera fase de análisis de los requerimientos del software a utilizar y de la metodología de funcionamiento de los almacenes del CIFP.

Tras valorar diferentes tecnologías se ha seleccionado la identificación por RFID. Esta es una tecnología de almacenamiento y recuperación de datos remoto, cuya función principal es transmitir la información por ondas de radio entre una etiqueta y un terminal. La tecnología RFID ha evolucionado drásticamente en los últimos 20 años para lograr convertirse en un sistema funcional y fiable. El principio básico no es muy diferente al ya conocido código de barras; *“codificar un identificador alfanumérico en una etiqueta que permita tener acceso rápido y de manera fiable sin necesidad de la intervención total del ser humano”* (Banks, Hanny, Pachano, & Thompson, 2007). La diferencia principal de esta tecnología con el código de barras se centra en que no hace falta visión directa entre el lector y la etiqueta y, además, la lectura puede ser multietiqueta, no sólo de etiqueta a etiqueta. José Manuel

Huidobro resume las ventajas del sistema RFID en el hecho de que no es necesario el contacto directo con un escaner, que las etiquetas se leen a través de muchos materiales y que permite la identificación de varios productos a la vez. Este último aspecto ha sido determinante a la hora de elegir esta tecnología ya que se adapta perfectamente a las necesidades que plantean los profesores del centro.

El planteamiento, ejecución y futura evaluación del proyecto ha requerido desde el principio el trabajo colaborativo de profesores, alumnos y empresa y la organización de equipos de coordinación y desarrollo.

En la fase de planificación, el liderazgo lo ostenta el equipo de coordinación del proyecto. Este equipo está integrado por un representante del equipo directivo, el jefe del Departamento de Innovación Tecnológica, Formativa y Mejora de la Calidad, dos profesores del Ciclo de STI y uno del ciclo de Operaciones Subacuáticas e Hiperbáricas, los dos alumnos que realizan su formación en centros de trabajo en la modalidad Dual en TICOMSA SISTEMAS, S.L y un representante de la empresa.

Según la descripción de los procedimientos de trabajo hecha por los profesores del ciclo de Operaciones Subacuáticas e Hiperbáricas a los alumnos en prácticas y a la empresa, el sistema de identificación de herramientas y equipos debe ser tanto de los elementos individuales como los contenedores de otros recursos, con una lectura automática de todos los artículos que componen ese envase. Además, debe de poderse asociar dichos contenedores a alumnos o grupos de alumnos para que puedan asignarse responsabilidades de uso.

Tras las entrevistas con los profesores y las visitas al almacén, las funcionalidades que se demandan al almacén inteligente son:

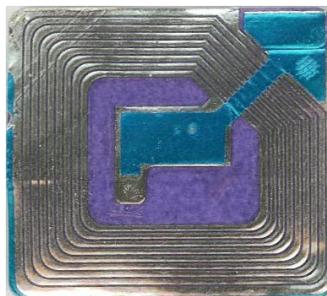
- Gestión de unidades operativas y usuarios: altas y bajas.
- Gestión de inventario de recursos: altas y bajas.
- Gestión de mantenimiento preventivo de recursos.
- Gestión del mantenimiento correctivo de recursos.
- Préstamo de herramientas y equipos entre almacenes y usuarios.

Con estos requerimientos, el equipo de ejecución del proyecto, integrado por el tutor de prácticas designado por la empresa, los alumnos en prácticas de FCT en Dual y los profesores del centro del ciclo formativo de GS de Sistemas de Telecomunicaciones e Informáticos pretenden desarrollar un prototipo de prueba significativo, así como un prototipo de la interfaz de usuario, y verificar la validez de ambos en las instalaciones del almacén. Es importante construir una correcta arquitectura del mismo para la operación dentro de un almacén inteligente. Los alumnos que están realizando las prácticas en TICOMSA

SISTEMAS, S.L deben conocer los almacenes y familiarizarse con los equipos, herramientas y maquinaria a los que se va a poner las etiquetas RFID, teniendo en cuenta las dificultades que tendrán que sortear, ya que por la naturaleza de las actividades en las que se utilizan, estas herramientas y equipos están expuestos al agua del mar y al sol.

Un sistema de RFID está constituido por cuatro componentes principales: etiquetas (tags en inglés) RFID, lectores o transceptores, antenas y un host central o subsistema de procesamiento de datos (ordenador).

Las etiquetas o tags constituyen el elemento más importante para la operación óptima de un sistema RFID. Una etiqueta RFID está formada de un chip muy pequeño con una antena incorporada. El protocolo de comunicación entre las antenas y las etiquetas, así como de los lectores permite a los dos primeros elementos enviar y recibir datos.



*Figura 1.* Etiqueta RFID.

Fuente: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blue\\_and\\_Purple\\_RFID\\_tag.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blue_and_Purple_RFID_tag.jpg)

Las antenas tienen la función de transmitir y recibir a través de ondas de radio. Es importante colocar la antena en una posición donde la transmisión de energía hacia la etiqueta, como la recepción de los datos sean emitidos de manera óptima.

El lector es el responsable de la comunicación con cualquier etiqueta dentro de su rango y después presentar la información en el host central a través de un software para poder hacer uso de los datos.

El software debe de permitir informatizar el control de herramientas y equipos mediante pases personales para alumnos y profesores y la gestión automatizada de códigos de los tags o etiquetas en el ordenador.

Antes de implementar un sistema RFID completo en el almacén, es necesario someter a pruebas o test a los componentes principales del Sistema RFID para evaluar rangos de lectura, la velocidad de lectura, la distancia máxima de lectura, la cobertura máxima de las antenas instaladas con en el fin de lograr la precisión y eficiencia del sistema

instalado.

Las actividades programadas para la implementación del proyecto responden al siguiente calendario.

Tabla 1

*Fases para la implementación del almacén inteligente*

<b>Primera fase: planificación</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Temporalización</b>	<b>Número de horas</b>	<b>Recursos</b>
Definición de las especificaciones del software	Marzo-abril 2019	150 horas	Profesores del centro de las familias de Electrónica y Marítimo Pesquera y Programador de TICOMSA SL
Definición de la instalación en el almacén piloto (buceo)	Marzo-abril 2019	150 horas	Profesores del centro de las familias de Electrónica y Marítimo Pesquera y alumnos ciclo STI de formación en TICOMSA SL
Definición de los equipos y etiquetas RFID a usar	Marzo-abril 2019	150 horas	Profesores del centro de las familias de Electrónica, alumnos ciclo STI de formación en TICOMSA SL y técnico de TICOMSA SL
Definición de la infraestructura informática a usar.	Marzo-abril 2019	150 horas	Profesores del centro de las familias de Electrónica, alumnos ciclo STI de formación en TICOMSA SL, programador y técnico de TICOMSA SL
<b>Segunda fase: desarrollo</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Temporalización</b>	<b>Número de horas</b>	<b>Recursos</b>
Desarrollar la estructura de la base de datos.	Mayo-junio 2019	250 horas	Profesores del centro de las familias de Electrónica, Programador de TICOMSA SL y alumnos ciclo STI de formación en TICOMSA SL
Desarrollar un prototipo de la interfaz de usuario	Mayo-junio 2019	250 horas	Profesores del centro de las familias de Electrónica, Programador de TICOMSA SL y alumnos ciclo STI de

				formación en TICOMSA SL
Montar la infraestructura de la instalación.	Mayo-junio 2019	250 horas	Profesores del centro de las familias de Electrónica, alumnos ciclo STI de formación en TICOMSA SL y técnico de TICOMSA SL	
Realizar todas las pruebas operativas a los modelos de etiquetas de los equipos y herramientas.	Mayo-junio 2019	250 horas	Profesores del centro de las familias de Electrónica y Marítimo Pesquera, Alumnos del ciclo de STI en formación dual en TICOMSA SL, alumnos del ciclo de Operaciones Subacuáticas e Hiperbáricas y técnico de TICOMSA SL	
Creación de la versión beta de la aplicación	Julio-septiembre 2019	150 horas	Programador de TICOMSA SL	
Pruebas de concepto	Septiembre 2019	150 horas	Profesores del centro de las familias de Electrónica, programador y técnico de TICOMSA SL	
Implantación final	Octubre- diciembre 2019	250 horas	Profesores del centro de las familias de Electrónica y Marítimo Pesquera, alumnos del ciclo de STI en formación dual en TICOMSA SL, alumnos del ciclo de Operaciones Subacuáticas e Hiperbáricas, programador y técnico de TICOMSA SL	

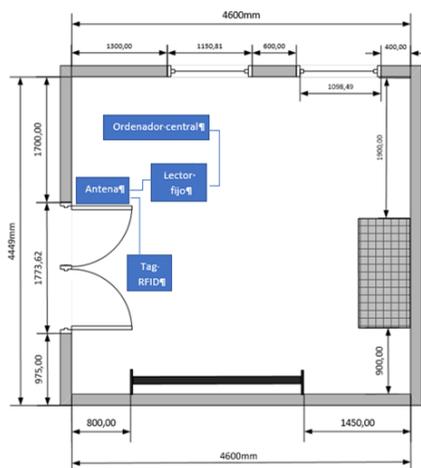


Figura 2. Configuración almacén inteligente Lazareto.  
Fuente: Elaboración propia

El resultado final será un almacén en el que los recursos estarán dispuestos ordenadamente y su correcta ubicación podrá ser verificada utilizando un lector portátil de tecnología RFID.

Los usuarios autorizados e identificados en el control digital de acceso (tecnología biométrica/RFID) podrán acceder al almacén y seleccionar los recursos que necesiten. Al salir del almacén se genera automáticamente un “albarán digital” de préstamo de dichos recursos (herramientas, vestuario, contenedores, equipos, ...). La identificación de los recursos será automática por parte del sistema RFID. Estos recursos serán asociados al usuario que los retira. En todo momento podrá consultarse el estado de los recursos, préstamos e incidencias del almacén. De la misma forma podrá consultarse el inventario disponible, el estado y alarmas de aviso para el mantenimiento de los recursos, préstamo y traspaso de recursos entre almacenes y resto de funcionalidades.

Tras realizar un análisis preliminar del diseño y requerimiento del sistema RFID para el almacén de nuestro centro se han estimado los costes del hardware y software, tomando como referencia al proveedor RFID Controls, y horas de trabajo según la siguiente tabla.

Tabla 2

*Presupuesto*

Partida	Concepto	Importe
Material fungible	Material fungible para pruebas: cables	300€
Material fungible	Material fungible para instalación piloto	500€

	Material fungible para instalación otros almacenes	1.500€
	Equipos para pruebas: lector-grabador RFID RAIN UHF USB, equipo autónomo RFID RAIN UHF de prueba	2.300€
Equipamiento específico	Equipos para pruebas: cámara videovigilancia y videograbador de pruebas.	700€
	Equipos para para instalación otros almacenes	9.000€
	Horas de trabajo programador de la empresa	4.500€
	Horas de trabajo técnico de la empresa	1.500€
Otros	Horas de trabajo de profesores	7.000€
	Obras acondicionamiento almacenes	1.600€
	Equipamiento adicional de almacenes	2.000€
Total		30.900€

### Resultados esperados

De la implementación de la tecnología RFID en el almacén se esperan beneficios cuantitativos, de carácter económicos y cualitativos, de eficiencia y de mejora de la calidad del servicio:

- Eliminar las pérdidas, extravíos o hurtos de herramientas y equipos.
- Mejorar un 20% la satisfacción de los profesores en las encuestas de satisfacción y funcionamiento del centro.
- Mejorar un 10% porcentaje de alumnos satisfechos con los recursos del centro en la encuesta de satisfacción de alumnos.
- Eliminar la causa falta de disposición de equipos en la valoración del desarrollo de las programaciones didácticas.
- Incorporar las tecnologías RFID a las programaciones didácticas de los módulos profesionales relacionados.
- Aumentar las ventas de la empresa en el área de RFID de nueva generación.

### Discusión y conclusiones

El impulso y desarrollo de proyectos de innovación es una oportunidad para el CIFP Hespérides de fortalecer, en los ámbitos de la formación del personal docente y la formación de alumnos, los vínculos con el sistema productivo del entorno.

Los procesos de almacén y gestión de recursos pueden considerarse procesos de apoyo a los procesos clave de un centro educativo, sin embargo, incluirlos en un proyecto de innovación y mejora del centro implica añadir valor a los procesos clave, mejorar su potencial e incidir en la mejora de nuestro entorno.

Con la implementación del proyecto y la creación de un almacén inteligente, el CIFP Hespérides desarrolla un proyecto escalable a otros

almacenes del centro y otros centros educativos. El CIFP Hespérides pondrá el software de desarrollo propio, las experiencias en hardware y los contenidos y resultados de la aplicación del proyecto (recomendaciones de uso, videotutoriales del software, esquemas de la instalación) a disposición pública, bajo cláusulas Creative Commons, para que pueda ser usado por otros centros educativos.

El análisis de los costes de implementación de este proyecto ha permitido evaluar su viabilidad. El proyecto se basa en la sostenibilidad económica ya que una vez instalado y operativo el sistema no supone costes para el centro y además se reducen los costes por restitución de equipos y herramientas. Tras el trabajo inicial de instalación, introducción de datos y colocación de etiquetas el sistema supone una reducción en la carga de trabajo tanto de los profesores como de los alumnos.

Este proyecto ayuda a la sostenibilidad social al mejorar la formación de los alumnos y profesores del CIFP y contribuir a la mejora de la competitividad de empresas de nuestro entorno. Indirectamente incide en el ambiente interno de trabajo y lo mejora al evitar pérdidas de tiempo y frustración por la imposibilidad de desarrollar las tareas por falta de equipos y herramientas o por la dificultad de acceso a los mismos

Por último, la tecnología que utilizamos es intrínsecamente limpia. Buscamos un progreso que no malogre la biodiversidad.

En conclusión, el almacén inteligente es un proyecto que implementa una tecnología ágil, inmediata y rigurosa y que contribuye a la mejora en la aplicación de nuestros procesos y con ello la mejora en la formación de nuestros alumnos, a impulsar la colaboración con empresas de nuestro entorno y al desarrollo sostenible de nuestra comunidad.

## Referencias

Banks, J., Hanny, D., Pachano, M., & Thompson, L. (2007). *RFID Applied*. Hoboken, New Jersey, EUA: John Wiley & Sons, Inc.

Huidobro, José Manuel. *Tecnología RIFD*. (2019) Obtenido de [https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/058037.pdf](https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/058037.pdf)

El País, (27 de junio de 2012) Obtenido de [https://elpais.com/tecnologia/2012/06/27/actualidad/1340809484\\_985593.html](https://elpais.com/tecnologia/2012/06/27/actualidad/1340809484_985593.html)

Decreto n.º 334/2011, de 30 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento Orgánico de los Centros Integrados de Formación Profesional dependientes de la Administración Pública de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, y se modifica el Decreto 56/2008, de 11 de abril, de Centros Integrados de Formación Profesional de la Región de Murcia