

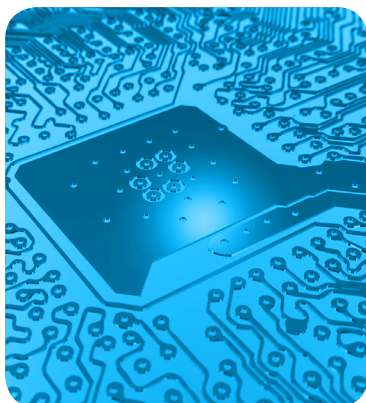
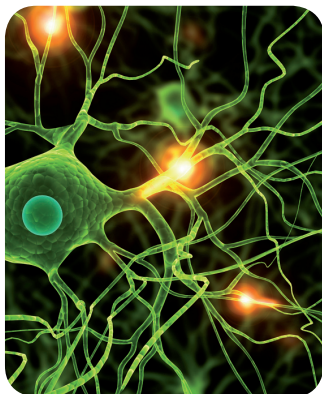
MÁSTERES de la UAM

Facultad
de Ciencias Económicas
y Empresariales / 14-15

Administración
de Empresas



**RFID y sus
aplicaciones. Sector
de la construcción**
*Alicia Bartolomé
Sandoval*





RFID Y SUS APLICACIONES. SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

ALICIA BARTOLOMÉ SANDOVAL

MÁSTER EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS. FACULTAD DE CIENCIAS
ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

JULIO DE 2015



CURSO ACADÉMICO 2014-2015
TRABAJO FIN DE MÁSTER
TUTOR ACADÉMICO: YOLANDA BUENO HERNÁNDEZ

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	6
2.	JUSTIFICACIÓN	7
3.	OBJETIVOS	7
4.	METODOLOGÍA.....	8
5.	SISTEMA RFID	9
5.1.	IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA.....	9
5.1.1.	El código de barras	9
5.1.2.	El código QR.....	10
5.1.3.	La banda magnética.....	10
5.1.4.	Sistemas biométricos	11
5.1.5.	Reconocimiento óptico de caracteres (ROC).....	11
5.2.	IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA.....	11
5.2.1.	Etiqueta RFID.....	12
5.2.2.	Lector RFID.....	12
5.2.3.	Middleware.....	13
5.3.	TIPOS DE ETIQUETAS RFID.....	14
5.3.1.	Clasificación en función de su programación	14
5.3.2.	Clasificación en función del modo de alimentación.....	14
5.3.2.1.	Etiquetas pasivas	14
5.3.2.2.	Etiquetas activas	15
5.3.2.3.	Etiquetas semipasivas	15
5.3.3.	Clasificación en función del rango de frecuencia	15
5.4.	CARACTERÍSTICAS	16
5.4.1.	Coste actual	16
5.4.2.	Beneficios	17

5.4.3.	Limitaciones	17
5.5.	ESTANDARIZACIÓN	18
5.5.1.	Estándares ISO.....	18
5.5.2.	EPC (<i>Electronic Product code</i>).....	19
5.6.	SEGURIDAD Y PRIVACIDAD.....	19
5.7.	CUMPLIMIENTO DE LA NORMA.....	20
6.	APLICACIONES DEL RFID.....	21
6.1.	LOGÍSTICA Y DISTRIBUCIÓN	23
6.1.1.	Cadena de Suministro.....	23
6.1.1.1.	Recepciones y envíos	24
6.1.1.2.	Almacenamiento y <i>picking</i> (preparación de pedidos).....	25
6.1.1.3.	Inventarios	25
6.1.2.	Caso El Corte Ingles	26
6.2.	SECTOR TEXTIL	27
6.2.1.	Caso Inditex	27
6.3.	SECTOR SANITARIO.....	28
6.3.1.	Caso Fundación Ave María.....	29
6.4.	SECTOR AERONAÚTICO	29
6.4.1.	Caso Airbus	29
6.5.	OTRAS APLICACIONES	30
7.	RFID EN LA CONSTRUCCIÓN	30
7.1.	PANORAMA ESPAÑOL DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	30
7.2.	INVERSIÓN EN I+D+i.....	33
7.3.	GESTIÓN DE PROYECTOS EN EDIFICACIÓN.....	35
7.3.1.	Estructura de la organización. Sector de la construcción.....	35
7.3.2.	De la planificación a la ejecución	36
7.3.3.	Problemática de las obras de construcción.....	36

7.4.	POSIBLES USOS DE LA TECNOLOGÍA RFID EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.	37
7.4.1.	Gestión de suministro de materiales	39
7.4.1.1.	Cadena de suministro de materiales de construcción.....	40
7.4.1.2.	Seguimiento de materiales on-site y gestión de inventario	40
7.4.1.3.	RFID en gestión de materiales.....	41
7.4.1.4.	Implantación.....	42
7.4.1.5.	Ahorro en costes	44
7.4.2.	Organización y programación de obras	45
7.4.2.1.	RFID y BIM (Building Information Model).....	46
7.4.3.	Prevención de riesgos laborales	47
7.4.4.	Gestión de la documentación de obras.....	50
7.4.5.	Gestión de residuos	51
7.4.6.	Gestión de la calidad del hormigón.....	53
7.4.7.	Mantenimiento de edificios.....	54
7.4.8.	Protección de incendios	55
8.	SITUACIÓN ACTUAL DE LA IMPLANTACIÓN RFID EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN. PERSPECTIVAS DE FUTURO.....	56
8.1.	USOS CONOCIDOS DEL RFID EN ESPAÑA Y POSIBILIDADES DE APLICACIÓN	56
8.2.	POSIBLES MOTIVOS POR LOS QUE NO SE UTILIZA EL RFID EN LA CONSTRUCCIÓN EN ESPAÑA.....	58
8.3.	MEDIDAS DE ACTUACIÓN.....	59
8.3.1.	Usos de la tecnología en el exterior	60
9.	CONCLUSIONES.....	60
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.1. Código de barras.....	9
Figura 5.2. Código QR.....	10
Figura 5.3. Banda magnética.....	10
Figura 5.4. Sistema reconocimiento de huella dactilar.....	11
Figura 5.5. Etiqueta RFID.....	12
Figura 5.6. Etiqueta RFID.....	12
Figura 5.7. Lector de mano RFID.....	13
Figura 5.8. Lector fijo RFID.....	13
Figura 5.9. Lector fijo RFID con varias antenas incorporadas.....	13
Figura 5.10. Funcionamiento de la tecnología RFID.....	13
Figura 6.1. Arco RFID para la entrada de mercancía en almacenes.....	24
Figura 6.2. Localización mercancía en almacén mediante RFID.....	25
Figura 6.3. Ventajas RFID para la mejora de la calidad del trabajo en tiendas.....	28
Figura 7.1. Organigrama matricial en empresa de construcción.....	35
Figura 7.2. Proceso de seguimiento de materiales en proyectos de construcción.....	40
Figura 7.3. Recopilación automática de información durante la fabricación, entrega y almacenamiento de materiales.....	43
Figura 7.4. Esquema representativo del sistema combinado de RFID + 4D.....	45
Figura 7.6. Estructura del sistema.....	47
Figura 7.5. Relación BIM-RFID.....	47
Figura 7.7. Momento en el que el trabajador se acerca a la zona de peligro (a) con el correspondiente monitoreo (b). Momento en el que el trabajador se encuentra en la zona de peligro (c) y alerta en el sistema (d).....	49
Figura 7.8. Estructura RFID para captación de conceptos en obra.....	51
Figura 7.10. Identificación de probetas con RFID.....	54
Figura 7.9. Toma de muestras hormigón.....	54

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Gráfico 6.1 % de empresas que hacen uso de instrumentos RFID para la identificación de personas o control de acceso en función de su tamaño por número de empleados y del sector	21
Gráfico 6.2 % de empresas que hacen uso de instrumentos RFID como parte del proceso de producción o del servicio de entrega del producto en función de su tamaño por número de empleados y del sector.....	22
Gráfico 6.3 % de empresas que hacen uso de instrumentos RFID para la identificación del producto después del proceso de producción en función de su tamaño por número de empleados y del sector.	22
Gráfico 6.4. % Distribución de las aplicaciones RFID más populares.	23
Gráfico 7.1. Economía española. Inversión en construcción residencial, % PIB.....	31
Gráfico 7.2. Número de empresas asociadas al sector de la construcción.	32
Gráfico 7.3. Tendencias en el desarrollo del gasto empresarial en I+D en porcentaje del PIB 2000, 2010,2011 y 2012.....	33
Gráfico 7.4. Gastos de las empresas en I+D interna y ejecutada por servicios de I+D por sectores en porcentaje del total, 2012.	34
Gráfico 7.5. % de empresas del sector de la construcción que hacen uso de instrumentos RFID en función de su tamaño por número de empleados (2014).	38
Gráfico 7.6. Distribución de los accidentes de trabajo mortales por sector de actividad. Año 2010.	47
Gráfico 7.7. Gráfico de temperatura alcanzada en función del tiempo	55
Tabla 7.1. Datos significativos del sector de la construcción entre los años 2005 y 2011.....	32

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología de identificación por radiofrecuencia (*Radio Frequency Identification* - RFID) es un sistema que emplea las ondas de radio, para localizar elementos que se encuentran a una distancia determinada, sin necesidad de que exista un contacto visual.

En los últimos años, ha destacado por su rápida evolución y sus múltiples áreas de aplicación, tales como logística y gestión de la cadena de suministro, *retail*, ámbito de la salud, control de accesos y seguridad, etc. Con ello, y gracias a la obtención de información en tiempo real de cualquier producto identificado, se ha conseguido mejorar la trazabilidad, lograr una mayor eficiencia, y por lo tanto, un ahorro en costes.

No obstante, y a pesar del gran potencial de esta tecnología para su aplicación en otros sectores, todavía no se ha extendido dentro del ámbito español de ingeniería y construcción, y esto nos lleva a la siguiente pregunta de investigación: “¿Por qué no se utiliza la tecnología de identificación por radiofrecuencia en el sector de la construcción en España?”

Algunos estudios relevantes, presentan una visión general del tema, haciendo una recopilación de todos los posibles usos del RFID en la construcción sin entrar en profundidad en cada uno de ellos. Este es el caso de Sun y Jiang (2013), o Lu et al. (2011).

Existen otros estudios de gran interés, que al contrario que los anteriores, se centran en aplicaciones más concretas del RFID en el sector, y realizan un amplio análisis de ello. Cheng et al. (2007), habla sobre su empleo para el mantenimiento de edificios, Jack et al. (2011) sobre la gestión de residuos o Kasim et al. (2013), sobre la gestión de materiales de construcción a través del RFID.

Este trabajo, trata de identificar y dar a conocer todos esos usos potenciales del RFID en construcción. Para ello, se explicará primeramente en qué consiste la tecnología, cuáles son los elementos que la componen, sus principales aplicaciones hasta el momento, y todo ello mediante casos reales de implantación. Seguidamente se analizará cuál es la situación actual del sector de la construcción, en qué medida han afectado los últimos años de crisis y se tratarán de explicar además, los métodos de empleo de la tecnología en el sector de la construcción y sus principales beneficios y puntos débiles. Por último, se expondrán los resultados y conclusiones obtenidos del análisis.

2. JUSTIFICACIÓN

Ante la necesidad por parte de las empresas de construcción de mejorar sus procesos, ser más eficientes, y lograr terminar sus obras en el menor tiempo posible, se hace evidente la necesidad de invertir en mejoras para la gestión de proyectos.

En este sentido, la construcción modular ofrece múltiples ventajas, como es la posibilidad de construir edificios de varias plantas en un tiempo muy reducido. Este ha sido el caso de “Broad Sustainable Building”, que logró construir en China un rascacielos de 57 plantas en tan solo 19 días (Diario “El Mundo”, 2015). Sin embargo, esto sólo puede lograrse gracias a una minuciosa planificación y una fabricación industrializada y milimétrica de cada elemento. Como resultado, una obra ejecutada en tan pocos días, precisa de varios meses de preparación previa.

Ahora bien, si nos fijamos en las obras tradicionales de construcción en España, éstas son muy cambiantes y dinámicas, por lo que a pesar de la planificación realizada en fase de proyecto, la realidad es muy distinta, y debido a problemas tanto externos como internos a la propia obra, a menudo deben tomarse nuevas decisiones. Es por esto, que la información se convierte en una herramienta imprescindible para los propios encargados de la gestión, que necesitarán todos los datos posibles y en tiempo real sobre los materiales, los operarios o la maquinaria que se encuentra en la propia obra. Y es aquí donde la tecnología RFID ofrece grandes posibilidades.

3. OBJETIVOS

A pesar de que la industria de la construcción se caracteriza por ser intensiva en mano de obra, materiales e inversión necesaria para llevar a cabo los proyectos, destaca la escasa importancia que adquiere la investigación dirigida al empleo de la tecnología RFID en España.

Además, sólo un pequeño porcentaje de las empresas de construcción, utilizan la tecnología como parte del proceso productivo mientras que si nos fijamos en otros sectores, esa cifra aumenta.

Con este trabajo, y a través de un análisis en profundidad de las posibles aplicaciones del RFID en el sector de la construcción, se pretende estudiar su viabilidad, conocer sus principales ventajas e identificar puntos débiles, con el objetivo de averiguar cuáles son los motivos por lo que no se emplea dicha tecnología.

Por otro lado, y en el caso de que los resultados del análisis de viabilidad sean satisfactorios, se pretende dar a conocer el sistema entre las empresas del sector, los centros de enseñanza y universidades, y en

la medida de lo posible, impulsar su aplicación con el objetivo de mejorar los procesos y lograr una mayor eficiencia.

Además, con este estudio se quiere abrir un camino para futuras investigaciones, aportando unas pautas, y una serie de publicaciones o bibliografía, que aunque realizados en otros países y en otro idioma, pueden ayudar a la hora de iniciarse en una investigación dentro de este campo.

4. METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo se han seguido las siguientes etapas o fases de búsqueda de información, análisis y resultados:

- a) Revisión de la literatura. Mediante una búsqueda intensiva en internet y a través de los medios ofrecidos por los buscadores de la Universidad, se han encontrado varias publicaciones de autores de otras nacionalidades, relacionadas con la aplicación de la tecnología RFID en el sector de la construcción.

Además, existen diversas páginas web relacionadas con estudios sobre el RFID en diferentes áreas de aplicación.

Se han consultado libros y guías con información básica sobre el funcionamiento de la tecnología y los elementos que la componen así como tipologías, usos, etc.

- b) Realización de entrevistas personales. Entre las entrevistas personales realizadas se incluye a Francisco Esteban Lefler, Director de Innovación y Tecnología de FCC Construcción, también presidente de la Comisión de I+D+i de Seopan (patronal de la construcción), Roberto Cabrera, Director de la Delegación de Madrid de la empresa constructora Desarrolla Obras y Servicios S.L, varios compañeros de profesión, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación y finalmente, personas relacionadas o bien con el sector, o con la propia tecnología a través de la red profesional LinkedIn, mediante preguntas directas o en foros de discusión. Entre estos últimos se encuentra el Director General de la Ingeniería de telecomunicaciones “Carbacon Networks” especializada en servicios de operaciones y telecomunicaciones y el sector de la construcción, además de Diego Muñoz, Director General de “Aumax”, empresa argentina dedicada a la automatización industrial e implantación de la tecnología RFID en diferentes sectores.
- c) Consultas de datos estadísticos a través del Instituto Nacional de Estadística INE o informes oficiales del Estado.
- d) Redacción escrita de los resultados y conclusiones obtenidas.

5. SISTEMA RFID

RFID viene de las siglas de la palabra inglesa *Radio Frequency Identification* o Identificación por radiofrecuencia.

Se trata de un sistema de almacenamiento y lectura de datos a distancia mediante el empleo de etiquetas o *tags* (su nomenclatura en inglés). Estas etiquetas también son denominadas transpondedores, porque contienen un microcircuito capaz de transmitir información en tiempo real, que es recogida por un lector sin necesidad de contacto visual.

Su empleo fundamentalmente está dirigido a la identificación de objetos o personas o la localización de los mismos en un espacio concreto.

5.1. IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA

La tecnología RFID se encuentra dentro de un grupo de tecnologías denominadas Auto ID o identificación automática, empleadas para la identificación de personas, animales u objetos con ayuda de un aparato externo o una máquina. Lo que las empresas suelen buscar con este tipo de tecnología es captar información e introducirla dentro de un ordenador para su manejo, de manera que se evite que los empleados tengan que hacerlo de forma manual. El objetivo es el de lograr una mayor eficiencia y exactitud en la información recopilada.

Algunos ejemplos de sistemas de identificación automática se exponen a continuación:

5.1.1. El código de barras

Es un sistema de codificación binaria mediante barras paralelas y espacios de distinto grosor que contiene información que puede ser leída a través dispositivos ópticos, (Finkenzeller, 2010). Esta información puede interpretarse en forma numérica y alfanumérica y permite reconocer un artículo de forma única y en cualquier punto de una cadena de suministro, así como realizar inventarios, facturaciones, control de calidad, etc.

El código de barras está considerado como uno de los sistemas de identificación de productos más utilizados por su bajo coste, facilidad de implementación y variedad de aplicaciones.



Figura 5.1. Código de barras.

Fuente: <http://www.five-fingers.es/index.php/2-principal/7-codigos-de-barras>

5.1.2.El código QR

El código QR o “*Quick Response Code*” es un tipo de código de barras bidimensional creado con el objetivo de que su contenido pueda leerse a alta velocidad. En sus orígenes este tipo de código se empleaba para la industria, sin embargo, actualmente y gracias al avance de los teléfonos móviles, han aparecido nuevos usos orientados al consumidor, como por ejemplo en la lectura de promociones, acceso de pasajeros en los aeropuertos, en el comercio electrónico, etc.



Figura 5.2.Código QR.
 Fuente: <http://www.esan.edu.pe/qr/>

5.1.3.La banda magnética

Mediante el empleo de señales electromagnéticas, se almacena y codifica información en una banda, que posteriormente puede ser leída por una máquina de manera rápida y por contacto. Al contrario que el código de barras que identifica productos, la banda magnética suele emplearse en la identificación de personas, como por ejemplo en las tarjetas de crédito o débito para la realización de pagos o transacciones, para apertura de cajas fuertes o cerraduras electrónicas, en tarjetas de fidelización, etc, (Carro & González, 2012).



Figura 5.3.Banda magnética.
 Fuente: <http://www.sisdid.com/tarjetas/banda.html>

5.1.4. Sistemas biométricos

La biometría aprovecha que existen ciertas características fisiológicas únicas e inalterables para crear una huella o un molde biométrico que permita una identificación perdurable en el tiempo. Algunas de las técnicas biométricas más conocidas son el reconocimiento del iris o la retina, la geometría facial o geometría de la mano, el patrón de la voz y la más explotada y difundida, la huella dactilar (Carro & González, 2012).

Se emplea fundamentalmente para control de acceso y seguridad a espacios privados, para la investigación criminalística y actuaciones policiales, en sanidad para la identificación de pacientes, y recientemente se están empezando a instalar lectores de huella dactilar para la realización de transacciones económicas seguras a través de internet o mediante el teléfono móvil.



Figura 5.4. Sistema reconocimiento de huella dactilar.

Fuente: http://www.smartsec.com.br/Digital_Persona_u_are_Leitor_biometria.html

5.2. IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA

El RFID o identificación por radiofrecuencia es un término genérico utilizado para tecnologías que usan ondas de radio en la identificación automática de objetos o personas (RFID Journal, s.f.).

La tecnología RFID emplea chips de silicio que pueden transferir datos sin necesidad de contacto físico. La ventaja que presentan respecto a los comunes códigos de barras es que pueden almacenar una mayor cantidad de información y además pueden ser reprogramados.

El método más común de identificación consiste en almacenar una información que identifica a una persona u objeto en un microchip unido a una antena. Esta antena permite que el microcircuito transmita la información de identificación a un lector que convierte las ondas emitidas en información transferible a un ordenador o dispositivo electrónico (Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación [INTECO], 2010).

5.2.1. Etiqueta RFID

También llamada *tag* o transponedor, se coloca o se adhiere a un objeto con la finalidad de almacenar y enviar información sobre él mismo a un lector a través de ondas de radio.

Está compuesta primeramente por un microchip. Este incluye: una circuitería analógica que proporciona alimentación, una circuitería digital que incluye un microprocesador y una memoria para almacenar datos. La etiqueta contiene además un transductor de radio (no presente en todas las versiones), que convierte esa información almacenada, y por último, una antena, que es la encargada de transmitirla, (INTECO, 2010).

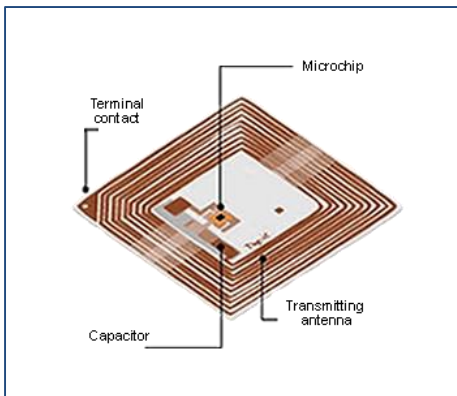


Figura 5.5. Etiqueta RFID.
 Fuente: <http://assysltd.blogspot.com.es/>

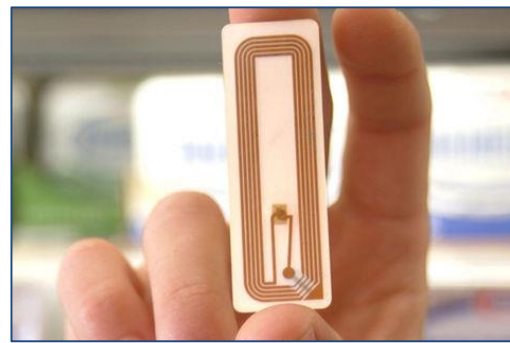


Figura 5.6. Etiqueta RFID.
 Fuente: <http://www.joseadriano.com.br/profiles/blogs/etiquetas-de-r-dio-freque-ncia>

5.2.2. Lector RFID

Está compuesto por una o varias antenas, un transceptor y un decodificador. El lector se encarga de enviar señales y en el caso de que capte alguna etiqueta con información identificativa en su zona de alcance, extraerá esa información y se la pasará al decodificador para el procesamiento de los datos.

Existen diferentes tipos de lectores que serán útiles en función del empleo que quiera darse al sistema RFID:

- **Lector de mano:** es el más sencillo y económico y funciona de forma similar a los lectores de códigos de barras.
- **Lector incorporado en la carretilla de transporte.** Para la captación de señales de mercancía transportada o que se encuentre a cierta proximidad.
- **Lector fijo:** suelen ubicarse en las zonas de entrada y salida de producto. Por ejemplo en los arcos de lectura. También existe la posibilidad de incorporar varias antenas asociadas a un mismo lector fijo, para lecturas desde varios puntos.



Figura 5.7. Lector de mano RFID.

Fuente: http://www.motorolasolutions.com/XL-ES/Productos+y+Servicios+para+Empresas/RFID/Discontinued/MC3090-Z_XL-ES



Figura 5.8. Lector fijo RFID.

Fuente: <http://www.logismarket.com.mx/intermec-technologies-de-mexico/lector-rfid-fijo/1348224235-1179567368-p.html>



Figura 5.9. Lector fijo RFID con varias antenas incorporadas.

Fuente: <http://www.dipolerfid.es/Productos/Antenas-RFID/Default.aspx>

5.2.3. Middleware

El término middleware se refiere al software o dispositivos que conectan los lectores RFID con los sistemas de información y gestión de la empresa (Burnell, 2006).

La función principal del middleware RFID consiste en extraer los datos del lector, filtrarlos, agregar información y dirigirlos al sistema de gestión que puede ser un ordenador u otro dispositivo electrónico.

En resumen, el middleware trata de gestionar y monitorizar los datos.

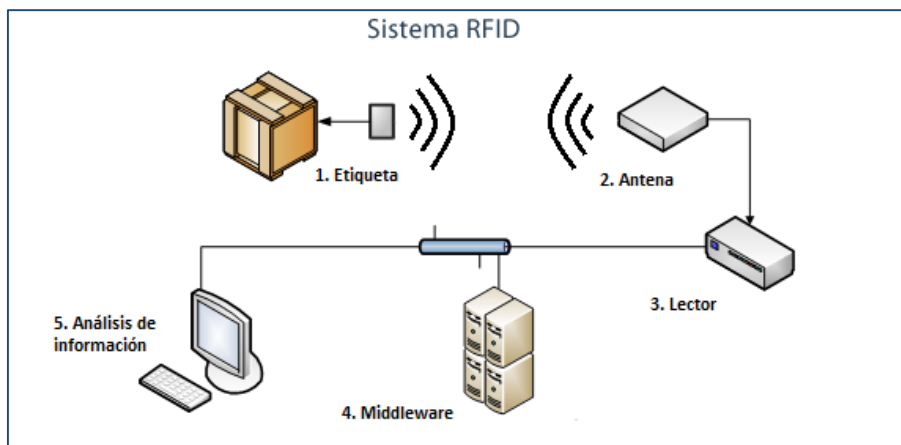


Figura 5.10. Funcionamiento de la tecnología RFID.

Fuente: <http://www.quaronline.com/comunidad/los-sistemas-rfid-ayudan-a-otros-profesionales/>

5.3. TIPOS DE ETIQUETAS RFID

5.3.1. Clasificación en función de su programación

Existen distintos tipos de etiquetas según la capacidad de programación del chip:

- a) Chip de solo lectura: posee un código de identificación único programado durante la fabricación de la etiqueta
- b) Chip de una escritura y múltiples lecturas: permite al usuario una única programación y posteriores lecturas.
- c) Chip de lectura y escritura: la información puede ser modificada por el lector, permitiendo múltiples reprogramaciones.
- d) Por otro lado existen los chips anticolidión, que son etiquetas que permiten al lector identificar varios objetos al mismo tiempo siempre y cuando se encuentren dentro del rango de alcance del lector.

5.3.2. Clasificación en función del modo de alimentación

Esta es posiblemente, su clasificación más importante y que va a definir las principales características de las etiquetas como es su rango de alcance, precio o limitaciones, lo que nos ayudará a elegir el tipo de etiqueta ideal para cada caso de implementación.

5.3.2.1. Etiquetas pasivas

Son mucho más fáciles y baratas de fabricar por que no necesitan ningún tipo de alimentación eléctrica o batería. Su funcionamiento consiste en una corriente eléctrica que se genera cuando llega la señal de los lectores. Esta corriente eléctrica permite generar y transmitir una respuesta que puede ser cualquier tipo de información.

Las etiquetas pasivas suelen alcanzar distancias comprendidas entre los 10mm y los 6 o 7 metros, dependiendo de la frecuencia con la que funcionen y del tamaño de la antena.

Su fabricación puede realizarse mediante un proceso de impresión y el dispositivo puede incluirse en una pegatina. También se están empezando a desarrollar etiquetas basadas en polímeros cuya producción supone unos costes mucho menores al servir como alternativa totalmente impresa, al igual que los códigos de barras (RFID Journal, s.f.).

5.3.2.2. Etiquetas activas

A diferencia de las etiquetas pasivas, las etiquetas activas están previstas de un transmisor y una fuente de energía propia que normalmente es una batería. Esta fuente de energía se utiliza para hacer funcionar los circuitos del microchip lo que la convierte en un sistema más potente y fiable.

Estas etiquetas portan una pequeña memoria por lo que tienen la capacidad de almacenar una mayor cantidad de información que las dos anteriores, además, son más efectivas a mayores distancias y en entornos de difícil transmisión como el agua y los metales.

Pueden alcanzar distancias de cientos de metros y aunque sus batería pueden tener una vida útil de hasta 10 años, en general son menos duraderas que las etiquetas pasivas.

La principal desventaja de las etiquetas pasivas respecto a las activas es el elevado precio que ronda entre los 30 a 90€ (RFID Journal, s.f.).

5.3.2.3. Etiquetas semipasivas

Al igual que las activas, tienen una fuente de energía propia aunque no se utiliza para transmitir la señal si no que se usa para alimentar el microchip. Al igual que una etiqueta pasiva, la energía contenida se refleja en el lector.

La batería permite que el circuito esté constantemente alimentado por lo que se elimina la necesidad de diseñar una antena para recoger potencia de la señal entrante.

Este tipo de etiqueta posee una fiabilidad similar a las etiquetas activas y suelen durar más tiempo que éstas. Sin embargo tienen un rango operativo similar al de una etiqueta pasiva (RFID Journal, s.f.).

5.3.3. Clasificación en función del rango de frecuencia

De la misma manera que funciona una radio, las etiquetas y lectores de RFID deben sintonizarse en la misma frecuencia para poder comunicarse entre sí. Pueden utilizar muchas frecuencias diferentes aunque las más comunes son las bajas (unos 125KHz), frecuencias altas (13.56MHz) y la frecuencia ultra alta (860 a 960MHz).

Resulta necesario analizar la aplicación que se le vaya a dar al sistema antes de elegir la frecuencia ideal. Por ejemplo, las etiquetas de baja frecuencia utilizan menos energía y penetran mejor en las sustancias no metálicas siendo ideales para escanear objetos con alto contenido de agua. Sin embargo, su velocidad de comunicación es baja, lo que las hace deficientes para operar en entornos donde haya más de un *tag* presente y su rango de lectura está en torno al medio metro (Gidekel, 2006).

Las etiquetas de frecuencia alta funcionan mejor con objetos metálicos y tienen una mayor velocidad de comunicación con un rango de lectura de entre 1 y 3m (RFID Journal, s.f.).

Por otro lado, las etiquetas de frecuencia ultra alta ofrecen mejores distancias, desde los 3 metros hasta incluso distancias mayores a los 200 metros (RFID Point, 2010). Sin embargo, utilizan más energía y la señal debe estar más dirigida por lo que exigen una ruta despejada entre la etiqueta y el lector.

Otros inconvenientes son las posibles interferencias provocadas por metales y líquidos, y además, las dificultades de estandarización entre los diferentes países.

5.4. CARACTERÍSTICAS

Para activar la lectura del *tag* no es necesaria la intervención de ningún operador, de manera que la identificación se realiza a distancia y sin contacto ni visualización directa, permitiendo una identificación múltiple y simultánea con una lectura en tiempo real.

Las etiquetas RFID pueden incorporar detectores que registran temperatura, movimiento e incluso radiación. Esto permite su uso en sectores como el de la alimentación o la salud, resultando útil por ejemplo, en procesos de control de calidad de alimentos que deban conservarse a una temperatura adecuada.

En general, las etiquetas RFID poseen una memoria no superior a 2KB, sin embargo, algunas industrias como la aeroespacial que desea almacenar una mayor información, están comenzando a emplear etiquetas de hasta 8KB de memoria (RFID Journal, s.f.).

5.4.1. Coste actual

En general, el precio de las etiquetas RFID varía en función del volumen, la cantidad de memoria, el tipo de chip, el empaquetado (en pegatina o inserta en una caja plástica), etc.

Según la revista "*RFID Journal*" especializada en la tecnología y sus aplicaciones, los precios actuales oscilan entre los siguientes valores: las etiquetas pasivas tienen un precio que varía entre los 7 y los 15 céntimos de dólar; mientras que las etiquetas activas cuestan desde 25 dólares hasta los 100, en función de si poseen batería de larga duración o sensores.

Por otro lado, el precio de los lectores ha ido bajando en función del incremento de su uso. La mayoría de los lectores de frecuencia ultra alta cuestan entre 500 hasta 2000 dólares dependiendo de las características del aparato. El precio de los lectores de baja y alta frecuencia oscila entre los 100 y 300 dólares.

5.4.2. Beneficios

Aunque la tecnología va dirigida principalmente al sector logístico, ofrece importantes beneficios que pueden extrapolarse a otros campos relacionados con la identificación de procesos. Según INTECO, 2010, algunos de ellos se exponen a continuación:

- a) Posibilita un gran volumen de almacenamiento de datos
- b) Permite la lectura de datos sin contacto directo con las etiquetas
- c) Se reducen los costes operativos
- d) Se reducen los errores humanos
- e) Facilita la ocultación de etiquetas en productos que proporciona mayor seguridad ante posibles robos
- f) Posibilita la reescritura en el caso de querer añadir o eliminar información
- g) Facilita la rápida retirada del mercado de un determinado producto en el caso de suponer un peligro para la seguridad.
- h) Puede combinarse con otras tecnologías de localización como pueden ser: Bluetooth, Wi-Fi, GPS, WWAN.

5.4.3. Limitaciones

Existen entornos poco adecuados para una lectura totalmente fiable de las etiquetas de radiofrecuencia que deben tenerse en cuenta a la hora de implantar este sistema, además de algunos aspectos que a día de hoy no están del todo resueltos debido a que se trata de una tecnología todavía inmadura, (Gidekel, 2006).

- a) Según el rango de frecuencias. En sistemas de bajas frecuencias queda limitada la capacidad de información y se dificulta la penetración de las ondas en elementos metálicos. Por el contrario, en sistemas de media frecuencia aunque mejora la capacidad de información y la transmisión a través de metales, empeora la penetración de ondas en agua y celulosa. Por otro lado, ante la posibilidad de utilizar sistemas UHF (frecuencia ultra alta) debe tenerse en cuenta que ante superficies metálicas las ondas rebotan mientras que los líquidos y materiales orgánicos son absorbentes de las señales, por lo que es preferible su utilización cuando se trate de plásticos, madera, cristal, cartón o papel.
- b) Lecturas múltiples. Existen limitaciones en la lectura múltiple de etiquetas por segundo de manera que se haga sin errores. Este aspecto ha ido mejorando en función del avance de la tecnología.
- c) Lecturas duplicadas. Ante una mala instalación del sistema, puede ocurrir que dos lectores se solapen en cuanto a sus áreas de cobertura y se produzca una colisión, de manera que

la señal de un lector interfiera con la del otro. Es importante que exista un mecanismo capaz de filtrar y eliminar las lecturas duplicadas de etiquetas.

- d) Calidad y durabilidad. al tratarse de una tecnología no desarrollada al 100%, en muchas ocasiones la calidad de las etiquetas puede verse disminuida de manera considerable. Esto supone que pueda sufrir deterioros en su manipulación, lo que equivaldría a lecturas con un bajo grado de fiabilidad.

5.5. ESTANDARIZACIÓN

La estandarización de una tecnología pionera, se convierte en un requisito indispensable para su desarrollo, al igual que habría sido imposible la evolución del almacenamiento de datos sin un estándar de CD o DVD o la expansión de internet sin un protocolo TCP/IP. Así deducimos la importancia de la imposición de reglas globales que en la tecnología RFID se reducen a un protocolo de rangos de frecuencias y a un estándar en la arquitectura de los aparatos y lectores de manera que los diferentes productos no interfieran entre sí independientemente de su fabricante.

La estandarización dentro del mundo de RFID comenzó a través de dos organizaciones: ISO y Auto-ID Center (más conocida como EPC Global), ambas con el objetivo de lograr etiquetas de bajo coste y que operen en frecuencia ultra alta (INTECO, 2010).

5.5.1. Estándares ISO

La ISO o *International Organization for Standardization* es una organización internacional no gubernamental integrada por 164 países con el objetivo de desarrollar estándares, terminología universal o procedimientos en distintas áreas y sectores.

Existen infinidad de normas ISO que abarcan diferentes temas relacionados con la forma de comunicación entre las etiquetas y los lectores, el contenido de datos, las aplicaciones o las normas de seguridad que deben cumplirse.

Algunas de ellas son las siguientes (INTECO, 2010):

- ISO/IEC 11784-11785, ISO 10536, ISO 1800: sobre la privacidad y seguridad de datos.
- ISO 14443: estándar de alta frecuencia para el pago electrónico y documentación personal.
- ISO 18000-7: estándar industrial de frecuencia ultra alta.
- ISO/IEC 15963: sobre el sistema de trazado y monitorización de las etiquetas.
- ISO 19762-3: para establecer definiciones y terminología única.

5.5.2.EPC (*Electronic Product code*)

EPC Global es una organización encargada del desarrollo de estándares para el apoyo en el uso de la tecnología de identificación por radiofrecuencia dentro de la cadena de suministro.

El EPC Global se encuentra en asociación con la GS1, asociación sin ánimo de lucro presente en unos 100 países y dedicada al diseño e implementación de estándares y soluciones para mejorar la eficiencia dentro del sector logístico. Uno de los estándares más conocidos desarrollado por esta asociación es el código de barras EAN-13 que es el código de barras universal adoptado por más de un millón de empresas en todo el mundo.

En esta ocasión EPC Global ha creado el EPC o Código Electrónico de Producto, que dentro de la tecnología de radiofrecuencia, resolvería el problema de estandarización en lo que a codificación se refiere.

El código EPC consiste en una numeración de 24 dígitos hexadecimales y su finalidad es la de poder identificar cualquier artículo a nivel mundial de manera que puedan mejorarse la eficiencia en los procesos o el manejo de la mercancía dentro de la cadena de suministro.

5.6. SEGURIDAD Y PRIVACIDAD

Los riesgos para la seguridad en la aplicación del sistema RFID son aquellos derivados de la utilización de la tecnología de forma fraudulenta o con el fin de aprovecharse del sistema para lograr un beneficio económico. Algunos ejemplos de ello recogidos en la guía RFID elaborada por el Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación son:

- La suplantación o envío de información falsa a un lector de radiofrecuencia) o bien la clonación de la propia tarjeta. Sin embargo, esto mismo puede suceder con los códigos de barras que además poseen un menor grado de sofisticación respecto a la tecnología de radiofrecuencia.
- Aislamiento de etiquetas o inutilización del sistema mediante la creación de un campo electromagnético que interfiera en la comunicación entre la etiqueta y el lector, ocasionando posibles robos o la alusión a los controles de seguridad.
- Inserción de código malicioso (*malware*). Existe la posibilidad de infectar el sistema introduciendo virus en las propias etiquetas, sin embargo, debido a la escasa memoria de éstas, no resulta una tarea sencilla.

Por otro lado, existen riesgos claros de violación de la privacidad de las personas que pueden ser derivados de un mal uso del sistema de etiquetas de radiofrecuencia:

- Lectura masiva y vigilancia del comportamiento de los consumidores. A pesar de ser necesaria una cierta proximidad para la lectura del código, inquieta la posibilidad de que las etiquetas de radiofrecuencia sigan funcionando incluso después de la compra del artículo. Por eso, en el año 2006, la Comisión Europea llevó a cabo una consulta pública sobre el sistema RFID para advertir sobre las mayores preocupaciones por parte de los ciudadanos del uso de esta tecnología.
- Asociación de compra de un artículo con una persona que paga con tarjeta. El objetivo principal sería el de trazar perfiles de usuarios para su posterior uso en estrategias de marketing. Sin embargo, esto ya es un hecho gracias a las compras con tarjeta de crédito o el *e-commerce*, y un claro ejemplo de ello es Amazon, que estudia los perfiles de sus compradores para después ofrecerles artículos que puedan ser de su interés.

Ante esta posibilidad, la Comisión Europea se plantea la opción de crear una legislación que regule especialmente la seguridad de los sistemas de comunicación inalámbricos y la integridad de los datos.

5.7. CUMPLIMIENTO DE LA NORMA

La Agencia Española de Protección de Datos está trabajando actualmente en representación de España ante la problemática sobre la privacidad de las personas por el uso de la tecnología RFID, lo que puede verse en un incremento de los estudios realizados en torno a este tema.

Además, la comisión europea redactó en el año 2009 una serie de recomendaciones y buenas prácticas a la hora de vincular información personal a etiquetas de radiofrecuencia. Estas recomendaciones quedan recogidas en el documento denominado "On the implementation of privacy and data protection principles in applications supported by radiofrequency identification SEC (2009)."

Por otro lado, deben tener en cuenta tanto desarrolladores de la tecnología, como las empresas que decidan implementarla, que son de aplicación los principios recogidos en la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal y que por lo tanto deben:

- Definir de forma clara las finalidades y usos del sistema
- Informar tanto a clientes como empleados del uso o la existencia de etiquetas de radiofrecuencia.
- Se debe garantizar la seguridad de todos los recursos personales y técnicos relacionados con los tratamientos de datos vinculados a las etiquetas RFID por lo que una etiqueta debería desactivarse de forma automática en el caso de que pase a manos de un consumidor final o ante su petición (INTECO, 2010).

6. APLICACIONES DEL RFID

La tecnología RFID no ha llegado a introducirse con fuerza dentro de las empresas españolas, habiendo sin embargo, una gran diferencia en función del tamaño de la empresa por número de empleados.

Según los últimos datos ofrecidos por el INE (años 2013-2014), en términos generales, tan solo un 0,7% de empresas de menos de 10 empleados utilizan sistemas RFID, mientras que un 20,5% de las empresas de mayor tamaño (más de 250 empleados), los utilizan.

Si nos fijamos en el uso de la tecnología con la finalidad de identificación de personas y control de accesos, no apreciamos diferencias significativas entre los distintos sectores estudiados: industria, construcción, comercio y transporte y almacenamiento.

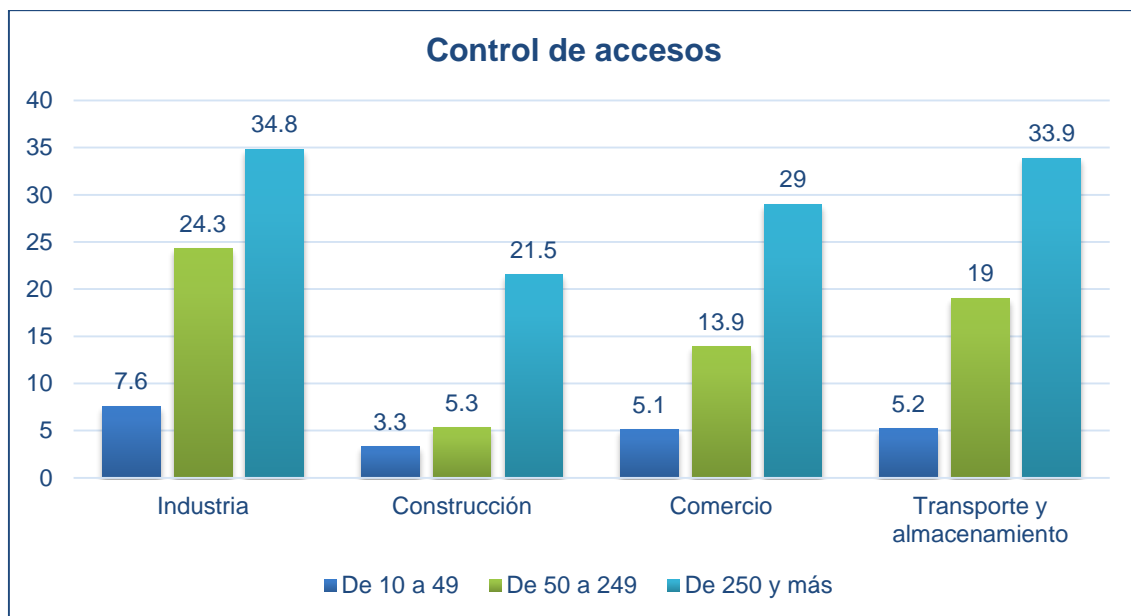


Gráfico 6.1 % de empresas que hacen uso de instrumentos RFID para la identificación de personas o control de acceso en función de su tamaño por número de empleados y del sector.

Fuente: Elaboración propia a partir del INE

Ahora bien, cuando se trata del empleo de la tecnología como parte del proceso de producción, es el sector de la industria el que se encuentra por encima de los demás, con un 32% de empresas de más de 250 empleados que utilizan el sistema, un 17,7% en el caso de empresas de entre 50 y 250 empleados y un 4,6% en las que tienen entre 10 y 50 empleados.

Cabe destacar la baja participación de empresas del sector de la construcción con un porcentaje del 7,4% en las grandes empresas, un 3,2% en las medianas y un 1,9% en las de pequeño tamaño.

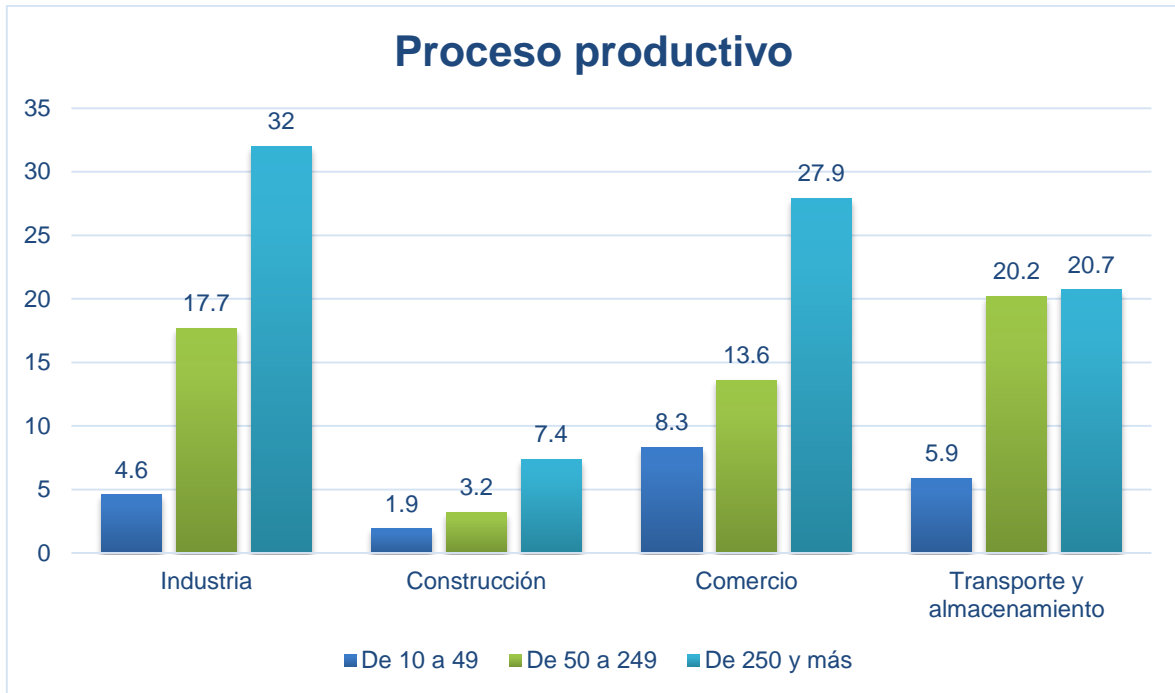


Gráfico 6.2 % de empresas que hacen uso de instrumentos RFID como parte del proceso de producción o del servicio de entrega del producto en función de su tamaño por número de empleados y del sector.
 Fuente: Elaboración propia a partir del INE

En cuanto al empleo de la tecnología para la identificación del producto después del proceso de fabricación, no se aprecian diferencias significativas entre los sectores de industria y comercio, sin embargo, vuelve a ser el sector de la construcción, el que tiene un menor porcentaje de empresas que emplean los sistemas RFID.

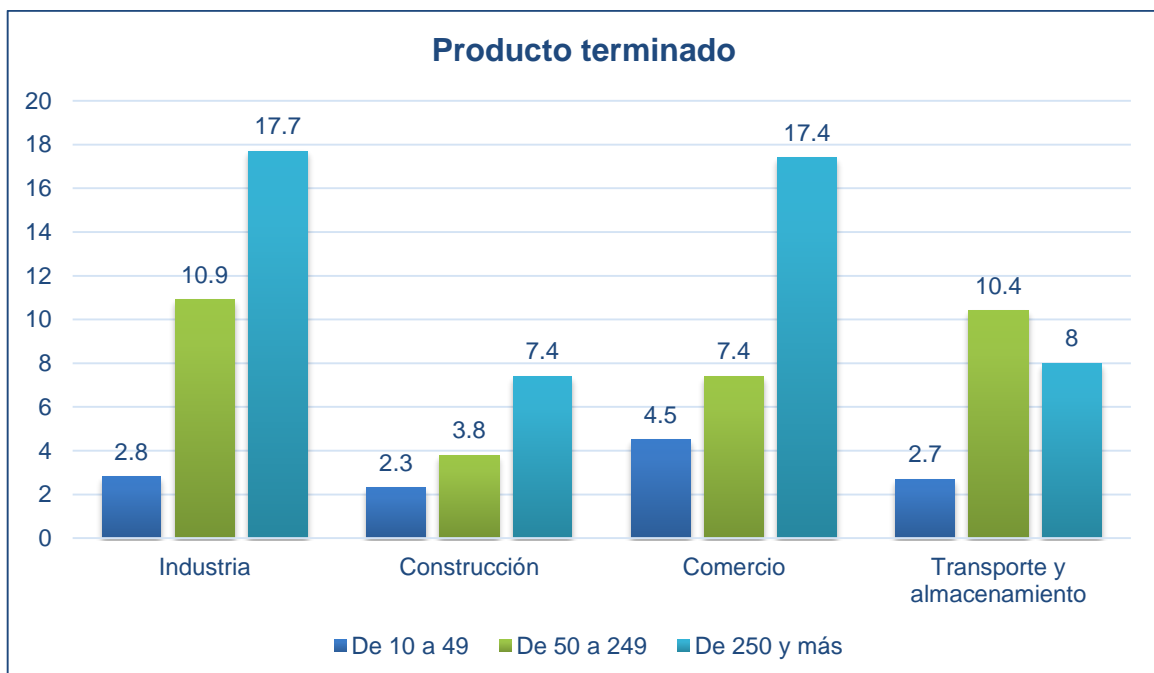


Gráfico 6.3 % de empresas que hacen uso de instrumentos RFID para la identificación del producto después del proceso de producción en función de su tamaño por número de empleados y del sector.
 Fuente: Elaboración propia a partir del INE

6.1. LOGÍSTICA Y DISTRIBUCIÓN

Según los estudios realizados por Portillo et al. (2008) en el Informe de Vigilancia Tecnológica madri+d, el sector de logística y distribución es actualmente la aplicación más popular para la tecnología RFID como se muestra en el siguiente gráfico.

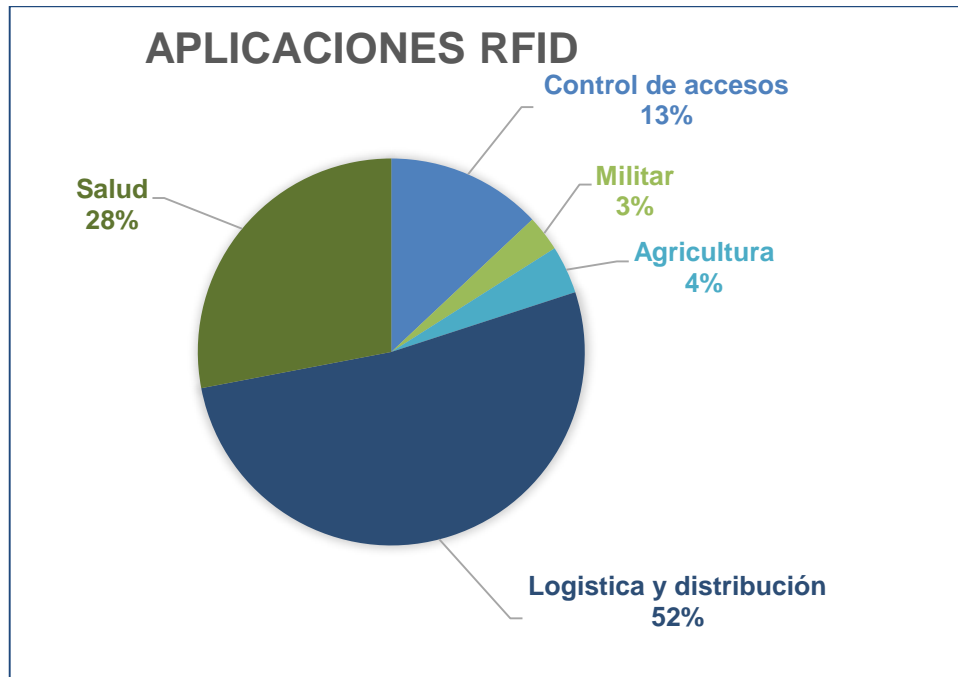


Gráfico 6.4. % Distribución de las aplicaciones RFID más populares.
 Fuente: Portillo et al. (2008) Informe de Vigilancia Tecnológica madri+d

Su aplicación permite tener un seguimiento de cualquier producto a lo largo de toda la cadena de suministro, ofreciendo máxima trazabilidad.

En la mayoría de los entornos de fabricación y distribución, el principal reto se encuentra en producir y trasladar el mayor número de artículos lo más rápido posible, con una menor manipulación y de la forma más rentable y eficiente posible.

Una herramienta que simplifique los procesos empresariales, puede ayudar a aumentar márgenes y beneficios permitiendo así ofrecer precios más competitivos.

6.1.1. Cadena de Suministro

En la cadena de suministro, actúan una red de organizaciones involucradas en diferentes procesos y actividades que se relacionan entre sí, y agregan valor en forma de productos o servicios para el consumidor o usuario final (Vrijhoef & Koskela, 2000). Se trata de gestionar todos los canales de distribución desde la fabricación, pasando por compras, logística y abastecimiento hasta que el producto llega al comprador final.

Es importante saber diferenciar entre el concepto de cadena de suministro y el de logística. Dentro de la cadena de suministro, la logística trata de entregar el producto en el momento y tiempos adecuados, en cantidades correctas y con la calidad mínima exigida por el cliente.

Algunas de las ventajas según García (2011), que ofrece la correcta gestión de la cadena de suministro son:

- Reducción del inventario y ahorro de costes de almacenamiento.
- Mayor eficiencia en costes y ahorro mediante la asignación de recursos a las actividades más productivas.
- Crecen las relaciones entre los miembros de las organizaciones involucradas con el objetivo de lograr beneficios mutuos mediante el intercambio de información, la coordinación y planificación conjunta.
- Se consigue una reducción de los tiempos en las operaciones, donde el uso de las TIC juegan un papel imprescindible en esta tarea.

Las posibilidades de empleo del sistema por radiofrecuencia abarcan varias fases del proceso dentro de la cadena de suministro:

6.1.1.1. Recepciones y envíos

Para lograr una mayor trazabilidad dentro de la cadena de suministro resulta imprescindible la obtención de datos de todos los productos que entran y salen en cualquier empresa de logística o distribución. El sistema RFID permite obtener esa información en tiempo real.

El método más común para el control de acceso consiste en un sistema de antena con un rango de alcance de unos dos metros en su versión simple o cuatro metros en la versión doble. Esta última funciona a modo de arco identificando los productos que pasan entre las dos antenas de forma automática.



Figura 6.1. Arco RFID para la entrada de mercancía en almacenes.
 Fuente: <http://www.rfidcontrols.com/rfidcontrols/index.php/productos/arcos.html/>

Las principales ventajas del empleo de este sistema en recepciones y envíos son la reducción de la mano de obra, disminución de los tiempos de manipulación, aumento de la productividad y reducción de errores tanto en contenidos de producto como en los destinos de envíos.

6.1.1.2. Almacenamiento y *picking* (preparación de pedidos).

La ubicación y preparación de pedidos son, junto con la recepción y salida del producto, procesos críticos para la integración y fiabilidad de la información en la cadena de suministro.

Tener un exhaustivo control del producto que se almacena de manera que se garantice la correcta colocación de los artículos, elimina los errores relativos al *picking*.

La identificación y localización de bienes, junto con la gestión de alertas en tiempo real, genera también importantes beneficios en la mejora de la productividad.

Para la identificación de todos los productos que se encuentren dentro de un almacén pueden implementarse lectores de radiofrecuencia fijos situados a tal distancia de manera que quede cubierta toda la superficie del almacén por su rango de alcance.

En el momento del *picking*, un sistema de identificación a distancia facilita la localización del artículo y elimina cualquier posible error.

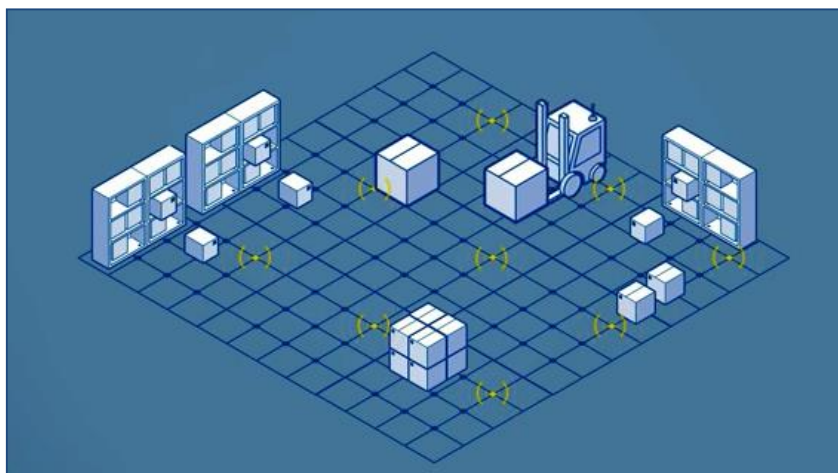


Figura 6.2. Localización mercancía en almacén mediante RFID.
 Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=JNqVQsVUxiE>

6.1.1.3. Inventarios

El mismo sistema utilizado para el almacenamiento y *picking*, puede emplearse a la hora de realizar inventarios de manera instantánea.

Mediante la implantación de etiquetas de radiofrecuencia en cada artículo y la instalación de lectores fijos distribuidos por toda la superficie del almacén, podemos realizar una lectura automática del número de artículos o cajas del que disponemos.

Esta se ha convertido en una de las mayores ventajas del empleo de este sistema, ya que reduce en gran medida los tiempos de realización de inventario, la mano de obra y en definitiva los costes.

6.1.2.Caso El Corte Ingles

El Corte Inglés es el primer grupo español de distribución y uno de los líderes mundiales de grandes almacenes. Con 75 años de experiencia, cuenta con otras cadenas que proporcionan todo tipo de productos, desde textiles y complementos, a electrónica, informática, alimentación y servicios: Sfera, Hipercor, Viajes El Corte Inglés, Bricor, etc.

Resulta imprescindible garantizar la trazabilidad de la cadena logística, y por eso los responsables de la compañía, decidieron implantar un sistema que les proporcionara el control absoluto de la mercancía que tenían en sus centros de distribución y de todos los envíos que se producían a sus tiendas, y todo ello, sin aumentar la intervención de sus operarios.

Según el video publicado en el portal de YouTube por la empresa externa Moinsa (Videositpuntocom 2011), la implantación del nuevo sistema RFID se lleva a cabo por ellos en el centro de distribución de la compañía en Valdemoro, con 500mil m² de naves y casi 500 muelles de carga y descarga.

El sistema diseñado integraba una solución de RFID dentro de sus sistemas informáticos para evitar grandes modificaciones. La identificación mediante *tags* se realizó a nivel de palé, instalando un sistema de lectura situado justo en la zona del muelle de carga con una antena cenital, que conecta con la etiqueta RFID.

El procedimiento habitual en los almacenes, consiste en clasificar las miles de cajas que llegan cada día a los almacenes en función del destino y muelle de salida. Estas cajas se colocan en palés, se plastifican y se les añade un *tag* que incluye su número de referencia. Los operarios responsables de las cargas de los camiones, dan de alta los códigos en el sistema e introducen los palés en los camiones, mientras que un software integrado con los sistemas centrales de El Corte Inglés, y a su vez conectados a los lectores de cada muelle, avisa de cualquier tipo de incidencia que pueda ocurrir.

En 2011, después de haber realizado las pruebas oportunas de implantación, el sistema se encontraba operativo en uno de los almacenes con 80 muelles, cuyos resultados fueron de gran aumento de la productividad, lo que permitiría la implantación en el resto de las naves del grupo.

Esta mejora de productividad se debe a que el operario se centra únicamente en conducir la carga de la mercancía mientras que el sistema se encarga de controlar todo lo demás.

Los resultados de lectura fueron de entre un 98% y un 99% de efectividad, pudiendo llegar a un control del 100% de la carga gracias a las medidas de resolución de problemas que se van tomando a medida que surgen las incidencias.

Este control de la mercancía permite saber de manera automática, exactamente qué sale de los almacenes y llega a las tiendas, con un bajo coste de implantación y sin la necesidad de una gran inversión. Si tenemos en cuenta los grandes volúmenes de mercancía que se mueven a lo largo del día, una pequeña mejora en el proceso de cada carga puede aportar grandes beneficios.

6.2. SECTOR TEXTIL

Actualmente la tecnología RFID puede ser empleada dentro del sector textil en diferentes procesos de producción, aprovisionamiento, almacenaje, distribución y comercialización.

De igual manera que en el ámbito de logística y distribución, el sistema RFID puede utilizarse para lograr la trazabilidad a lo largo de la cadena de suministro en el sector textil.

Una manera de proceder consiste en añadir etiquetas de radiofrecuencia con información almacenada a cada una de las prendas de ropa que se producen. Estas etiquetas permitirán identificar, contar y controlar las prendas textiles de forma rápida y automática tanto en el almacén como en la tienda.

Además, es posible equipar las estanterías de las propias tiendas con lectores de radiofrecuencia de manera que si un cliente compra una prenda, se envía una señal automática a los sistemas automatizados de reabastecimiento de la tienda que pedirán más prendas. Esto hace que no sea necesario mantener un excesivo stock de seguridad y que se reduzcan los costes.

Con este sistema se logran lecturas más rápidas y precisas, ahorro en costes de manipulación, niveles más bajos de inventario, reducción de roturas de stock, disminución de las pérdidas o robos, mejoras en la calidad del servicio, etc.

6.2.1. Caso Inditex

En julio de 2014, el Grupo Inditex informaba del proyecto de implantación de la tecnología de identificación por radiofrecuencia en la compañía (Inditex, 2014).

El sistema codifica cada prenda en los centros logísticos de modo que se identifican de manera inmediata aquellas prendas que deben reponerse en las tiendas con lo que se consigue alta disponibilidad de

producto y satisfacción del cliente. Además es posible atender de manera más inmediata la petición de un cliente que busca una talla o un modelo de prenda en particular.

Las principales ventajas son una mayor agilidad en la recepción de prendas, una mayor calidad en la atención al cliente, una rápida reposición de prendas en la tienda, incremento de la seguridad e inventarios más rápidos y eficientes:

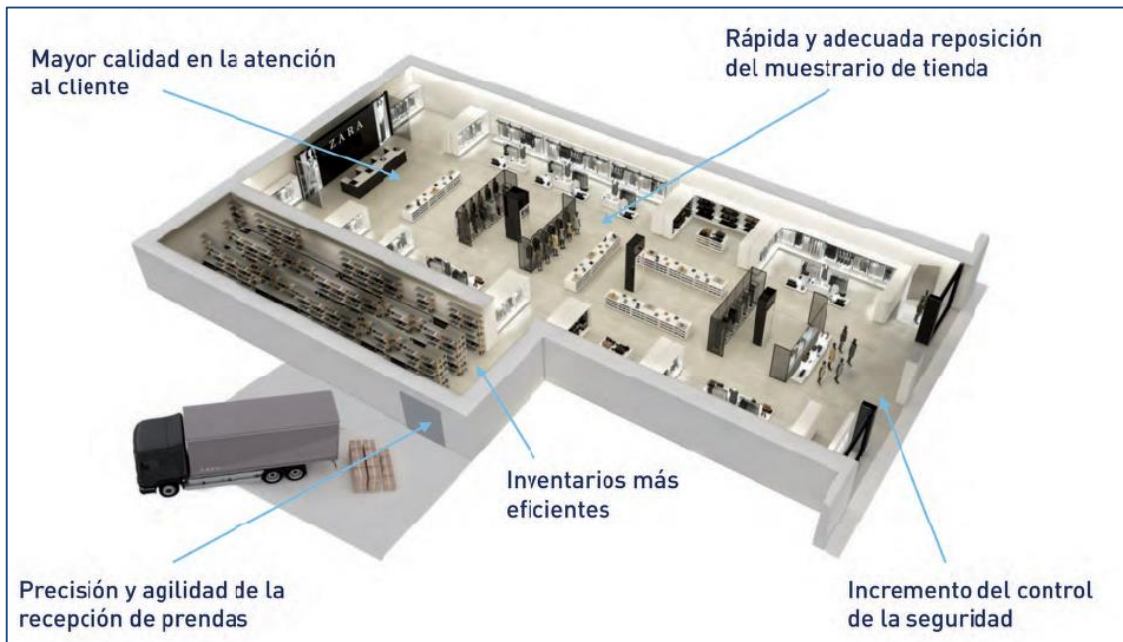


Figura 6.3. Ventajas RFID para la mejora de la calidad del trabajo en tiendas.
Fuente: https://www.inditex.com/es/media/news_article?articleId=150174

El proyecto continúa en proceso de implantación, aunque ya está operativo en más de 700 tiendas de ZARA y su previsión es que se alcance la totalidad de las tiendas en el año 2016.

6.3. SECTOR SANITARIO

Dentro del ámbito sanitario, el RFID se utiliza entre otras cosas, para la identificación y trazabilidad de pacientes y activos, lo que supone una asistencia de mayor calidad y un incremento de los niveles de seguridad. Este sistema permite tener un registro del tiempo que lleva alguien sin ser atendido, un mejor acceso a la historia clínica, facilita la localización de enfermos, se consigue una reducción de errores en la administración de medicamentos, etc.

La localización de activos permite, además, disponer de una información completa de las existencias de una planta de hospital. Esto, además de beneficios asistenciales, proporciona beneficios económicos ya que reduce la pérdida y robos de equipos y disminuye el tiempo de búsqueda de máquinas.

Gracias a la posibilidad de incorporación de detectores que registran temperaturas dentro de las etiquetas de radiofrecuencia, podemos garantizar que muestras, vacunas, órganos, medicamentos, bolsas de sangre, fármacos... están siempre a la temperatura precisa. Los dispositivos permiten programar alertas en caso de que las temperaturas excedan los límites autorizados y todo ello sin necesidad de una toma de datos manual, ya que se registra en tiempo real.

Otra posibilidad de aplicación se encuentra en las empresas farmacéuticas, que pueden adoptar esta tecnología con la finalidad de evitar falsificaciones en los medicamentos.

6.3.1. Caso Fundación Ave María

En España la Fundación Ave María pone en marcha un dispensador automático de medicamentos con tecnología RFID cuya principal ventaja reside en la administración de fármacos con un grado de fiabilidad de 100%. Mediante un aviso, se puede saber si el enfermo toma la medicación a la hora prevista o si el cuidador olvida administrarle el tratamiento (Portillo et al. 2008).

Otras ventajas que presenta la iniciativa, son la posibilidad de la realización de estudios y estadísticas sobre el consumo de medicamentos o la gestión de fármacos de la enfermería (que evita pérdidas y robos).

6.4. SECTOR AERONAÚTICO

En el año 2006, la consultora ABI Research publicaba un informe donde se indicaba que la tecnología RFID obtendría gran protagonismo en la gestión de la cadena de suministro en el sector aeronáutico y de defensa, con especial importancia en las áreas de mantenimiento, reparación y puesta a punto.

La aplicación de la tecnología en la industria de la aviación puede aportar grandes beneficios, siempre con el objetivo final de mejorar la seguridad en los vuelos:

- Mejorar el control de la aerolínea y obtener información con mayor exactitud
- Minimizar inventarios
- Lograr trazabilidad
- Reducir los procesos internos y mejorar los tiempos en la resolución de problemas
- Mejorar el intercambio de información entre los proveedores y la aerolínea

6.4.1. Caso Airbus

“Airbus Group ha recibido reconocimientos en el sector aeronáutico por su rápido interés por la tecnología de seguimiento de identificación por radiofrecuencia (Radio Frequency Identification, RFID)”. (Stephens, M. 2014).

Esta tecnología proporciona una fotografía instantánea de las operaciones, lo que permite responder con rapidez y precisión.

Hoy en día, Airbus utiliza etiquetas para seguir el rastro de 25000 paquetes de componentes que son trasladados al año entre Francia y Alemania, lo que ayuda a seguir el programa y calendario acordados. Además se elimina la entrada manual de datos consiguiendo ahorro de tiempos y mejorando el rendimiento.

Airbus utiliza además esta tecnología para la realización del seguimiento de las herramientas utilizadas con lo que reducen los daños provocados por objetos extraños además de evitar pérdidas.

La tecnología RFID también ofrece posibilidades de trazabilidad donde se reemplazarían las etiquetas de lectura manual que enumeran los detalles de cada pieza y aseguran la calidad en los aviones, por etiquetas de radiofrecuencia. Además se pretende obtener información de cualquier pieza localizada dentro de un avión sin necesidad de una lectura manual, lo que facilita el trabajo de los operarios y se reducen los posibles errores.

6.5. OTRAS APLICACIONES

El origen de la tecnología RFID data de la Segunda Guerra Mundial, cuando los pilotos aliados la utilizaron con el objetivo de distinguir amigos y enemigos. En la década de los noventa, la tecnología RFID se asoció al acceso a los edificios, al pago automático de peajes y al seguimiento de animales. Sin embargo, sólo ha alcanzado la madurez a escala industrial en la última década (Blázquez, n.d).

En la actualidad el sistema se emplea como llave de automóviles con sistema antirrobo, en la localización de mascotas perdidas, en bibliotecas para el seguimiento de libros, como dinero electrónico, en aerolíneas para el seguimiento de equipajes, en tarjetas de acceso al transporte público, para detectar a los presos en las cárceles o en la localización de personas en general.

7. RFID EN LA CONSTRUCCIÓN

7.1. PANORAMA ESPAÑOL DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Mientras que en el año 2007 España se enfrentaba al comienzo de la crisis económica más compleja de la historia, Ontiveros (2012), el sector de la construcción se adentraba en su propio abismo, llegando en el 2013, a su séptimo año consecutivo de descensos en la producción y cayendo a niveles inferiores que los de mediados de los años 90.

Algunos de los indicadores que se exponen a continuación, muestran claramente las dificultades a las que se ha enfrentado el sector, y los estragos que están causando los años de crisis, con especial importancia en el campo de la edificación residencial.

Un indicador significativo, es el del consumo de cemento, que en 2013 caía nuevamente hasta alcanzar la cifra de 3.47 millones de toneladas frente a los 18.4 millones que hubo en el año 2007.

La inversión en construcción sobre el PIB, descendía también en el año 2013 hasta llegar al 10% del PIB, y continuando con la misma tendencia que ya se registraba en años anteriores con cifras del 15.5% en el año 2010, 13.6% en el 2011 y 11.8% en el año 2012 (Fomento Construcciones y Contratas [FCC], 2013).



Gráfico 7.1. Economía española. Inversión en construcción residencial, % PIB.
 Fuente: Lección 3ª, La crisis global de 2007, MBA, Emilio Ontiveros 2014.

Si nos fijamos en otro de los indicadores clave para medir la situación del sector, el del número de visados emitidos por los colegios, observamos que según los datos ofrecidos por el INE, la cifra descendió un 60% en el año 2012 respecto al año 2007.

Además, el número de empresas relacionadas con el sector, se ha visto fuertemente afectada llegando a un descenso de 114mil empresas entre los años 2007 y 2011, cifra que seguramente se ha visto incrementada en los últimos años.



Gráfico 7.2. Número de empresas asociadas al sector de la construcción.
 Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE

En cuanto al mercado laboral, el año 2013 cerraba con una cifra de 1.736.000 empleos destruidos desde el inicio de la crisis en edificación y obra civil. Mientras que entre los años 1986 y 2009, la creación de empleo en el sector representaba el 21% del total, en el año 2011, la construcción supuso un 73% del empleo total destruido (Fomento Construcciones y Contratas [FCC], 2012).

Algunos datos representativos del sector entre los años 2005 y 2011 se muestran en la siguiente tabla. Lo que podemos interpretar con estos resultados, es que en el 2008 se producía un punto de inflexión proseguido de 6 años de caídas.

Columna1	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Volumen de negocio	256	295	305	341	284	201	156
Valor de la producción	268	311	312	368	272	198	156
Consumos intermedios	183	215	210	267	191	134	106
Impuestos menos subvenciones	1.53	1.42	0.78	2.09	2.28	1.39	1.12
Costes de personal	57	64	68	58	49	42	34
FBCF Inversión bruta	9.8	11.5	10.9	18	10.2	6.7	4.8
IVA (devengado-soportado)	4.7	4.6	8.6	-4.7	9.9	7.4	4.8

Tabla 7.1. Datos significativos del sector de la construcción entre los años 2005 y 2011.
 Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE

Ahora bien, si nos fijamos en la situación más actual del sector, podemos decir que comienzan a verse señales de mejora. Esto implica unas previsiones de crecimiento en 2015 de entre el 2% y el 4% según la patronal de la construcción Seopan. Los visados de obra nueva aumentaron en enero de 2015 en un

34.8% respecto al año anterior, las licitaciones de obras crecieron el 18% entre marzo de 2014 y febrero de 2015 y el crecimiento del empleo supuso en marzo de 2015, un incremento del 7.16%.

Pese a ello, Francisco Diéguez (director general de Itec), defiende en sus declaraciones al diario 20minutos, que estos datos positivos se deben en gran medida a la situación tan extrema en la que se encontraba el sector, y que la situación seguirá siendo complicada porque se parte de un momento muy delicado y crítico.

7.2. INVERSIÓN EN I+D+i

Indudablemente, la profunda crisis que ha vivido el país durante los últimos años, está afectando de forma significativa al sistema español de innovación, que ha visto disminuir cada año, el número de empresas españolas con actividades en I+D. Concretamente, entre los años 2009 y 2013 el número de empresas que realizaban I+D disminuyó casi en un 22% según los datos ofrecidos por el INE.

Si hacemos una comparativa entre España y los cinco países de referencia en Europa (Alemania, Francia, Italia, Reino Unido y Polonia), además de los países pertenecientes a la OCDE, observamos como el gasto en I+D en España se ha ido reduciendo considerablemente en los últimos años y continúa cayendo, mientras que en los otros dos grupos mantiene un ascenso continuado. Concretamente, mientras que la I+D empresarial caía entre los años 2008 y 2012 al 92% en España, en la OCDE crecía hasta 111% y en los CINCO hasta el 116%.

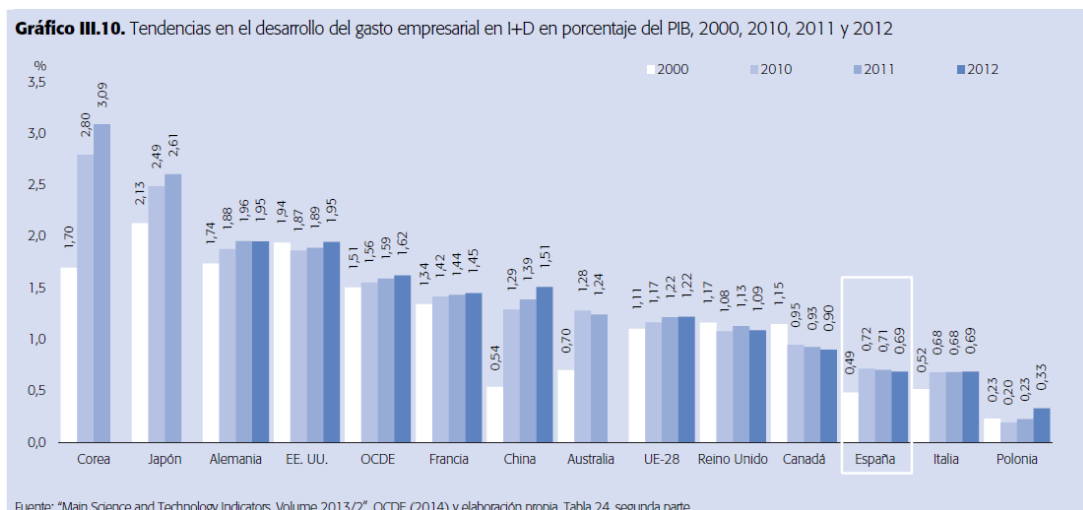


Gráfico 7.3. Tendencias en el desarrollo del gasto empresarial en I+D en porcentaje del PIB 2000, 2010, 2011 y 2012.
 Fuente: Informe COTEC 2014

Como es lógico, el sector de la construcción, también ha visto afectados considerablemente los fondos dedicados a I+D, con una reducción del 35% de la inversión interna y una disminución en un 40% del número de empresas que realizaban I+D.

Según el informe anual publicado por el COTEC en 2014 (Fundación para la Innovación Tecnológica), los gastos de las empresas en I+D en función de su sector de actividad en el año 2012 se distribuyó de la siguiente manera:

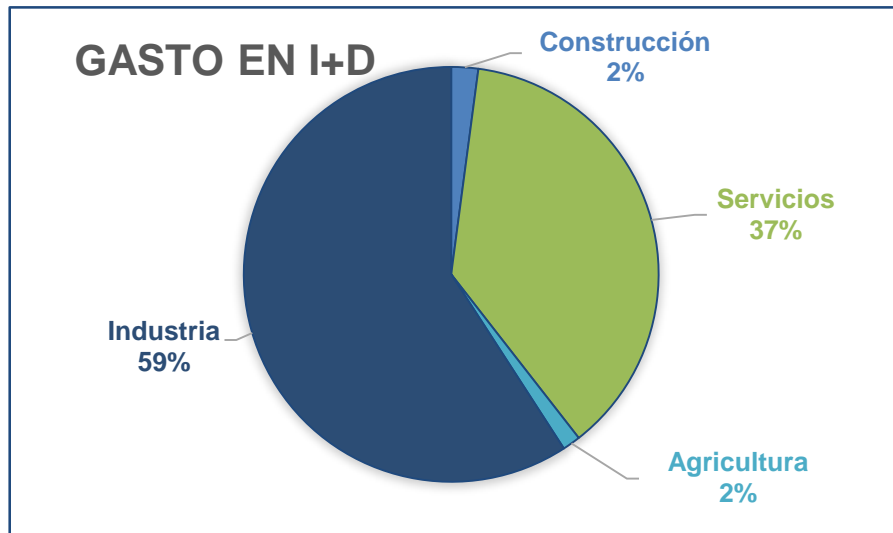


Gráfico 7.4. Gastos de las empresas en I+D interna y ejecutada por servicios de I+D por sectores en porcentaje del total, 2012.

Fuente: Informe COTEC 2014

Destacan claramente los sectores de construcción y agricultura por su baja participación respecto a los de industria y servicios que abarcan la mayor parte del gasto en I+D.

Otro resultado remarcable, es el ofrecido por el INE en su encuesta sobre Innovación tecnológica, donde el porcentaje de empresas entre los años 2010 y 2012 en el sector de la construcción, que habían introducido en el mercado una innovación, considerando innovación como un producto o un servicio nuevo o mejorado de forma significativa, fue del 6.71% frente al 23.67% de empresas declaradas innovadoras en la rama de la industria.

Sin embargo, a pesar de todos los datos negativos anteriores, cabe destacar que según este mismo informe del COTEC, dentro de las 25 empresas con mayor inversión en I+D se encuentran tres de las principales constructoras españolas: Acciona, ACS y OHL en las posiciones 5, 15 y 16 respectivamente.

7.3. GESTIÓN DE PROYECTOS EN EDIFICACIÓN

Un proyecto puede definirse generalmente como una organización temporal de recursos destinada a la creación de un producto o un servicio único, por lo tanto, se puede decir que la gestión por proyectos dentro de la estructura de una organización, está basada en equipos de personas que trabajan juntas de forma temporal con el objetivo de lograr un mismo fin. (Pellicer et al., 2014).

Es importante diferenciar entre la gestión **de** proyectos y la gestión **por** proyectos. Mientras que la gestión de proyectos atañe a la producción, la gestión por proyectos envuelve a toda la estructura de la organización donde todo es un proyecto. Ambas estructuras pueden coexistir dentro de una organización.

7.3.1. Estructura de la organización. Sector de la construcción

En la industria de la construcción, los proyectos se gestionan por compañías preparadas para trabajar de forma sistemática para lograr un fin, y cada empresa constructora, tiene una forma de organizar sus obras en función de su estructura interna y de las particularidades de cada caso.

Una empresa puede estar estructurada de una forma más lineal o jerárquica donde cada empleado depende de forma directa de un superior, o bien puede estar más orientada a proyectos y tener una estructura matricial donde cada subordinado tiene varios superiores que pueden pertenecer a las actividades de apoyo (dirección financiera, dirección de calidad, dirección técnica, etc.) o bien a las actividades de negocio (cada uno de los proyectos).

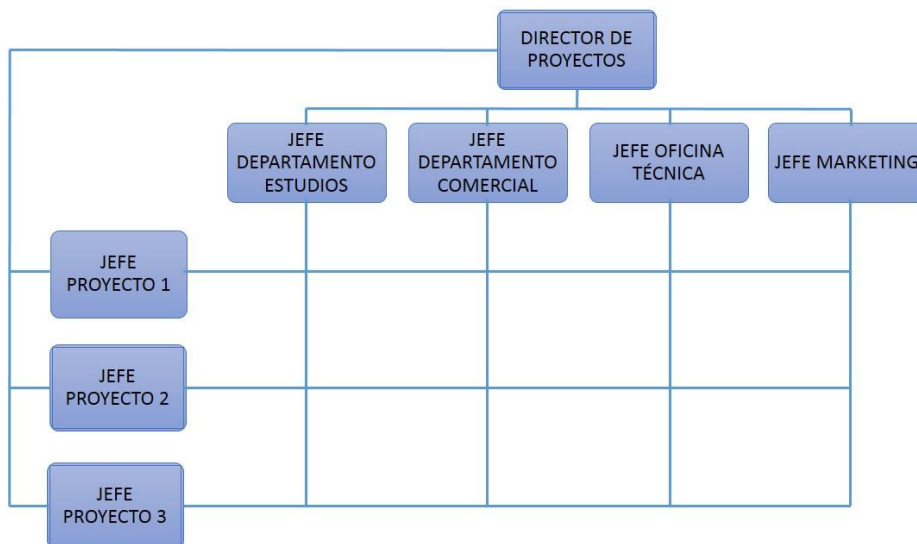


Figura 7.1. Organigrama matricial en empresa de construcción.
 Fuente: elaboración propia

Es muy común en las empresas constructoras, encontrarnos este tipo de estructura organizativa matricial donde se asignan coordinadores o jefes de proyecto (Project Managers) por un lado, y por el otro lado existe una segunda cadena de mando que cubre las diferentes áreas o departamentos (Yepes, 2013).

7.3.2. De la planificación a la ejecución

Dentro de un proceso de edificación se diferencian dos fases principales: la fase de proyecto y la fase de construcción.

En la fase de proyecto se realiza el diseño (planos, estructuras, instalaciones, etc.), se estudia el coste de la obra, y se hace una primera planificación. En la fase construcción se ejecuta el proyecto previamente diseñado.

Para una empresa constructora, llevar a cabo la obra según la planificación y en el tiempo previsto es una tarea difícil. Existen numerosos factores externos que afectan a la ejecución de un proyecto, y cada obra siempre será completamente diferente a la anterior. Si una empresa, se dispone a construir un edificio en una ciudad, y luego quisiera construir exactamente el mismo edificio pero en otra ciudad, el proyecto cambiaría por completo, y los problemas que irían surgiendo a lo largo de la ejecución serían completamente diferentes, ya que afectan elementos como pueden ser el emplazamiento, el terreno, los accesos, la climatología, los festivos locales, etc.

También es importante tener en cuenta que existen diferentes agentes que intervienen en las obras dependiendo de la fase de proyecto en la que se encuentren y en numerosas ocasiones interactúan diferentes organizaciones de forma más compleja en relación de promotor-contratistas-subcontratistas, lo que complica de forma gradual la gestión del proyecto.

Es por estas razones, que los proyectos de construcción acaban siendo extremadamente complejos, y a menudo tienen lugar en ambientes dinámicos, donde resulta necesario improvisar a cada momento, y donde la gestión requiere información fiable y en tiempo real, para así poder tomar las decisiones más convenientes en cada momento.

Aquí es donde toman protagonismo las TIC, y ante situaciones de necesidad surgen herramientas que facilitan la gestión y mejoran la eficiencia de los procesos.

7.3.3. Problemática de las obras de construcción

Como ya hemos comentado con anterioridad, las obras se llevan a cabo en ambientes muy cambiantes e impredecibles, por lo que mediante una correcta planificación, puede mejorar la productividad y conseguir ahorros considerables en costes.

Algunos de los problemas más comunes que las empresas constructoras tienen que afrontar, y por lo tanto, donde deberían poner su punto de mira con el objetivo de mejora, son los siguientes:

- Productividad. En la disminución de la productividad pueden influir diversos factores, como pueden ser la baja experiencia de los operarios, inadecuado uso de las herramientas, escasa información, realización de tareas innecesarias, mala coordinación, etc.
- Demoras en la ejecución. Una de las mayores preocupaciones cuando se ejecuta una obra es la finalización a tiempo de los trabajos, ya que los retrasos no solo suponen un coste adicional de recursos y un incremento en los gastos, sino que además, a menudo se aplican penalizaciones por cada día que se alargue la finalización de las obras. Una adecuada planificación juega un papel crucial en este aspecto.
- Ubicación de materiales, equipos y maquinaria. A menudo, los problemas de espacio en las obras o la inexistencia de un correcto almacenamiento de los materiales, resultan en roturas de material o pérdida de tiempo de los operarios que tratan de buscar ciertas herramientas o localizar algún material.
- Costes por pérdidas o robos. Según fuentes expertas en la materia, un 2% del coste de los materiales de obra sufren una pérdida por robo o daños. Esto a menudo se debe al aspecto comentado en el apartado anterior, de la inadecuada ubicación de los materiales o el incorrecto almacenamiento.
- Calidad y repasos. Entre un 5 y 7% del coste de ejecución material se destina a repasos en obra. Una incorrecta gestión de la obra eleva los gastos de la no calidad, por lo que es importante eliminar los errores en el origen, (hacer las cosas bien a la primera).
- Seguridad en las obras. Con un alto índice de siniestralidad laboral en el sector de la construcción, la prevención de riesgos se ha convertido en una de las mayores preocupaciones para las empresas constructoras, que han tenido que aumentar las medidas de seguridad de forma considerable en los últimos años.

7.4. POSIBLES USOS DE LA TECNOLOGÍA RFID EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Durante los últimos años, los sistemas de información en tiempo real se han convertido en una herramienta importante para la gestión de proyectos de construcción. Y debido a su importancia y efectividad, se han tratado de mejorar hasta el punto de conseguir cada vez mayor efectividad y fiabilidad de los resultados a un menor coste. Este es el caso de las etiquetas de radiofrecuencia.

Según Kazi, et al. (2009), la tecnología RFID ha sido identificada como una de las diez mejores contribuciones de la tecnología en el siglo XXI, gracias a sus beneficios potenciales, su facilidad de manejo y su viabilidad económica.

Sin embargo, pese a su extendida aplicación en diferentes sectores, como ya hemos visto anteriormente, su utilización en el ámbito de la construcción todavía no se ha generalizado. De hecho, después de las investigaciones y las entrevistas realizadas para este trabajo, no se han encontrado evidencias de su aplicación en este sector en España.

Si nos vamos a los datos del INE, tenemos que en año 2014, el porcentaje de empresas de construcción que hicieron uso de la tecnología durante o después del proceso de producción, fue inferior al 10% en empresas de más de 250 empleados y menor al 5% en pequeñas o medianas empresas.

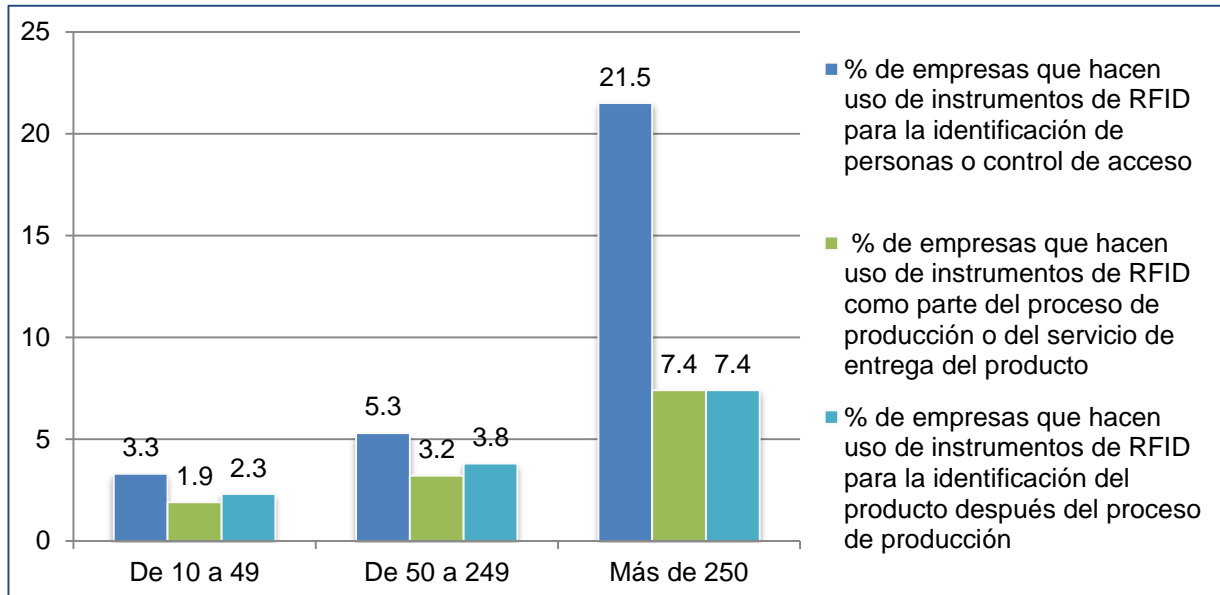


Gráfico 7.5. % de empresas del sector de la construcción que hacen uso de instrumentos RFID en función de su tamaño por número de empleados (2014).
 Fuente: INE

Otro dato relevante es el obtenido a partir de la compañía *IDTechEx*, dedicada a la realización de estudios de mercado, empresariales y de nuevas tecnologías, y que cuenta además con la mayor base de casos de estudio realizados acerca de la implantación de la tecnología RFID en diferentes sectores. De los 4819 casos de estudio recogidos en su web sobre 4883 empresas de 124 países, no se registran casos relacionados con el sector de la construcción, no habiéndose localizado ninguna empresa española de construcción entre las empresas estudiadas.

7.4.1. Gestión de suministro de materiales

En las obras de construcción, una parte muy importante del coste recae en los materiales y en el equipamiento que constituyen entre un 50 y un 60% de los costes totales de proyecto (Domadara y Kini, 1999). Es por eso que la gestión de materiales y especialmente a nivel de inventario se convierte en una parte crucial para la correcta ejecución del proyecto, ya que afecta directamente a la programación de obra y a los costes totales.

De hecho, si surge un error o un problema en una parte del proyecto en relación a los materiales o el equipamiento de obra, lo normal es que esto afecte directamente a al resto de actividades que le sucedan, lo que resultaría en retrasos e incremento de los costes.

Algunos de los problemas relacionados con la gestión de materiales que pueden darse son: retrasos en las entregas, identificación errónea de los materiales, malas previsiones, inadecuado almacenaje o falta de espacio, mermas debido a roturas de material, robos, carencia de información de stocks, etc. Por eso, una correcta identificación y seguimiento de los materiales a lo largo de todo el proyecto de construcción puede ayudar a mejorar la eficiencia, reducir los tiempos de almacenaje de los materiales hasta que son empleados y a mejorar la toma de decisiones que habitualmente acaban realizándose con muy poca información.

Según Bell, (2004) los materiales de construcción pueden clasificarse en tres grupos principales que requerirán diferentes medidas para su gestión:

- Materiales generales de construcción: se trata de los materiales que se emplean de forma general y en gran volumen, generalmente estandarizados y que pueden emplearse en cualquier obra independientemente de su proyecto. Por ejemplo tuberías o azulejos.
- Materiales de ingeniería: elementos que se han fabricado especialmente para un proyecto concreto y que deberían disponer de un código único de identificación. Por ejemplo una puerta a medida.
- Materiales prefabricados: éstos son cada vez más empleados y consisten en elementos producidos en la fábrica según las especificaciones de proyecto y únicamente montados y ensamblados en obra. Estos pueden ser desde elementos de fachada, hasta módulos enteros de obra (un baño o una cocina), empleados en arquitectura modular.

Mientras que la primera categoría requiere pocos días de entrega desde que se realiza el pedido hasta que se entrega, los otros tipos de materiales necesitan mayor planificación y tiempos de fabricación.

7.4.1.1. Cadena de suministro de materiales de construcción.

En las obras de construcción, es el principal contratista quien toma la decisión, o de emplear recursos propios para cada una de las partes del proyecto, o por el contrario, de externalizar algunas actividades que serán llevadas a cabo por una empresa especialista. A la vez esa empresa contratada, puede tomar sus propias decisiones en relación a la externalización, y en el caso de decidir contratar otro servicio ajeno, se convertirá en una empresa subcontratista.

Esta situación tan común en las obras de construcción y especialmente en las de gran tamaño, acaba convirtiéndose en una red de contratos y relaciones empresariales realmente difícil de coordinar y que complica en gran medida la correcta gestión del proyecto.

La trazabilidad de la cadena de suministro queda representada en la siguiente figura donde podemos identificar tres situaciones posibles de los materiales: en fabricación, en proceso de envío y entregado.

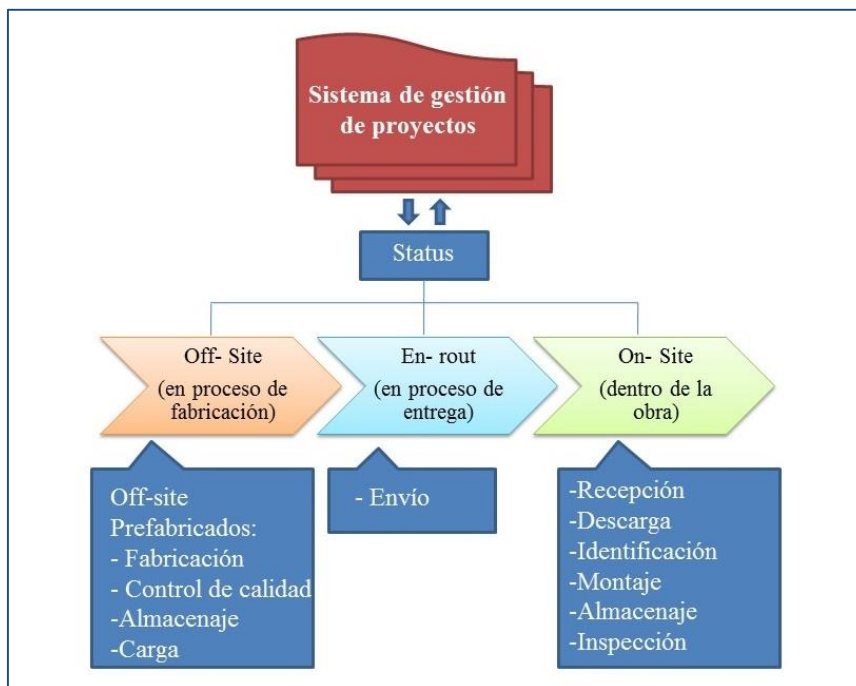


Figura 7.2. Proceso de seguimiento de materiales en proyectos de construcción.
 Fuente: elaboración propia y Majrouhi (2012)

7.4.1.2. Seguimiento de materiales on-site y gestión de inventario

Una correcta gestión de inventarios debe asegurar que disponemos de los materiales y equipamientos en una calidad adecuada a un precio razonable, que las cantidades sean las necesarias, que lleguen en el momento acordado y que estén disponibles en el momento que se requiera su uso.

Los principales errores que suelen cometerse en la gestión de inventarios son un inadecuado espacio de almacenamiento, la pérdida de tiempo o ineficacia para organizar los materiales y la escasa información y en muchos casos desactualizada.

Existe una gran dificultad en la gestión de inventarios y es por la gran cantidad de materiales y componentes que intervienen en una obra, y aun así, el modelo tradicional de conteo manual sigue siendo el que se emplea de forma generalizada.

Los problemas derivados del método manual de gestión suelen consistir en una intensa labor de los operarios, con resultados poco fiables, retrasos en la programación y disminución de la productividad. Además, la recopilación de información en ocasiones se realiza con escritura a mano en papel resultando en pérdidas o imposibilidad de acceso a la información desde puntos remotos.

7.4.1.3. RFID en gestión de materiales.

Ante un ambiente incontrolable dentro de los proyectos de construcción, la gestión correcta de los materiales se convierte en una prioridad, y el empleo de las nuevas tecnologías y la digitalización de la información pasan a ser objetivos importantes del Project Manager.

La localización de elementos de construcción identificados con etiquetas de radiofrecuencia puede lograr un incremento en la productividad. Se trata de una propuesta para lograr captar información fiable y en tiempo real sobre materiales, componentes y equipamiento dentro de la cadena de suministro.

Por otro lado, un seguimiento de la ubicación de los materiales supondría la medición en tiempo real de indicadores como el progreso de la obra o la productividad del trabajo, lo que facilitaría la tarea de los supervisores que dedican parte de su tiempo a esta tarea de recopilación de información.

La principal ventaja de utilizar este sistema frente a otros, es que al tratarse de una tecnología que no necesita una infraestructura compleja para su implementación, no supone una excesiva inversión inicial ni tampoco es necesario un gran despliegue de medios para su empleo.

En cuanto a las dificultades de implantación, cabe destacar que para una empresa constructora que siempre ha empleado métodos convencionales de gestión de materiales, resulta complicado pasar a un nuevo método que además, requiera el empleo de las nuevas tecnologías. La formación de los operarios y la realización de guías de uso y manuales de procedimientos, suponen tiempo y costes y esto al final, puede ser también un impedimento.

También se debe tener en cuenta, que hay que tomar medidas de seguridad a la hora de emplear una nueva tecnología y en ocasiones es obligatorio certificar los procedimientos.

Por último, debemos conocer las limitaciones generales de la tecnología, como las dificultades de lectura a través de fluidos o las interferencias que producen los elementos metálicos. Esto último debe tenerse muy en cuenta debido a la gran cantidad de elementos metálicos que hay en cualquier obra de construcción.

7.4.1.4. Implantación

Para la implantación de un sistema RFID en el seguimiento de materiales, deben definirse algunos aspectos de diseño y decidir un método de localización. Además se deben tomar decisiones sobre el método de etiquetado o la información que deseamos que contengan las etiquetas.

Es importante diferenciar en qué fases de la cadena de suministro se desea realizar la implantación del sistema RFID, ya que es posible implantar un modelo de recopilación de información en la fase de producción, durante la entrega de materiales, o cuando los materiales ya se encuentran en la obra.

En el primer y segundo caso, el proceso comienza en el momento en el que se realiza un pedido a un proveedor de materiales o equipos. Una vez está fabricado y listo para enviarse, se identifica con una etiqueta RFID que contiene un código único. La información contenida podrá ser utilizada a lo largo de todo el proceso.

La principal desventaja de este modelo, se encuentra en que todo el peso del coste de las etiquetas recae sobre el fabricante, por lo que puede ser complicado llegar a un acuerdo con todos los proveedores de materiales y equipos para que adopten este sistema de radiofrecuencia.

La otra posibilidad consiste en incorporar la etiqueta de radiofrecuencia al material de construcción en el momento en el que se recibe la mercancía dentro de la obra. De esta manera el proveedor quedaría fuera del proceso, aunque se carecería de información sobre el envío.

Existen tres tipos de implementación del sistema RFID que pueden realizarse dentro de una obra para la identificación de materiales y equipos:

- De tipo acceso. Consistente en un sistema dotado de un lector de etiquetas de radiofrecuencia y varias antenas instaladas por diferentes puntos alrededor de la obra como las puertas de entrada y salida, la zona de almacenamiento, o la zona de construcción. De esta manera, cuando una etiqueta pasa por la zona de acceso o entra en el rango de alcance de una antena, será identificada de forma automática.

- En equipos. Casi todos materiales de obra son transportados por vehículos especiales, de manera que tenemos la posibilidad de equipar estos vehículos con un sistema de lectura para asegurarse de que los materiales sean llevados al lugar adecuado y en el momento preciso.
- De tipo movimiento. Se trata de un equipo de lectura móvil dirigido por un operario que recorre la zona de la obra y recolecta toda la información en pocos minutos.

Además, podemos combinar cualquiera de estas opciones con un sistema GPS que aporte datos de parámetros como la longitud, latitud y cota. Una vez conocida la posición de los materiales, es posible su representación en mapas de manera automática empleando herramientas informáticas como Autocad o Google Earth.

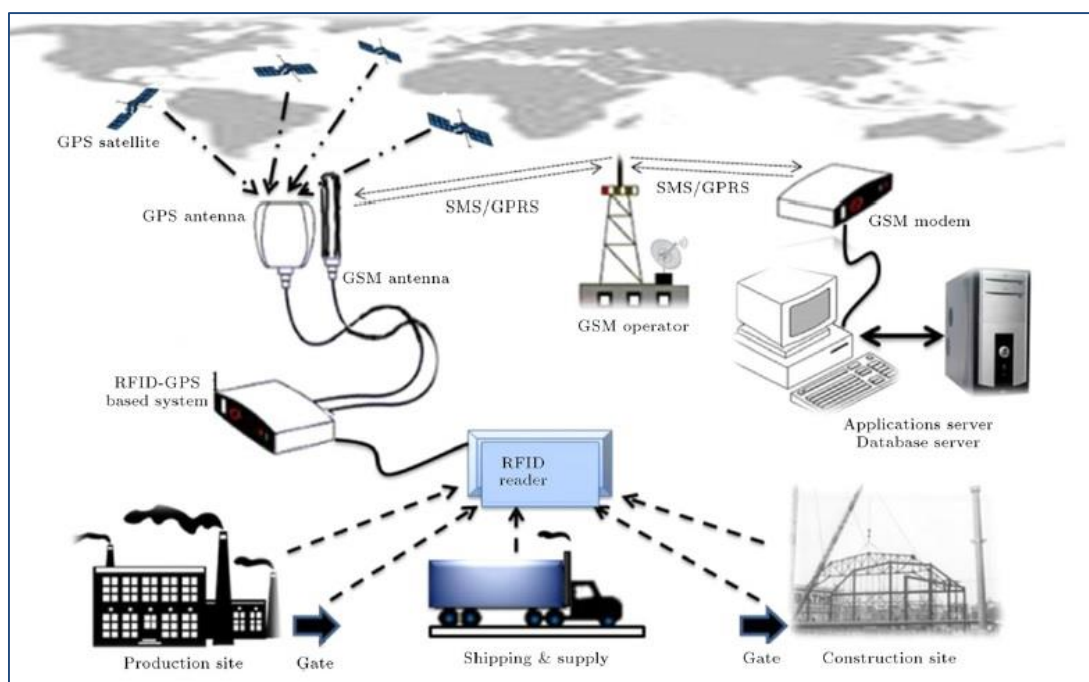


Figura 7.3. Recopilación automática de información durante la fabricación, entrega y almacenamiento de materiales.
 Fuente: Majrouhi (2012)

En cuanto al modo de etiquetado, existen dos métodos que pueden aplicarse a los materiales de construcción en función de sus características.

Si se trata de materiales prefabricados o empaquetados (materiales cerámicos o de hormigón), pueden llevar una etiqueta adherida. Sin embargo, cuando se trata de materiales que no van empaquetados, como puede ser la arena que se descarga en la obra directamente desde el camión o el hormigón fresco, puede que sea más aconsejable unir la etiqueta a la propia factura o bien, gestionarlo de manera independiente. Por otro lado, puede resultar más efectivo el etiquetado a nivel de caja o palé en función del coste el material unitario, ya que no tendría sentido etiquetar cada uno de los cientos de componentes

y materiales individuales de una obra cuando ello supone un coste mínimo. Un ejemplo de esto es el del ladrillo cuyo coste puede rondar 8 céntimos de euro.

También es importante tener en cuenta que en materiales metálicos, las etiquetas deben estar separadas de la superficie de contacto al menos 1cm para impedir que se produzcan interferencias.

Por último, a la hora de elegir si emplear etiquetas activas o pasivas, debemos saber que la utilización de etiquetas pasivas es más aconsejable cuando el movimiento de los materiales no va a ser muy variable y no es necesario cambiar el contenido de información de la etiqueta. En caso contrario, cuando se necesita mayor rango de lectura, o existe mayor variabilidad, resulta más aconsejable emplear etiquetas activas.

Ahora bien, si nos centramos en el tipo de información que deseamos incluir en las etiquetas, saber que cuanta más información queramos que contenga el chip, más altos serán los costes. Algunas de las posibilidades son:

- Información de identificación. Un código de identificación como el EPC Global.
- Información de instalación. Como puede ser la garantía, metodología o detalles sobre la instalación, su posición, fecha, etc. Este tipo de información puede resultar muy útil a la hora de instalar elementos prefabricados o modulares, ofreciendo información fiable sobre la posición que debe llevar cada elemento.
- Información de status. Si se encuentra instalado, en proceso de fabricación, pendiente de instalación.
- Información de operaciones. Normas de mantenimiento o medidas a seguir después de la instalación.

7.4.1.5. Ahorro en costes

Aunque es complicado conocer con exactitud los costes que suponen las labores de gestión de materiales en obra, un experimento o una prueba de viabilidad antes de la implantación definitiva, nos puede proporcionar datos relativos al ahorro en tiempo y costes.

Majrouhi, (2011) indica en su estudio un ahorro mínimo en costes de mano de obra del 6% gracias a medias muy básicas de gestión de materiales, mientras que podría ascender incluso al 12% empleando sistemas de seguimiento informático. Esto es debido a la capacidad de los trabajadores para reprogramar su trabajo en torno a la disponibilidad de materiales.

7.4.2. Organización y programación de obras

Como ya se ha dicho anteriormente, el proceso de construcción, suele transcurrir en un periodo de tiempo largo y con muchas fluctuaciones, donde intervienen diferentes factores (empresas subcontratadas, climatología, localización, factores económicos, ect).

Un retraso en la programación de la obra tiene un gran impacto en la inversión del proyecto y a menudo deben pagarse indemnizaciones por retrasos en las fechas acordadas de finalización de las obras.

Como usos potenciales de la tecnología RFID para la mejora de procesos y planificación de proyectos, algunos autores proponen la combinación del sistema con el empleo de programas de diseño gráfico en 3D.

Chin, (2008) con su publicación, plantea la posibilidad de integrar un sistema 4D CAD, para el seguimiento del progreso constructivo en tiempo real, en edificaciones de gran altura con estructura metálica. La idea consiste en identificar cada parte de la estructura y a la vez crear un modelo en 3D en un ordenador, que permita la visualización del progreso de una obra y su gestión de forma mucho más eficiente. Según los autores, este sistema permite mejorar los tiempos en un 17% respecto al método tradicional.

En la siguiente imagen se expone el sistema planteado por Chin, (2008) con el objetivo de conseguir una integración total e informatización de los datos disponibles en un proceso de edificación en cuanto a progreso de una obra y gestión de materiales.

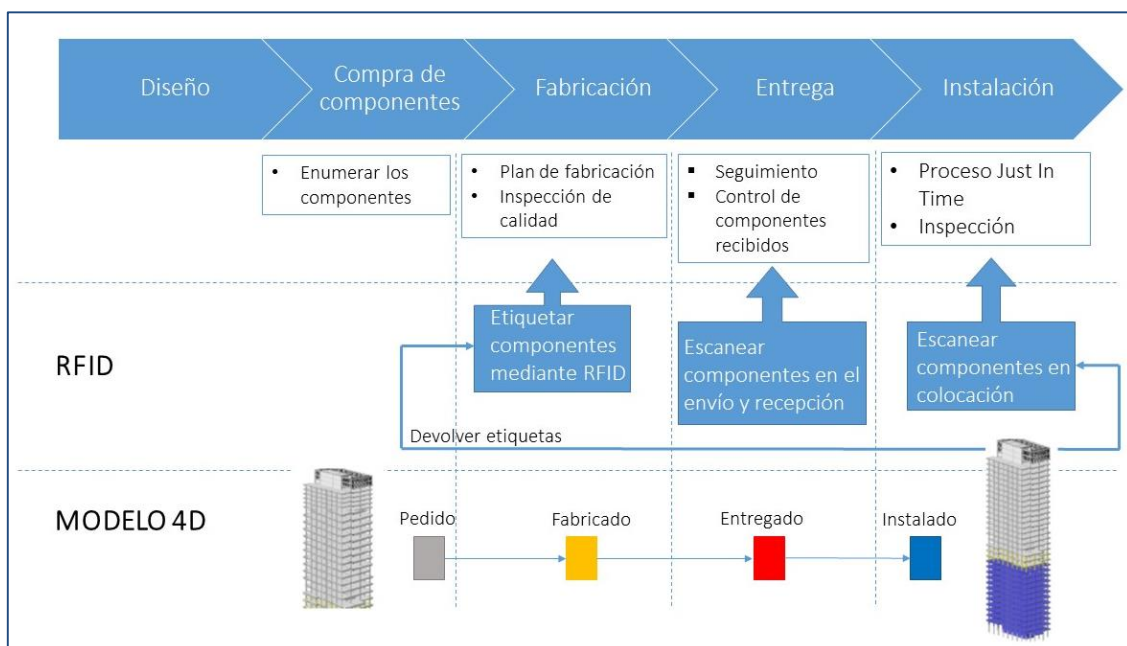


Figura 7.4. Esquema representativo del sistema combinado de RFID + 4D
 Fuente: S.Chin 2008

Sin embargo, este planteamiento de gestión de la información a partir de la representación gráfica o modelado en 3D se encuentra ya muy extendido en el mundo de la construcción aunque su empleo no está generalizado en España. Se le conoce con el nombre de BIM o *Building Information Modeling*.

7.4.2.1. RFID y BIM (Building Information Model)

El modelo BIM (modelado de información para la edificación), fue diseñado con la finalidad de crear, compartir, intercambiar y gestionar información sobre una edificación a lo largo de todo su ciclo de vida, para dar utilidad a los diferentes grupos de interés (constructores, encargados de obra, arquitectos, usuarios, encargados de mantenimiento, empleados, etc.).

Existen diferentes formas de almacenar e intercambiar la información a través del modelo BIM, sin embargo, su mayor utilidad reside en la compatibilidad de estos métodos de almacenaje con los programas CAD de representación gráfica, comúnmente utilizados en la industria de la construcción. De esta manera, no sólo se almacena la información geométrica del proyecto en planos por un lado, y las memorias de materiales e información estructural por otro lado, sino que logramos integrar todos los datos referentes a una edificación, en un mismo sistema de gestión.

Es en el año 2005 cuando *The National Institute of Building Sciences* (NIBS) crea los estándares para los modelos de información con la intención de acelerar la adopción de un modelo BIM universal y una filosofía de mejora en diseño, planificación, construcción, y mantenimiento.

Esta idea de estandarización ya había sido llevada a cabo antes por el IAI (Alianza Internacional de Interoperabilidad), que creó el modelo IFC (Industry Foundation Classes) como un estándar BIM.

El IFC es un modelo de datos de construcción basado en la idea de interoperabilidad entre las distintas aplicaciones de diseño, construcción y captura de información sobre los aspectos de un edificio a lo largo de su ciclo de vida, y que es compatible además, con la mayoría de los principales proveedores de programas CAD.

En su estudio, Kazi et al. (2009), proponen una integración del sistema RFID con la metodología BIM de gestión de la información. Los datos escaneados a través del RFID se transfieren en tiempo real a las diferentes aplicaciones de procesamiento de datos. El *software* empleado comunica con la *interface* del lector RFID y añade la información captada a la base de datos BIM.

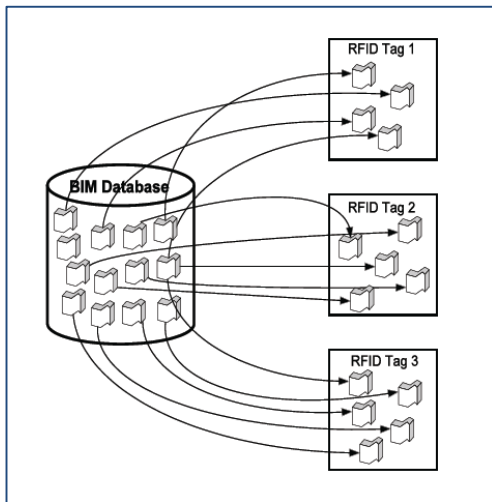


Figura 7.5. Relación BIM-RFID
 Fuente: Kazi et al. (2009)

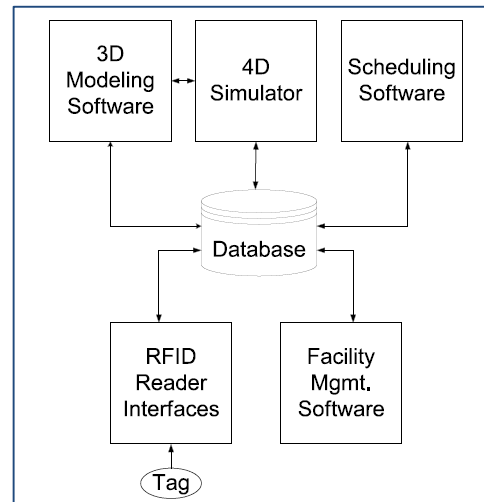


Figura 7.6. Estructura del sistema.
 Fuente: Kazi et al. (2009)

La estructura del sistema propuesto por Kazi et al. (2009) y representada en la imagen 7.12, establece la relación entre los diferentes modelos de gestión con una base de datos común. Podemos identificar cinco bloques diferentes que son: modelado en 3D y simulador 4D para la representación gráfica o infografía del conjunto, *software* para la programación o planificación de la obra y una mejor gestión de los tiempos, sistema de lectura mediante RFID para una identificación en tiempo real de los componentes, y por último, *software* para el “*Facility Management*” o la gestión del edificio terminado.

7.4.3. Prevención de riesgos laborales

Cada año, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo publica un análisis de las causas de los accidentes de trabajo mortales en España. Según el último análisis realizado en el año 2012, fue el sector de la construcción donde se registraba el mayor porcentaje de investigaciones por accidentes de trabajo mortales, con un resultado del 32.9% respecto a los demás sectores.

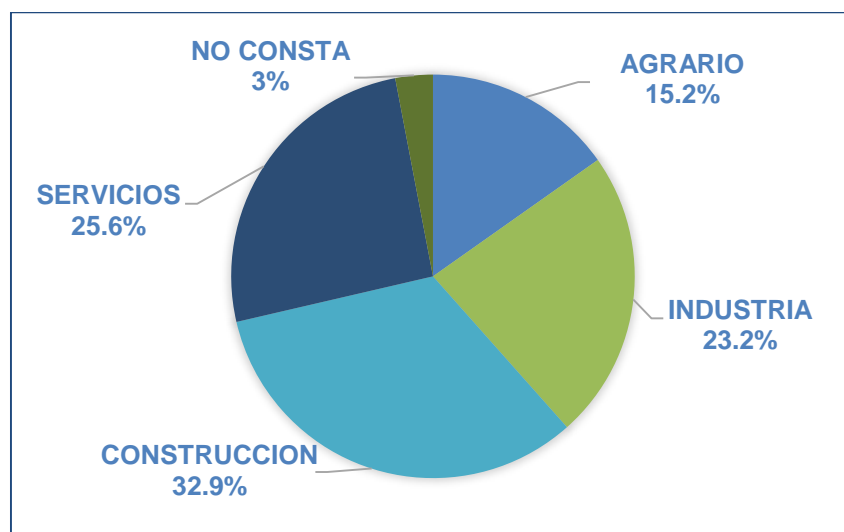


Gráfico 7.6. Distribución de los accidentes de trabajo mortales por sector de actividad. Año 2010.
 Fuente: Elaboración propia e Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Según este mismo informe, la principal causa de accidente dentro del sector de la construcción, era la gestión de la prevención con un 25.8% de los casos, seguido de la organización en el trabajo con un 24.4%. Otras causas o factores principales de accidentes fueron la protección y señalización, los materiales, espacios de trabajo o factores individuales.

Sin embargo, y debido a la fuerte bajada de obras de construcción en el año 2012 como consecuencia de la crisis, no son estos datos los más altos registrados, ya que si nos vamos al año 2008, tenemos un porcentaje de accidentes mortales en la construcción del 47.4% respecto a los demás sectores y un porcentaje del 52.01% entre los años 2005 y 2007.

Tal es la importancia de la prevención de riesgos laborales en este sector, que se establece a partir del RD 1627/1997, la figura del Coordinador de Seguridad y Salud, obligatorio en los casos en los que en la ejecución de una obra intervengan más de una empresa o trabajadores autónomos.

El Coordinador de Seguridad y Salud deberá aprobar un Plan de Seguridad y Salud, adoptar medidas de acceso a las obras, coordinar las actividades de las empresas y coordinar los principios de la prevención, respondiendo ante cualquier accidente que ocurra dentro de la obra.

El impacto que se produce cuando ocurre un accidente laboral puede medirse de muchas formas, desde los daños personales o el coste económico tanto público como privado, hasta el impacto que se produce en el resto de trabajadores y que puede afectar a su productividad.

Los costes derivados de los accidentes laborales se clasifican en dos grupos principales:

- Costes directos. Son aquellos que se pueden medir y cuantificar. Se corresponden con el sueldo del accidentado, (una parte aportada por la empresa y la otra parte por la Seguridad Social), las horas de atención médica o ingreso hospitalario, costes de transporte o de ambulancia, indemnizaciones y daños materiales.
- Costes indirectos. Son los que no se pueden estimar fácilmente o cuantificar y suelen referirse a costes de producción, (disminuye la producción del resto de trabajadores durante un periodo de tiempo), incrementos en los costes del seguro, costes comerciales debidos a retrasos en la obra o en los plazos de entrega por la bajada de la productividad, daños en la imagen de la empresa y costes administrativos.

Según un estudio realizado por el Instituto Riojano de Salud Laboral en el año 2008, el coste medio de un accidente laboral leve en el sector de la construcción es de 624€, mientras que si se trata de un accidente grave, muy grave o mortal, este coste medio asciende a 26.977€ por trabajador.

Por todos estos motivos, la seguridad en las obras se convierte en uno de los aspectos más importantes que debe controlarse, surgiendo la continua necesidad de mejora e incremento de las medidas de prevención de riesgos.

Una de las posibilidades de mejora se encuentra en el empleo de la tecnología por radiofrecuencia, que permite la recolección automática de información y control a distancia de las actividades que se llevan a cabo en una construcción. El planteamiento que se ofrece con la tecnología es el de localizar y señalar los peligros potenciales que existen en una obra tales como materiales peligrosos, zonas con riesgo de caída de los trabajadores, equipos pesados, riesgo de incendio, etc. y poder monitorear en tiempo real si algún operario corre algún peligro de accidente.

La implantación consistiría en identificar a cada trabajador con una etiqueta de radiofrecuencia y varios lectores colocados en las zonas de peligro, de manera que si un operario se acerca a una de estas zonas, una alarma avisaría del peligro tanto al trabajador como al equipo de supervisión, tal y como se muestra en la figura 7.7.



Figura 7.7. Momento en el que el trabajador se acerca a la zona de peligro (a) con el correspondiente monitoreo (b). Momento en el que el trabajador se encuentra en la zona de peligro (c) y alerta en el sistema (d).

Fuente: Carbonari et al. 2011

Este mismo sistema podría emplearse con la finalidad de evitar accidentes derivados de la utilización de maquinarias, de manera que si un vehículo o un equipo tal como una excavadora se aproxima a un trabajador, puede generarse una alarma que alerte tanto al trabajador como al conductor del vehículo.

El principal inconveniente que plantea este sistema es la posible violación de la privacidad de los trabajadores, que posiblemente se sientan observados y no acepten la posibilidad de ser monitoreados en todo momento, a pesar de que la finalidad principal de ello sea su protección.

Para evitar este problema una solución sería lograr un acuerdo con los trabajadores de manera que decidan acogerse al sistema por propia voluntad y de manera que se utilice únicamente por motivos de seguridad, realizando lecturas automáticas únicamente cuando exista riesgo real de accidente y no con la finalidad de controlar en todo momento su situación.

7.4.4. Gestión de la documentación de obras

La información y documentación que se maneja en las obras es muy amplia y variada. Una correcta gestión administrativa dependerá de las posibilidades de obtención e integración de información de los diferentes documentos tales como, facturas, contratos, licencias, certificados de calidad, planos, albaranes de entrega de material, justificantes de cumplimiento de normativas, etc.

Algunos autores plantean la posibilidad de gestión de información en procesos constructivos a través de la tecnología RFID. Exponen un modelo que permita el almacenamiento y la recuperación de los documentos de construcción y que supere los problemas derivados de una gestión tradicional de la información.

La nueva metodología planteada por Elghamarawy y Boukamp (2010), se basa en un modelo que utiliza conceptos ontológicos, (que en informática, está orientado a la formulación de un esquema conceptual con la finalidad de intercambiar información entre diferentes sistemas). Una estructura semántica que emplea metadatos o “palabras clave” del sector de la construcción para capturar la información que necesitamos.

En este planteamiento, la tecnología RFID juega un papel imprescindible para la ayuda en el proceso de captura de datos y no solo como un mero método de identificación, si no con información asociada sobre los conceptos de construcción.

La siguiente imagen tomada del estudio realizado por Elghamarawy y Boukamp (2010), representa la metodología planteada para la gestión de la información en las obras de construcción.

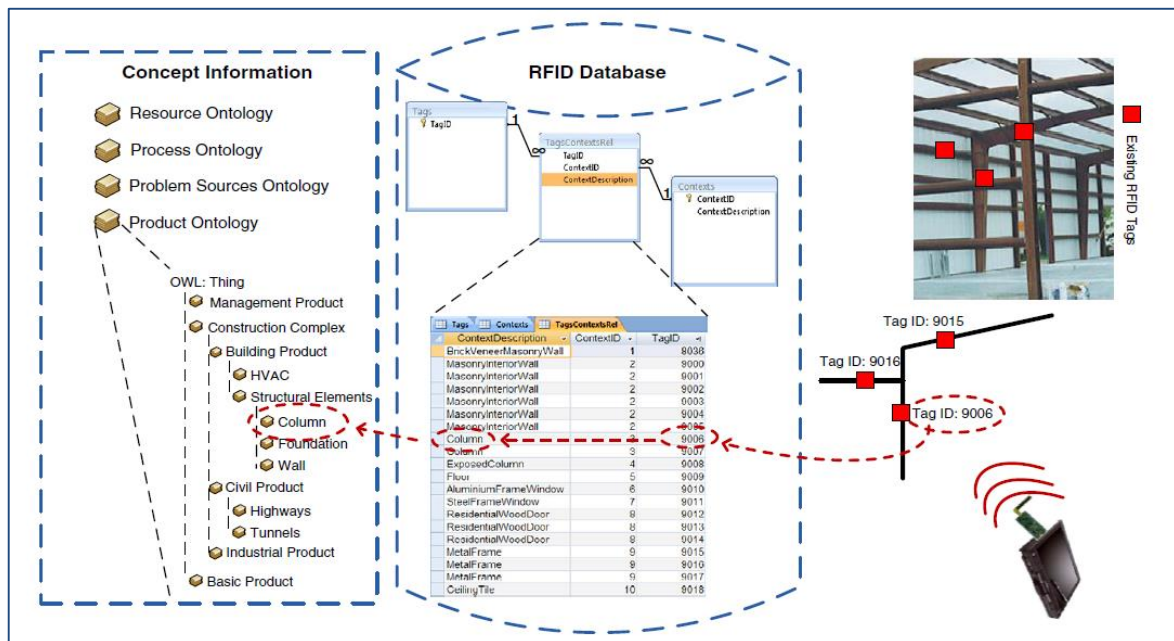


Figura 7.8. Estructura RFID para captación de conceptos en obra.
 Fuente: Elghamarawy y Boukamp (2010)

7.4.5. Gestión de residuos

En muchas grandes ciudades, la gestión de los residuos se ha convertido en una de las principales preocupaciones, debido a los grandes problemas medioambientales que se generan como consecuencia de las malas actuaciones de los responsables.

Es por esto que en los últimos años, se ha logrado la atención de los gobiernos de todo el mundo, llegando a medidas comunes de actuación, como es la implementación de la estrategia de las 3R (reciclaje, reutilización y reducción). Se trata de una propuesta sobre los hábitos de consumo de las personas con el objetivo de orientarnos hacia un consumo responsable.

Si nos centramos en el sector de la construcción, una publicación del INE del año 2013 nos indica que en el año 2011, se generaron en España un total de 32.7 millones de toneladas de residuos sólo en ese sector, muy por encima de la cantidad de residuos urbanos totales recogidos. Es aquí donde nos damos cuenta de la importancia que tiene una correcta gestión de estos residuos, y no solo como un medio para lograr ser más sostenibles con el medio ambiente, sino para lograr además grandes ahorros en costes.

La gestión de residuos en una obra de construcción, tiene un coste económico importante, tanto en la propia gestión dentro de la obra, como sobre todo en los costes por el vertido de escombros (llamado canon de vertedero).

Sin embargo, no cuesta lo mismo el vertido del escombros limpio (separado de metales, plásticos, madera o vegetales), que el vertido del escombros mixto o sucio. En función de cada Comunidad Autónoma, la diferencia de precio entre uno y otro puede oscilar desde el doble hasta cuatro veces más. De hecho, si hacemos una valoración económica y estudiamos la inversión que es necesaria para separar los materiales y el coste de vertedero que supone, nos damos cuenta que el coste de gestión sin hacer segregación de residuos supone entre un 100% y un 400% más frente a la opción de segregación de residuos.

Frente a esta necesidad de gestionar correctamente los residuos de construcción, se plantea un método de empleo de la tecnología RFID con el objetivo de aportar identificación automática de los residuos de cara a la cooperación entre los diferentes *stakeholders*, (constructoras, inspecciones, compañías de reciclaje, vertederos, etc.).

La gestión de los residuos generados en obra nueva es relativamente fácil, mientras que si se trata de la demolición de un edificio, la gestión y separación de los residuos se convierte en una tarea complicada. Jack et al. (2011) plantean la posibilidad de identificar los materiales con mayor potencial de reciclaje mediante etiquetas RFID, con la finalidad de localizar elementos etiquetados y agruparlos de manera conjunta durante y después de la demolición.

Además, la empresa constructora puede informatizar todos los datos recopilados acerca de los residuos identificados, de cara a facilitar el trabajo de las empresas encargadas del reciclaje y ofrecer la posibilidad de hacer estimaciones de manera previa y sin haber recibido los materiales o residuos. Por otro lado, materiales de mayor valor económico, como elementos de cobre, son propensos a sufrir robos. Si tenemos etiquetados estos elementos y además incorporamos un lector al contenedor, podremos tener localizados en todo momento estos materiales de más valor económico.

El principal inconveniente de este método de gestión reside en sus posibilidades de empleabilidad frente a algunas tipologías de materiales. Mientras que puede llegar a resultar de gran utilidad para la gestión de materiales unitarios, como carpinterías metálicas o de madera, elementos sanitarios, instalaciones eléctricas, sistemas de climatización, mobiliario, etc., para todos los materiales que se rompan o produzcan escombros en su demolición (tabiques, revestimientos de yeso, hormigón, solados y alicatados, etc.), resulta inviable su etiquetado.

No obstante, una mejora en la gestión de los residuos arriba mencionados, puede lograr mejorar la productividad y facilitar las tareas de segregación, tan importantes para obtener el ahorro en los costes de vertedero.

7.4.6. Gestión de la calidad del hormigón.

La tecnología RFID presenta diversas aplicaciones con el objetivo de mejorar la calidad en las obras.

Puede emplearse en el control del endurecimiento del hormigón para la retirada de los encofrados de forma segura y en el momento idóneo. Está demostrado que la introducción de etiquetas de radiofrecuencia dentro del hormigón no altera sus cualidades. Debemos tener en cuenta que el hormigón se prepara con arena, grava y cemento, y en el momento de realizar la mezcla se generan pequeñas bolsitas de aire que posteriormente hay que tratar de eliminar con técnicas de vibrado, pero no siempre se consigue eliminar del todo. Por ello cabe esperar que una pequeña etiqueta dentro de una funda de plástico no debería alterar la resistencia en un grado apreciable.

El fraguado del hormigón o posterior endurecimiento, experimenta una variabilidad de su temperatura durante el proceso (sufre una elevación de su temperatura) y es importante que se mantenga continuamente hidratado. Ya existen en el mercado, sistemas de etiquetas de radiofrecuencia que miden temperatura o incluso la humedad (Mesurex Instrumentación y Control), lo que nos proporcionaría la información adecuada para lograr un hormigón de la mejor calidad y en su grado idóneo de hidratación. Además, en casos de bajas temperaturas (por debajo de los 0° centígrados), existen grandes riesgos ante el correcto endurecimiento del hormigón, llegando a la posibilidad de una pérdida considerable de resistencia, por lo que lecturas continuadas de la temperatura pueden alertar al técnico responsable en el caso de que esto ocurriera.

Este sistema ayudaría también en la estimación el grado de dureza y resistencia que ha alcanzado una estructura de hormigón en un momento determinado, lo que permitiría la retirada del encofrado de manera segura además de conseguir un ahorro en los tiempos de espera.

Por otro lado, si nos centramos en el control del hormigón a largo plazo, sabemos que la empresa estadounidense PHASE IV, ha desarrollado chips basados en el sistema RFID, capaces de medir la deformación de las estructuras de hormigón con el paso de los años. El precio del sensor es de 499\$, y permite monitorear las deformaciones producidas en una estructura al cabo de los años, y poder detectar cambios alarmantes que pongan en riesgo su integridad. Si por ejemplo ocurre un terremoto o un desastre natural, podemos saber con exactitud los daños producidos en una estructura y si existe riesgo de derrumbamiento.

Otra posibilidad de aplicación en el ámbito de la gestión de la calidad es en la inspección o control de la calidad del hormigón. Dentro de un proceso de construcción, deben tomarse muestras de cada mezcla de hormigón utilizada en una obra para comprobar que se cumplen las características de resistencia

mínima exigidas por la norma. Para ello se realizan diferentes probetas que deben identificarse de forma individual, incluyendo datos del tipo de hormigón empleado, fecha y hora de realización de la probeta, localización dentro de la obra, etc. La utilización de etiquetas de radiofrecuencia facilitaría el proceso de almacenaje e identificación y disminuiría el riesgo de error.



Figura 7.9. Toma de muestras hormigón.

Fuente: <http://victorvepes.bloos.uov.es/tao/control-de-calidad/>

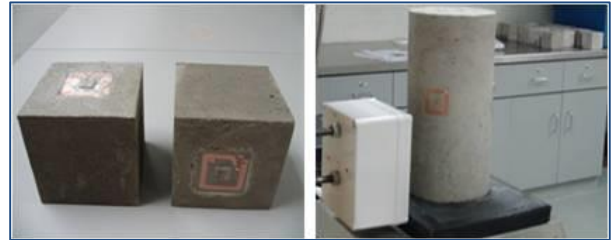


Figura 7.10. Identificación de probetas con RFID.

Fuente: <http://www.canbuild.com.hk/rfid>

7.4.7. Mantenimiento de edificios

El mantenimiento de edificios con los métodos apropiados, puede lograr alargar la vida útil de los edificios, así como como asegurar la correcta calidad de sus instalaciones.

Numerosos autores han estudiado las posibilidades del empleo de la tecnología RFID con este fin, y han logrado resultados prometedores, desarrollando herramientas informáticas de gestión, capaces de identificar de manera automática y sin visualización directa, las instalaciones y equipos que se encuentran dentro de un edificio, con la posibilidad de modificar la información almacenada en una etiqueta de radiofrecuencia al cabo del tiempo. Aunque para esto, resulta imprescindible lograr una estandarización del sistema que permita lecturas con el paso del tiempo y por los diferentes agentes interesados.

Mediante etiquetas de radiofrecuencia incorporadas a las diferentes tipologías de instalaciones dentro de una edificación, tales como tuberías, instalaciones de gas, válvulas, calderas, aparatos elevadores, o elementos en general que necesiten inspecciones o cambios periódicos, se puede lograr un mayor control del mantenimiento, incorporando información acerca del modelo, la marca, el año de fabricación o frecuencia de inspección y recambios.

Otra posibilidad de empleo de etiquetas de radiofrecuencia, está en su incorporación a las estructuras de hormigón de un edificio, de manera que podamos saber a posteriori sus características (tipología de

hormigón, diámetro y cantidad de los redondos de acero, separaciones, recubrimientos o solapes, datos de deformación como hemos visto anteriormente, etc.), así podría ofrecerse un diagnóstico rápido y eficaz ante cualquier problema estructural que pudiera surgir a lo largo de los años.

También en esta área de aplicación, una posible combinación de BIM con RFID, puede resultar de gran utilidad a la hora de conseguir una mejora en la gestión integral del edificio terminado o *Facility Management*.

7.4.8. Protección de incendios

Uno de los mayores riesgos cuando se produce un incendio, es el de la posibilidad de colapso de una estructura al someterse a elevadas temperaturas. Este riesgo se ve incrementado cuando se trata de estructuras de acero, debido que poseen una alta conductividad térmica y una alta plasticidad a elevadas temperaturas. Su resistencia al fuego dependerá de las dimensiones estructurales, el tiempo de exposición y la carga a la que esté sometido el elemento, sin embargo, sabemos mediante el Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo, que a una temperatura interna de 1000°C el acero pierde completamente su capacidad portante.

Según la siguiente figura podemos relacionar la temperatura ambiente que se alcanza en un incendio en función del tiempo, lo que permitiría conocer el tiempo máximo de exposición de cualquier material si conocemos la temperatura máxima que es capaz de alcanzar.

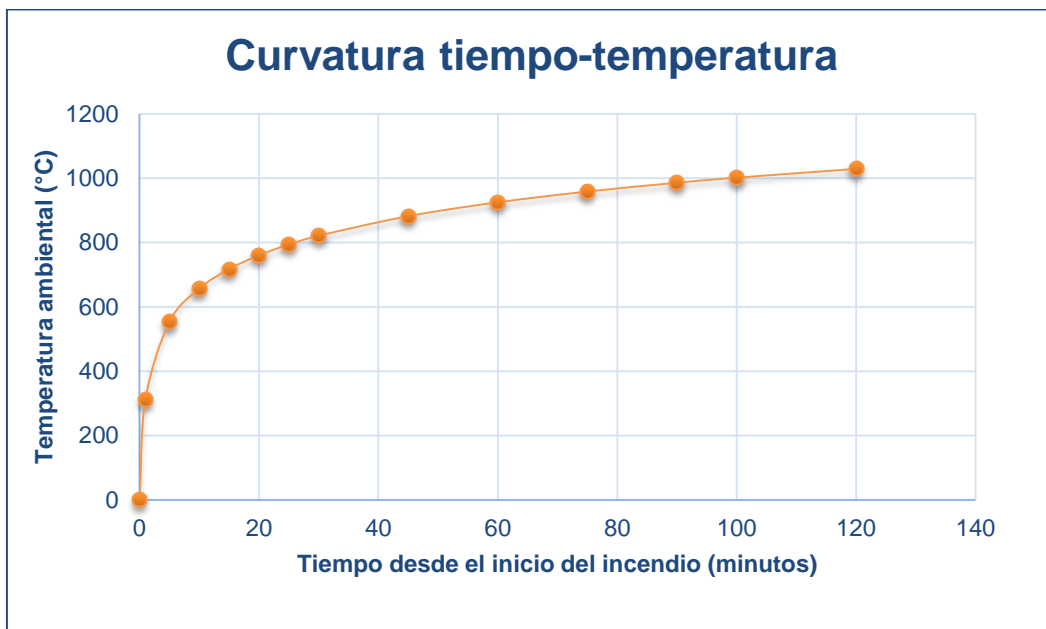


Gráfico 7.7. Gráfico de temperatura alcanzada en función del tiempo
 Fuente: elaboración propia

Ya hemos visto anteriormente la capacidad que puede tener una etiqueta de radiofrecuencia para medir temperaturas. Ante esta posibilidad, se plantea la incorporación de este tipo de etiquetas en los elementos estructurales de un edificio, de manera que si conocemos las dimensiones o la carga a la que está sometido el elemento, puede obtenerse la temperatura crítica de la estructura y añadirse a la etiqueta de radiofrecuencia creando una alerta en el momento en el que dicha temperatura sea alcanzada.

Esto puede resultar de gran utilidad en el momento de la evacuación del edificio o de extinción por parte del equipo de bomberos, que podrían acceder con mayor seguridad.

Incluso si lo llevamos al extremo, podría crearse un sistema inteligente dentro del edificio que calcule en tiempo real el camino más seguro de evacuación mostrándolo a través de luces de emergencia o indicadores.

La limitación que encontramos en esta aplicación reside en la capacidad propia de las etiquetas o resistencia frente al fuego, que deberán llevar una protección especial que permita a los circuitos de la etiqueta resistir ante elevadas temperaturas.

Se desconoce si existen investigaciones en esta dirección y la temperatura máxima a la que pueden someterse dichas etiquetas.

8. SITUACIÓN ACTUAL DE LA IMPLANTACIÓN RFID EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN. PERSPECTIVAS DE FUTURO

A través de las entrevistas realizadas y la información obtenida para la realización de este trabajo, podemos hacer una valoración sobre las posibilidades de aplicación de la tecnología RFID, motivos por los que no se emplea actualmente en España y medidas que podrían tomarse para promover su expansión dentro del sector.

8.1. USOS CONOCIDOS DEL RFID EN ESPAÑA Y POSIBILIDADES DE APLICACIÓN

En España, se desconoce el empleo de sistemas RFID para la gestión en obras de construcción. Sin embargo, existen referencias sobre su utilización de manera puntual como sistema de localización por motivos de seguridad. Concretamente se empleó en la construcción de los túneles de Pajares para el tren de alta velocidad que une Madrid y Asturias. El objetivo principal era el de localizar que qué sección

del túnel se encontraba cualquier operario de manera que se pudiera actuar de forma inmediata ante un accidente o una posible situación de peligro (El Comercio Digital, 2008).

También en la entrevista realizada a Francisco Esteban Lefler de FCC, nos habla de una presentación realizada por la compañía logística DHL, que proponía la aplicación del RFID en suministro “Just In Time” de materiales en obra en gran edificación, con el objetivo de eliminar los acopios a pie de obra. De esta manera, el trabajador se encontraría diariamente un palé en su zona de trabajo con todo el material necesario para su jornada laboral. Esta presentación se realizó ante el consejo de ENCORD, “European Network of Construction Companies for Research and Development”, una asociación europea de empresas constructoras que se reúnen periódicamente para hablar de temas orientados al I+D.

Por otro lado, y según Francisco Esteban Lefler, FCC no aplicaría la tecnología RFID para la gestión integral de obras de construcción, aunque sí en situaciones muy puntuales en seguridad o identificación de personas.

Ahora bien, si hacemos una valoración conjunta de todos los posibles usos estudiados del RFID en construcción, nos damos cuenta que algunos de ellos ofrecen más posibilidades de éxito, menos trabas en su implantación y en definitiva, son más viables:

- La gestión de materiales de obra a lo largo de toda la cadena de suministro ofrece un gran potencial, especialmente cuando se trata de obras grandes y donde la localización e identificación de materiales se convierta en una labor intensiva. Con un estudio previo se pueden identificar aquellos materiales que nos interesa tener localizados, o bien por su elevado precio, o por ser susceptibles a robos o pérdidas. También resulta interesante su aplicación en construcción industrial o con gran volumen de elementos prefabricados que simplemente necesitan ser ensamblados en obra, con la idea de lograr una perfecta trazabilidad y llevar a cabo una colocación rápida y eficiente. La principal barrera que encontramos para la implantación del RFID a lo largo de toda la cadena de suministro reside en la implicación de proveedores y subcontratistas, dejando en ocasiones las posibilidades limitadas a un etiquetado en obra.
- En la organización y programación de las obras también existen grandes posibilidades de aplicación del RFID, especialmente en combinación con el modelo BIM de gestión de la información en las obras de construcción. Cada vez se hace más imprescindible el empleo de sistemas de gestión integral que permitan tener un control total e informatizado de todo el proceso constructivo.

- En prevención de riesgos laborales, además de ser la opción de la que conocemos su aplicación en España, ofrece grandes posibilidades de mejora siendo una de las opciones más viables por su facilidad de implantación y bajo coste.
- Tanto en la gestión documental de las obras, como en gestión de residuos y protección contra incendios, o bien existen grandes limitaciones para su implantación o no quedan claramente demostradas las mejoras que ello podría suponer.
- Gestión de la calidad del hormigón. Después de la conversación mantenida con Diego Muñoz, Director General de "Aumax", sabemos de la existencia de sensores de radiofrecuencia capaces de medir la humedad en el fraguado del hormigón además de la deformación a largo plazo. Esto supone un avance extraordinario que permitiría la mejora en el control de calidad de la estructuras, especialmente cuando se trata de edificios emblemáticos o grandes construcciones civiles como túneles o puentes.
- Mantenimiento de edificios. Puede ofrecer importantes beneficios para la mejora en la gestión de edificios terminados o "facility management". Junto con el empleo del modelo BIM, se pueden ofrecer las posibilidades de localización e identificación de todos los elementos de un edificio gracias a un modelo realizado en 3D que incorpore además características técnicas. Esto puede resultar en grandes mejoras para la calidad final de la construcción.

8.2. POSIBLES MOTIVOS POR LOS QUE NO SE UTILIZA EL RFID EN LA CONSTRUCCIÓN EN ESPAÑA

Según Francisco Esteban Lefler, algunos compañeros de profesión, y mi propia opinión personal, el sector de la construcción, y especialmente en España, es un sector muy tradicional, con una gran resistencia a la innovación. Primeramente, por la figura del Arquitecto, que suele centrarse menos en los aspectos más técnicos y más en el diseño, texturas y acabados, por lo que presta poca atención a que los otros temas evolucionen. Por otro lado, podemos observar cómo en los últimos años, la pequeña evolución que ha existido en I+D se ha centrado más en todos aquellos aspectos de eficiencia energética y sostenibilidad, dejando fuera los relacionados con la mejora de procesos y calidad como podría ser la metodología BIM.

Otro de los posibles motivos recae sobre la fuerte crisis que ha vivido el sector, y que ha paralizado por completo todas aquellas medidas de inversión y mejora en I+D, así como la construcción modular o prefabricada, que para que fuera rentable, sería necesaria una gran producción. La crisis en este sentido, no ha ayudado en absoluto consiguiendo que vuelva a primar de nuevo lo tradicional frente a lo industrializado.

Por otro lado, mientras que la inversión necesaria para implantar la tecnología no se considera un problema, si existen otras barreras a gran escala, como podría ser la estructura del sector (basado en subcontratación y externalización), que limita mucho el desarrollo de las nuevas tecnologías para la gestión de las grandes obras, o bien que el cliente o promotor no lo demande, sobre todo cuando hablamos de sistemas que mejoren la calidad en las obras.

Por último, y en mi opinión el principal motivo de la falta de acogida de la tecnología RFID por parte del sector de la construcción, sería el desconocimiento del sistema por parte de las empresas, organizaciones y trabajadores. Tanto en las entrevistas como en las conversaciones mantenidas con profesionales acerca de la tecnología RFID, se ha detectado un desconocimiento generalizado pero a la vez un gran interés. En general, se trata de temas que no se estudian en las carreras universitarias como Arquitectura Técnica o Ingeniería de Edificación, no se han encontrado publicaciones o estudios sobre ello en España, ni tampoco foros de discusión o páginas web que den a conocer todo el potencial de esta tecnología.

8.3. MEDIDAS DE ACTUACIÓN

Una de las posibles medidas, y probablemente de las más importantes consistiría en una difusión de las características de la tecnología y sus posibles aplicaciones entre los empresarios de las grandes y medianas constructoras, las instituciones públicas, organizaciones y asociaciones del sector, alumnos de las universidades y en general, todas aquellas personas o trabajadores del sector. La difusión podría hacerse a través de asociaciones como SEOPAN (patronal de la construcción), cuyos miembros o representantes se reúnen de forma periódica con el objetivo de tratar todos aquellos temas que puedan suponer un interés común.

Si se ayuda a promover la investigación en este campo, eso podría derivar en modelos de implantación y estudios de viabilidad en casos reales de obras de construcción.

Por otro lado, resulta imprescindible que el mercado lo demande, y eso solo puede conseguirse a través de la concienciación de clientes y promotores sobre la importancia que tiene la mejora en la producción, los ahorros en costes que pueden obtenerse, los beneficios del avance tecnológico que supone, y sobre todo intentar alcanzar la máxima calidad posible en lo que hacemos.

Por último, si nos fijamos en otras áreas de innovación o incluso en otros países, nos damos cuenta de la importancia que adquieren las administraciones públicas a la hora de promover mejoras en la calidad. Y esto podemos verlo en España, gracias a las normas ISO de calidad, o a las de eficiencia energética reguladas en el CTE (Código Técnico de Edificación). También en Inglaterra la metodología BIM se ha

comenzado a extender gracias a su uso obligatorio en todas aquellas obras de construcción gestionadas por el estado. Por todo esto, una introducción del sistema a través de la imposición de los poderes públicos con el objetivo de asegurar mejoras en seguridad, calidad y eficiencia, podría ser una posible vía para su implantación.

8.3.1. Usos de la tecnología en el exterior

Pese a que en España no se han encontrado signos de implantaciones del sistema RFID en el sector de la construcción, y concretamente en la gestión completa de una obra, sí que se encuentran claras evidencias de su aplicación en países como EEUU, China o Japón. Una prueba de ello, son los videos publicados en el portal online de YouTube por la empresa china *Xerafy*, dedicada al empleo nuevas tecnologías en los sectores de la industria y la edificación; en México, *Comercyti*, se dedica al estudio e implantación del RFID en diferentes sectores, incluido el de construcción; en Hong Kong, la empresa Hong Kong RFID ofrece soluciones de gestión integral del sistema RFID y "*Building Information Modeling*"; y en Chile, RFID Tecnologías S.A., también ofrece diferentes soluciones para cada sector de aplicación.

Además, gracias al contacto con la empresa Argentina "*Aumax*", dedicada a la automatización industrial e implementación de sistemas RFID, sabemos que están ofreciendo a sus clientes la posibilidad de incorporar sensores a las estructuras de hormigón.

9. CONCLUSIONES

Se cree que la tecnología RFID se desarrolló en la Segunda Guerra Mundial para poder diferenciar a los aviones aliados de los enemigos a través de un trasponedor a bordo que respondía ante las señales producidas por los radares. Con el paso de los años, comenzaron a verse otras aplicaciones tales como control de accesos a zonas restringidas, apertura de puertas o en la identificación de animales para la industria ganadera, siendo ya en los últimos años, y como consecuencia del gran abaratamiento de las etiquetas, cuando hemos podido ver un empleo masivo en diferentes sectores, destacando en gran medida el sector de distribución y logística.

Fue entonces en el año 2006 cuando EPC Global aprueba el protocolo Gen 2 EPC para estandarizar el lenguaje que utilizan las etiquetas y lectores y lograr su funcionamiento internacionalmente (RFID Journal, s.f.).

Las principales ventajas que ofrece el RFID frente a los métodos tradicionales de identificación se basan en la posibilidad de un mayor volumen de almacenamiento de datos, la lectura a distancia y sin contacto directo, la reducción de los costes operativos, reducción de los errores humanos consiguiendo así una mayor eficiencia, aumento de la seguridad ante el robo y posibilidad de reescritura de datos o reutilización.

Si extrapolamos todas estas ventajas, nos damos cuenta de las inmensas posibilidades que ofrece esta tecnología en cualquier sector donde la identificación de objetos, y en general la gestión de elementos como parte de su actividad tenga especial importancia.

¿Y por qué no en el sector de la construcción?, donde los materiales de obra suponen entre un 50 y un 60% de los costes totales de proyecto, y donde la productividad y la finalización de los trabajos a tiempo se convierte en una de las prioridades de la empresa, además de poder cumplir con los estándares de calidad.

Existen múltiples posibilidades de implantación del sistema RFID para lograr mejoras en las distintas áreas de la construcción. En la fase de ejecución, para la gestión de materiales de obra a lo largo de toda la cadena de suministro, el seguimiento y planificación de la obra a través de sistemas de gestión integral de la información (como el modelo BIM), la mejora en la seguridad y prevención de accidentes laborales de los operarios o la gestión documental y de residuos. Y cuando el edificio está terminado se puede implementar para el seguimiento y el control de calidad del hormigón, así como en el mantenimiento de los edificios, o la protección contra incendios.

Sin embargo, y a pesar de su gran potencial, todavía no se ha visto un desarrollo claro de la tecnología en el sector de la construcción en España. En cuanto a los motivos, se barajan distintas posibilidades en las que no se incluye la inversión, por considerarse mínima frente a los grandes costes que supone una obra de construcción. Si se contempla en cambio, las características y estructura del sector, (basado en la subcontratación), la resistencia del sector a la innovación, considerándose uno de los más tradicionales, la falta de normativas al respecto por parte de las administraciones públicas, y en general, el desconocimiento de la tecnología por parte de empresas, organismos y profesionales del sector.

Para concluir, algunas de las recomendaciones o medidas que se proponen para impulsar la utilización de nuevas tecnologías y promover la innovación en el sector, comienzan con la formación de los profesionales del sector desde sus inicios (cuando acceden a estudios universitarios), o a través de cursos formativos a profesionales. También a través de las administraciones públicas encargadas de velar por la mejora en la calidad y la eficiencia, o mediante la difusión a través de estudios e investigaciones.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Blázquez, L.M. (n.d.). “*Sistema de Identificación por Radiofrecuencia*”. Universidad Carlos Tercero de Madrid. Código: 10.8 Recuperado de: <http://www.it.uc3m.es/jmb/RFID/rfid.pdf>
- Carbonari, A., Giretti, A. & Naticchia, B. (2011): “*A proactive system for real-time safety management in construction sites*”. *Automation in Construction* 20 (2011), pp. 686-698.
- Carro, R. y González, D. (2012): *Identificación Automática*, Administración de las Operaciones, Universidad Nacional de Mar del Plata, pp. 1-21.
- Cheng Lin, Y., Chih Su, Y., Hai Lo, N., Fong Cheung, W. & Pei Chen, Y. (2013): “*Application of Mobile RFID-Based Safety Inspection Management at Construction Jobsite*”. *Radio Frequency Identification from System to Applications*, Chapter 13, Editorial Mamun Bin Ibne Reaz.
- Cheng, M.Y., Tsai, M.H., Lien, L.C. & Chen, W.N. (2007): “*Open-building maintenance management using RFID technology*”, *Proceedings of the 24th ISARC, 2007*, pp. 41-46.
- Cheng, Y.C., Cheung, W.F., Hsieh, Y.C., Siao, F.C. & Su, Y.C. (2011): “*Developing RFID-Based Instruments Maintenance Management in Construction Lab*”. *Designing and Deploying RFID Applications*, Chapter 12, Editorial Intech.
- Chin, S., Yoon, S., Kim, Y., Ryu, J., Choi, C. & Cho, C. (2008): “*Realtime 4D CAD + RFID for Project Progress Management*”, *Construction Research Congress 2008*: pp. 1-10.
- [ClusterMLCITS]. 2012. Usos prácticos del RFID. Tecnología RFID en la Cadena de Suministro 4. [Archivo de video]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=JNqVQsVUxiE>
- Comercy (EEUU, Perú, México). Rfid para Construcción. Recuperado de: <http://mundorfid.com/servicios/construccion/>
- Consejería de Industria, Innovación y Empleo. Dirección General del Trabajo, Instituto Riojano de Salud Laboral IRSAL, (2012). Recuperado de: https://www.larioja.org/npRioja/cache/documents/487829_estudio_2008_costes_accidentes_CAR.pdf?idtab=488963
- Diario “20 Minutos” (20 de junio de 2014). El sector de la construcción seguirá en situación crítica pese a que volverá a crecer en 2015. Recuperado de: <http://www.20minutos.es/noticia/2172454/0/construccion/crecimiento-2015/crisis-sector/>
- Diario “El Mundo” (11 de marzo de 2015). Una constructora china levanta un rascacielos de 57 pisos en 19 días. Recuperado de: <http://www.elmundo.es/economia/2015/03/11/54ffbc2ca4741a4368b4571.html>

- Domadara, U. & Kini, P.E. (1999): “*The Key to Successful Project Management*”, Journal of management in engineering, January/February 1999, pp. 30-34
- El Comercio Digital, (16 de abril de 2008): “*Adif refuerza la seguridad en los túneles de Pajares con localizadores geográficos*”. Recuperado de <http://www.elcomercio.es/gijon/20080416/mas-actualidad/economia/adif-refuerza-seguridad-tuneles-200804161350.html>
- Elghamrawy, T. & Boukamp, F. (2010): “*Managing construction information using RFID-based semantic context*”. Automation in Construction 19 (2010), pp. 1056-1066.
- Finkenzeller, K. (2010): *RFID Handbook*, 3ª ed., Editorial John Wiley and Sons, Ltd.
- Fomento Construcciones y Contratas FCC: 2012. Informe anual. Recuperado de: <http://fcc.es/fccweb/wcm/idc/groups/public/documents/document/mdaw/mdyz/~edisp/cscp078440.pdf>
- Fomento Construcciones y Contratas FCC: 2013. Informe anual. Recuperado de: <http://fcc.es/fccweb/wcm/idc/groups/public/documents/document/mdaw/mdcz/~edisp/cscp089927.pdf>
- García, I. (10 de julio 2013). Aplicaciones y usos de las tecnologías biométricas. Recuperado de: <http://www.umanick.info/2013/07/aplicaciones-y-usos-de-las-tecnologias.html>
- García, V. (5 de mayo de 2011). El ABC del RFID en la cadena de suministro. Recuperado de : <http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/19301-el-abc-del-rfid-la-cadena-suministro>
- Gidekel, A. (2008). Introducción a la identificación por radiofrecuencia. Electrónica. Recuperado de: <http://es.slideshare.net/guest44be50/introduccion-a-la-tecnologia-rfid-lic-alan-gidekel>
- Gurus Blog (17 de mayo de 2013): España. La crisis explicada con cemento...y en un solo gráfico. Recuperado de: <https://ingenieriaenlared.wordpress.com/2013/05/17/espana-la-crisis-explicada-con-cemento-y-en-un-solo-grafico/>
- Holloway, S. (2006): “*Potential of RFID in the Construction Sector*” Editorial Solidsoft 2006.
- Holloway, S. (2006): “*Potential of RFID in Aerospace and Defense Market. EMEA Manufacturing Industry Solutions Architect*”. Recuperado de: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa479351.aspx>
- Hong Kong RFID. Building Component Database System (BCDS). Recuperado de: <http://www.hk-rfid.com/#!construction-industry/c4qo>
- Inditex (17 de julio de 2014). Inditex implanta la tecnología en sus tiendas. Recuperado de: http://www.inditex.com/es/media/news_article?articleId=150174

- INE Instituto Nacional de Estadística. Encuesta sobre la recogida y tratamiento de residuos. Encuesta sobre la generación de residuos en servicios y construcción Año 2011. Notas de prensa (2013). Recuperado de: <http://www.ine.es/prensa/np801.pdf>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Ministerio de Empleo y Seguridad Social. “Análisis de las causas de los accidentes de trabajo mortales en España 2010”. Recuperado de: <http://www.oect.es/Observatorio/5%20Estudios%20tecnicos/Monografias/Analisis%20de%20la%20mortalidad%20por%20accidente%20de%20trabajo%20en%20Espana/Ficheros/ANALISIS%20%20CAUSAS%20%20AATT%20MORTALES%20%20ESPA%C3%91A.pdf>
- Intellwave Technologies. Materials Tracking. Recuperado de: <http://www.intellwavetechnologies.com/material-tracking>
- Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación, INTECO (2010): “Guía sobre seguridad y privacidad de la tecnología RFID” Depósito Legal: LE-938-2010. Recuperado de: http://www.agpd.es/portalwebAGPD/canaldocumentacion/publicaciones/common/Guias/Guia_RFID.pdf
- Intermecc by Honeywell. Lector portátil RFID IP30. Recuperado de: <http://www.intermec.es/products/ip30a/index.aspx>
- Islam, S., Hannan, M.A., Arebey, M. & Basri, H. (2012): “An Overview For Solid Waste Bin Monitoring System” Journal of Applied Sciences Research, 8(2), 2012, pp. 879-886.
- Jack, C.P. Cheng & Lauren Y.H. Ma (2011): “RFID Supported Cooperation for Construction Waste Management”, Cooperative Design, Visualization, and Engineering, parte 3, 2011, pp. 125-128.
- Kasim, N., Ahmad, A. & Syazli, M. (2013): “RFID Technology for Materials Management in Construction Projects – A Review”. International Journal of Construction Engineering and Management 2013, 2(4A), pp. 7-12
- Kasim, N., Laiwan, S.R., Shamsuddin, A., Zainal, R. & Kamaruddin, N.C. (2012): “Improving on-site materials tracking for inventory management in construction projects”. Proceedings International Conference of Technology Management, Business and Entrepreneurship 2012, pp. 447-452.
- Kazi, A.S., Aouad, G. & Baldwin, A. (2009): “Lifecycle management of facilities components using radiofrecuency identificacion and building information model”. Journal of Information Technology in Construction, Vol.14, pp. 238-262
- Lu, W., Huang, G.Q. & Li, H. (2011) “Scenarios for applying RFID technology in construction project management”, Automation in Construction, 2011, vol.20, nº2, pp. 101-106

- Majrouhi, J. (2011): “*Influence of RFID technology on automated management of construction materials and components*” *Scientia Iranica A* (2012) 19 (3), pp. 381-392.
- Mesurex Instrumentación y Control. Sensores de humedad y Constituyentes por RFID. Recuperado de: <http://www.mesurex.com/sensores-de-humedad-y-constituyentes-por-rfid/>
- Muñoz, L., Antón, P. y Fernández, S. Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y la SI [ONTSI] 2014: Informe Anual del Sector de las Tecnologías de la Información, las Comunicaciones y de los Contenidos en España 2013. Edición 2014. Recuperado de: http://www.ontsi.red.es/ontsi/sites/default/files/informe_del_sector_tic_y_los_contenidos_en_espana_2013_edicion_2014.pdf
- Nasr, E., Shehab, T. & Vlad, A. (2013): “*Tracking Systems in Construction: Applications and Comparisons*”, 49th ASC Annual International Conference Proceedings. Associated Schools of Construction. Recuperado de: <http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CPGT11002013.pdf>
- Nuñez, F. (4 de abril de 2015). El ladrillo vuelve al PIB. Diario el Mundo. Recuperado de: <http://www.elmundo.es/economia/2015/04/04/551edf6122601da4448b4570.html>
- ONTSI, Área de Estudios del Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, Asociación de Empresas de Electrónica, Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones de España (AETIC), Asistencia Técnica: AT4 wireless S.A., Urueña, A., Ferrari, A., Valdecasa, E., Cimorra, A., Sitja, A., Duque, M.M., Cañas, F., Trapero, R., Jiménez, A. y Guijarro, M.A.,(2009): “*La tecnología RFID: Usos y oportunidades*”, edita ©red.es. Recuperado de: <http://www.ontsi.red.es/ontsi/es/estudios-informes/la-tecnolog%C3%ADa-rfid-usos-y-oportunidades>
- Ontiveros, E. (2012). “*Una nueva época*”. 1ª Edición, Ed. Galaxia Gutenberg.
- Pellicer, L. (5 de abril de 2015). Las grúas regresan a la ciudad. Diario El País. Recuperado de: http://economia.elpais.com/economia/2015/04/04/actualidad/1428160518_207098.html
- Pellicer, E., Yepes, V., Teixeira, J.C., Moura, H.P. & Catalá, J. (2014): *Construction Management*, 1ª ed., Editorial John Wiley & Sons, Ltd.
- Pellicer, E., Correa, C.L., Yepes, V. & Alarcón, L.F. (2012): “*Organizational Improvement through Standardization of the Innovation Process in Construction Firms*. *Engineering Management Journal*, Vol. 24, nº2, pp. 40-53.
- PHASE IV Engineering Inc. *Strain Sensor, Wireless RFID UHF EPC, Battery-Free, for Structural Health Monitoring (SHM)*. Recuperado de <http://www.phaseivengr.com/product/structural-health-monitoring-shm-strain-sensor-battery-free-wireless-uhf-rfid-discounts/>

- Portillo, J.I., Bermejo, A.B. y Bernardos, A.M. (2008): “*Tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID): aplicaciones en el ámbito de la salud*”, Informe de vigilancia tecnológica madri+d. Edita Fundación madri+d para el Conocimiento. Recuperado de: <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001808.pdf>
- RFID Journal, (n.d.). Preguntas frecuentes. Recuperado de : <http://espanol.rfidjournal.com/preguntas-frecuentes>
- RFID Point, (2010): *Lectores y Tags RFID de largo alcance*. Recuperado de: <http://www.rfidpoint.com/consulte-al-experto/lectores-y-tags-rfid-de-largo-alcance/>
- RFID- Spain.com (2 de noviembre de 2006). ABI señala que la RFID será clave para el mantenimiento de la cadena de suministro del sector aeronáutico y de defensa. Recuperado de: <http://www.rfid-spain.com/articulo/32167/otros/policia/abi-senala-que-la-rfid-sera-clave-para-el-mantenimiento-de-la-cadena-de-suministro-del-sector-aeronautico-y-de-defensa>
- RFID Spain. (23 de enero de 2013): *Dos compañías de construcción de Texas mejoran la seguridad de los trabajadores con tecnología RFID*. Recuperado de: <http://www.rfidpoint.com/noticias/dos-companias-de-construccion-de-texas-mejoran-la-seguridad-de-los-trabajadores-con-tecnologia-rfid/>
- RFID Tecnologías S.A. Construcción. Recuperado de: <http://rfid.cl/que-hacemos/construccion/>
- Sánchez, C. (6 de abril de 2015): Vuelve el ladrillo: la construcción y el turismo tiran con fuerza de la creación de empleo. Diario El Confidencial. Recuperado de: http://www.elconfidencial.com/economia/2015-04-06/la-afiliacion-a-la-seguridad-social-registra-un-aumento-record-de-160-579-ocupados_754099/
- Song, J., Hass, C.T. & Caldas, C.H. (2006): “*Tracking the Location of Materials on Construction Job Sites*”, Journal of Construction Engineering and Management, 2006, nº132, pp. 911-918
- Stephens, M. (2014): “*La tecnología RFID vuela alto*”. Innovación al alza, Forum 82, (2014), Airbus Group, pp. 20-25
- Sun, C. & Jiang, F. (2013): “*Research on RFID Applications in Construction Industry*”, Journal of Networks, Vol. 8, nº 5, pp. 1221-1228.
- Trisancho, J.A., Contreras, L.E. & Vargas, L.F., (2011): “*Aplicación del Modelo Integrado de Desarrollo (BIM) en el Diseño de Proyectos para Oficina Abierta*”, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Ingeniería, Vol.16, Nº2, pp. 79-93
- Vega, L. y Burón, M. (2007): “*Seguridad frente al fuego de las estructuras de hormigón*”, Hormigón Marzo 2007, Nº899, pp. 44-51

- [Videositpunto.com], 2011. Rfid Tracking / Trazabilidad en los centros logísticos de El Corte Inglés [Archivo de video]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=5lz7O-GGbZY>.
- Wallis, P. (Octubre 2011). Spadina Line tunnel segments go high tech. Tunnel Talk. Recuperado de: <http://www.tunneltalk.com/New-Products-Oct11-RFID-tags-for-Spadina-Line-segments.php>
- Wasserman, E. (1 de diciembre de 2006). Construction's Building Blocks: RFID. Recuperado de: <https://www.rfidjournal.com/purchase-access?type=Article&id=2922&r=%2Farticles%2Fview%3F2922>
- Xerafy, Construction. Recuperado de: <http://www.xerafy.com/en/application/construction>
- Yepes, V. (2013). Organización interna de una obra. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de: <http://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/2013/10/31/organizacion-interna-de-una-obra/>