

Universidad Carlos III de Madrid  
Escuela Politécnica Superior



Área de Ingeniería de Organización  
Ingeniería Industrial  
Proyecto Fin de Carrera

Título: La Tecnología RFID como herramienta  
para la gestión de stocks (vehículos) en una  
fábrica de Automóviles

Autor: Antonio Bravo Acín

Tutor y Director: D. Gil Gutiérrez Casas

Co-Director: D. Fernando Acebrón Rodicio

## Tabla de contenido

1. Introducción .....	5
Aproximación a la Tecnología RFID.....	9
1.1 Componentes de una instalación RFID .....	11
1.1.1 Etiqueta, transpondedor ó tags de RFID .....	11
1.1.1.1 Activas .....	11
1.1.1.2 Pasivas.....	12
1.1.1.3 Semi-pasivas.....	12
1.1.2 Antenas .....	13
1.1.3 Sistema operativo y Software ó middleware .....	13
1.1.4 Otros.....	16
1.1.4.1 Portales ó arcos RFID.....	16
1.1.4.2 Impresoras RFID .....	17
1.2 Frecuencias y alcances .....	18
1.3 Precios .....	20
1.4 Normativa y regulación.....	21
1.4.1 Organismos que se encargan de crear las normas necesarias para la tecnología RFID .....	23
1.4.2 ISO.....	24
1.4.3 EPC Global Generation2.....	27
1.5 RFID VS código de barras .....	28
1.5.1 Ventajas de la tecnología RFID sobre el código de barras.....	30
1.5.2 Desventajas de la tecnología RFID sobre el código de barras .....	31
1.6 Características especiales del sector del automóvil .....	32
2. Aplicaciones de la Tecnología RFID en el sector de la automoción: Estado del arte ó estado de la técnica.....	34

2.1	SEAT: La experiencia RFID en la identificación de vehículos en la cadena de distribución. ....	36
2.2	RENAULT: La tecnología RFID y la logística.....	39
2.3	VOLVO: RFID móvil .....	42
2.4	MICHELIN: El neumático RFID .....	49
2.5	MECAPLAST: Implantación de RFID para la gestión de la limpieza de los contenedores NCV2.....	53
2.6	DENSO / JAPIA: Piloto sobre la identificación de contenedores retornables a través de la tecnología RFID. ....	56
2.7	VOLVO LOGISTICS: El acercamiento de Volvo a las nuevas tecnologías de Auto Identificación (AutoID) .....	58
2.8	IBM: AutoID en trazabilidad de contenedores .....	63
2.9	DAIMLERCHRYSLER: Gestión del Contenedor RFID. Prueba de concepto de DaimlerChrysler .....	67
2.10	FORD: Tracking de vehículos basado en la Tecnología RFID (Tagpilot). ....	72
2.11	AIAG: Piloto para la gestión de contenedores retornables.....	76
2.12	Cooperación en el sector del automóvil.....	78
2.13	Status Quo de los estándares existentes actualmente en el sector de la automoción .....	78
2.14	Distribución y gran consumo en otros sectores.....	79
3.	Alcance del proyecto.....	81
3.1	Objetivos .....	82
3.2	Otras aplicaciones: Integración con proveedores y concesionarios: Aplicaciones a lo largo de toda la cadena de suministro .....	83
3.2.1	Análisis de las principales necesidades.....	85
3.2.2	Económicos y de reducción de costes.....	85
3.2.3	De control, información y gestión.....	86
3.3	Características del sistema requerido .....	87
3.3.1	Descripción del recinto de trabajo.....	87
3.3.1.1	Dimensiones.....	87

3.3.1.2	Estudio de la geometría del lugar .....	88
3.3.1.3	Entorno en el que se encuentra ubicado .....	88
3.3.2	Elección de componentes tecnológicos y justificación .....	89
3.3.2.1	Tags .....	90
3.3.2.2	Antenas y ubicación de las mismas.....	93
3.3.2.3	Sistema operativo ó software .....	96
3.4	Convivencia de la Tecnología RFID con otras tecnologías presentes en la fábrica.....	96
3.5	Formación de los operarios .....	97
4	. Análisis coste/beneficio .....	99
4.1	Inversión necesaria .....	100
4.1.1	Materiales .....	100
4.1.2	Otros costes asociados al cambio de la Tecnología.....	102
4.2	Subvenciones.....	103
4.3	Retorno de la inversión.....	104
5	. Conclusiones.....	108
5.1	Viabilidad económica .....	109
5.2	Mejora en la calidad de la información obtenida .....	109
5.3	Importancia de aplicación a lo largo de toda la cadena: reducción de costes y aumento de eficiencia .....	109
5.4	Hándicaps para la aplicación.....	110
6	. Anexo: Especificaciones técnicas.....	111
7	. Bibliografía.....	124

# 1. Introducción

## Introducción

La creciente complejidad del producto en el sector de automoción, así como la necesidad de mejorar las relaciones con los proveedores, ha favorecido la introducción de importantes mejoras en la gestión de su cadena de suministro, para lo cual, el sector ha recurrido a las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, que permiten la optimización de los recursos y la disminución de los costes.

En este marco de innovación tecnológica, la aparición de la tecnología RFID en la actividad logística permite abrir una nueva visión en relación con la captura de datos, la gestión de inventarios, el transporte, la distribución y la trazabilidad de determinados productos, perfilándose como un nuevo desafío en las relaciones entre clientes y proveedores.

Así, aunque desde sus comienzos, la identificación por radiofrecuencia se ha planteado como una nueva herramienta para la agilización de la cadena productiva y de distribución, existen todavía varios obstáculos por resolver, relacionados con el coste de su implementación y adaptación de los procesos operativos, el retorno de la inversión, la interoperabilidad y falta de estándares, aspectos técnicos y preocupaciones en torno a su regulación.

En la actualidad, el despliegue de la tecnología RFID en el sector, se está caracterizando por su desarrollo en torno a dos líneas estratégicas, su uso como herramienta para la mejora de la competitividad y su uso en áreas específicas de manera muy focalizada a la generación de beneficio, presentándose el efecto tractor de los principales clientes del sector como elemento estratégico mucho más ligero.

De esta forma, ODETTE<sup>1</sup>, en su papel de desarrollo de estándares y recomendaciones para el sector y tomando como base las experiencias, necesidades y requerimientos del sector, se ha posicionado para definir una estrategia clara que favorezca la rápida puesta en marcha de la tecnología RFID en la Industria de Automoción, tomando en consideración tres aspectos fundamentales:

---

<sup>1</sup> ODETTE: Organization for Data Exchange by Tele Transmission in Europe

- La implantación de la tecnología es el primer paso, residiendo el mayor esfuerzo y en contrapartida, la mayor oportunidad y desafío, en la integración y análisis de la información en los sistemas de la empresa.
- La tecnología RFID no será probablemente, la solución única para las necesidades de identificación y trazabilidad requeridas por el sector, por lo que las empresas del sector deben estar preparadas para su coexistencia con el código de barras a medio/largo plazo.
- La estandarización, se perfila como elemento clave para el éxito de la tecnología en el sector.

Sin embargo, la puesta en práctica de ésta nueva herramienta pone de manifiesto la necesidad de adentrarse tanto en sus ventajas como en sus problemas actuales, tanto de tipo funcional como de costes.

Bajo esta perspectiva y siendo conscientes además, de la relevancia de la Universidad en la transmisión eficiente del conocimiento, ANFAC<sup>2</sup> / ODETTE España, estableció un Convenio de Colaboración con la Universidad Carlos III de Madrid (Equipo de Investigación del Área de Ingeniería de Organización de la UC3M), para el análisis del estado del arte de la Tecnología de Identificación por Radiofrecuencia (RFID) y su utilización en el Sector del Automóvil.

De las citadas colaboraciones nace el Proyecto Fin de Carrera que presentamos a continuación. Se recogen aplicaciones, tanto en fabricantes como en proveedores del entorno español e internacional, analizando en cada caso la situación de partida, el objetivo de alcance del proyecto, su desarrollo, los resultados funcionales obtenidos y las conclusiones y perspectivas de futuro. Este estudio de investigación previo del estado del arte de la tecnología se culmina más adelante con el diseño de un detallado y extenso sistema para la gestión de stocks (basado en la tecnología RFID) en una fábrica de automóviles.

Por tanto, el Proyecto tiene una doble naturaleza: Por un lado recopilar los distintos casos de aplicación de la tecnología RFID en empresas relacionadas con el sector de la automoción; y por otro, apoyándonos en lo primero, diseñar una aplicación para un sistema de gestión de stocks en una fábrica de automóviles basado en la tecnología

---

<sup>2</sup> ANFAC: Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones

RFID. Dicho sistema será diseñado para una fábrica ficticia y pretende ser una aplicación de lazo abierto válida para cualquier fabricante.

A menudo, en las distintas asignaturas de la especialidad de Organización Industrial que he cursado, el sector de la automoción ha sido citado por muchos de los profesores como un sector de referencia cuando se habla de eficiencia y tecnología. Por eso constituye un reto especial para cualquier nueva tecnología el ser implantada a nivel global en la fabricación ó la distribución de automóviles. La tecnología RFID, se encuentra, como veremos en este Documento, preparada para cubrir las expectativas y presentarse como una alternativa sólida y fiable de cara a la logística del futuro.

El contenido de éste Proyecto es mi contribución en el citado Convenio de Colaboración. Todo el material que se incluye en ésta memoria ha sido elaborado por mí a lo largo de todo el tiempo que hemos estado colaborando con ANFAC/ODETTE. Para ello he tenido que manejar múltiples documentos, tanto de fabricantes como de organismos reguladores.

Me considero afortunado por haber podido desarrollar este Proyecto. La experiencia me ha servido para conocer de cerca el funcionamiento de uno de los sectores industriales más punteros, y los requisitos tan exigentes que una nueva tecnología tiene que cubrir para poder ser implantada en la cadena de distribución. Además, he tenido la oportunidad de realizar una exposición sobre los distintos “casos prácticos de aplicación de la tecnología RFID en el sector de la automoción”, en un Comité Nacional de Logística ODETTE en representación de la Universidad Carlos III de Madrid, lo cual supuso para mí una excelente experiencia.

Desde que comencé a colaborar con el Profesor D. Gil Gutiérrez Casas, así como con Arancha García Hermosilla y Fernando Acebrón Rodicio, de ANFAC/ODETTE, he disfrutado mucho. Quiero agradecerles a todos el interés y la amabilidad con la que me han ayudado a poder culminar este Proyecto.

Me gustaría también agradecer a mi madre y a mi novia el apoyo que me han prestado a lo largo de mis estudios Universitarios. Con ellas todo ha sido más fácil. Su aliento y cariño en los momentos difíciles ha sido clave. Gracias también a mi difunto padre, a quién siempre llevo y llevaré en el corazón. Por último, gracias también a toda mi familia, amigos y compañeros, que hacen que todo valga la pena.

## Aproximación a la Tecnología RFID

Radio Frequency IDentificación (RFID) significa en castellano Identificación por Radio Frecuencia. Esta tecnología no es tan reciente como nos imaginamos. Se ha sugerido que el primer dispositivo conocido similar a la tecnología RFID pudo haber sido una herramienta de espionaje inventada por Léon Theremin para el gobierno soviético en 1945. El dispositivo de Theremin era un dispositivo de escucha secreto pasivo, no una etiqueta de identificación, por lo que esta aplicación es dudosa. Según algunas fuentes, la tecnología usada en RFID habría existido desde comienzos de los veinte. Fue desarrollada por el MIT y usada extensivamente por los británicos en la Segunda Guerra Mundial (fuente que establece que los *sistemas* RFID han existido desde finales de los años sesenta y que sólo recientemente se han popularizado gracias a las reducciones de costes).

Una tecnología similar, el transpondedor de IFF, fue inventada por los británicos en 1939, y fue utilizada de forma rutinaria por los aliados en la Segunda Guerra Mundial para identificar los aeroplanos como amigos o enemigos. Se trata probablemente de la tecnología citada por la fuente anterior.

Identificación de radio frecuencia, o RFID, es una tecnología de captura automática de datos que utiliza ondas de radio para la comunicación entre el portador de datos y el dispositivo de lectura. El portador de datos se llama etiqueta de RF, y consiste generalmente en un microchip que esta conectado a una antena. El dispositivo de la lectura se llama lector, y puede generalmente leer datos de la etiqueta de RF y escribir datos a la misma.

Para el tipo más común de etiqueta de RF - la etiqueta pasiva, que será explicada más adelante - cuando el lector transmite una señal éste emite suficiente energía para encender la etiqueta del RF. La antena en ambos dispositivos se usa para comunicar utilizando ondas de radio que cumplen con un conjunto específico de reglas (definido como protocolo comunicador aéreo). Para los familiarizados con códigos de barras, los diferentes protocolos de comunicación aérea se consideran semejantes a las estructuras (y las señales) de símbolos diferentes del código de barras.

Las características claves de RFID son:

- Almacenamiento Fijo de datos: típicamente en un chip silíceo. Esto permite que los datos sean almacenados con un riesgo mínimo de sufrir daños.
- No se requiere contacto visual directo entre el lector y la etiqueta de RF. Esto permite que la etiqueta de RF pueda encontrarse en diferentes posiciones, mientras que esté dentro del campo de acción del interrogador, en lugar de requerir que el artículo se oriente de una forma precisa.
- Múltiples (o en serie) lecturas de etiquetas de RF. Dependiendo del tipo tecnología de RFID adoptada, se pueden leer gran número de etiquetas de RF dentro el campo del interrogador. Esto puede hacer posible un cierto nivel de automatización de los procesos.
- Memoria con posibilidad de re-escritura (para algunos tipos de etiqueta de RF). Esto permite que la etiqueta de RF para un contenedor reutilizable, pueda tener datos nuevos escritos en cada viaje. Así se puede rentabilizar razonablemente la inversión, comparándola, por ejemplo, con la correspondiente a las etiquetas de código de barras donde hay que poner una nueva cada viaje. Otra característica importante es que permite un uso de por vida, es decir, es un recurso que puede ser actualizado continuamente.

La utilización de las etiquetas de RFID ha ido aumentando a medida que los costes de esta tecnología han ido disminuyendo y los estándares se han ido estableciendo.

La tecnología RFID también tiene aplicaciones en las que se incluye la posibilidad de conocer la localización exacta de los elementos deseados. Como es de esperar, estas aplicaciones aumentan la complejidad del sistema informático necesario, pero al mismo tiempo aumentan el valor añadido global del sistema de información. No obstante, para cada aplicación, es necesario estudiar las necesidades específicas, tanto en el presente como en el futuro más inmediato, para de esa forma diseñar un sistema que se ajuste de la forma más perfecta posible a nuestros requerimientos.

Acerca de la estandarización, es importante resaltar que resulta imprescindible para su implantación y uso. Principalmente existen dos grupos de especificaciones que compiten en este sector: ISO, con su serie 18000, y EPCglobal con Gen2.

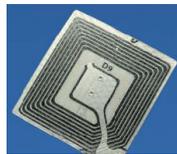
## **1.1 Componentes de una instalación RFID**

El modo de funcionamiento de los sistemas RFID es simple. La etiqueta RFID, que contiene los datos de identificación del objeto al que se encuentra adherida, genera una señal de radiofrecuencia con dichos datos. Esta señal puede ser captada por un lector RFID, el cual se encarga de leer la información y pasársela, en formato digital, a la aplicación específica que utiliza RFID.

Para comprender mejor qué es y en qué consiste esta tecnología, veamos de qué elementos consta un sistema de Identificación por Radiofrecuencia

### **1.1.1 Etiqueta, transpondedor ó tags de RFID**

Está compuesta por una antena, un transductor radio y un material encapsulado o chip. Va “pegada al producto” y contiene información sobre el mismo. Acerca de su capacidad, ésta va desde decenas de bytes a millares de bytes. Existen varios tipos de memoria:



**Fig. 1: Etiqueta RFID**

- Solo lectura: El código de identificación que contiene es único y es personalizado durante la fabricación de la etiqueta.
- De lectura y escritura: La información de identificación puede ser modificada por el lector.
- Anticolisión: Se trata de etiquetas especiales que permiten que un lector identifique varias de manera simultánea

Otra de las clasificaciones más importantes de las etiquetas RFID es la que las diferencia entre pasivas, semi-pasivas (o semi-activas) o activas

#### **1.1.1.1 Activas**

Deben tener una fuente de energía, y pueden tener rangos mayores y memorias más grandes que las etiquetas pasivas, así como la capacidad de poder almacenar

información adicional enviada por el transmisor-receptor. Actualmente, las etiquetas activas más pequeñas tienen un tamaño aproximado de una moneda. Muchas etiquetas activas tienen rangos prácticos de diez metros, y algunas pueden llegar a cubrir distancias de 300 metros, con una duración de batería de hasta diez años.

Lo que resulta particularmente interesante de las etiquetas activas es la posibilidad de ser localizadas, como veremos en éste proyecto.

#### 1.1.1.2 Pasivas

No tienen fuente de alimentación propia. La mínima corriente eléctrica inducida en la antena por la señal de escaneo de radiofrecuencia proporciona suficiente energía al circuito integrado de la etiqueta para poder transmitir una respuesta. Debido a las preocupaciones por la energía y el coste, la respuesta de una etiqueta pasiva RFID es necesariamente breve. La falta de una fuente de alimentación propia hace que el dispositivo pueda ser bastante pequeño. Debido a esto es posible combinar el tag con una etiqueta de papel que lleve un código de barras impreso (smart label ó etiqueta inteligente). Las etiquetas pasivas, en la práctica tienen distancias de lectura que varían entre unos 10 milímetros hasta cerca de 6 metros dependiendo del tamaño de la antena de la etiqueta y de la potencia y frecuencia en la que opera el lector.

El uso de etiquetas pasivas en automoción se realiza para el control de checkpoints: Cada vez que un vehículo equipado con un tag atraviesa una puerta equipada con una antena, el vehículo es identificado. La determinación de la dirección de los vehículos puede ser determinada colocando dos antenas una detrás de otra.

#### 1.1.1.3 Semi-pasivas

Son muy similares a las pasivas, salvo que incorporan además una pequeña batería. Esta batería permite al circuito integrado de la etiqueta estar constantemente alimentado. Además, elimina la necesidad de diseñar una antena para recoger potencia de una señal entrante. Las etiquetas RFID semi-pasivas responden más rápidamente, por lo que son más fuertes en el ratio de lectura comparadas con las etiquetas pasivas.

### 1.1.2 Antenas

Lector de RFID o transceptor: compuesto por una antena, un transceptor y un decodificador. El lector envía periódicamente señales para ver si hay alguna etiqueta en sus inmediaciones. Cuando capta una señal de una etiqueta (la cual contiene la información de identificación de ésta), extrae la información y se la pasa al subsistema de procesamiento de datos.



**Fig. 2: Lector de RFID**

### 1.1.3 Sistema operativo y Software ó middleware

Gestiona y almacena los datos que hemos recibido a través de la antena. Existen distintos proveedores de software específicos diseñados para distintas aplicaciones basadas en tecnología RFID. No obstante, en muchos casos, los distintos proveedores de Tecnología RFID, se encargan de diseñar e implementar programas que satisfagan las necesidades específicas de cada cliente.



**Fig. 3: Sistemas informáticos**

Sun Microsystems tiene disponible para sus clientes un nuevo software diseñado específicamente para gestionar los datos recogidos en un sistema dotado con

tecnología RFID. Se llama Sun Java System RFID Software 3.0, Esta versión, simplifica el despliegue de y la administración de datos de redes de tecnología RFID, y además gestiona importantes volúmenes de datos, los cuales se pueden integrar sin gran dificultad en otras redes empresariales.

Una de las aplicaciones más interesante que Sun Java System RFID Software 3.0 ofrece a sus usuarios, es la integración certificada con el componente SAP Auto-ID Infrastructure de la plataforma SAP NetWeaver, lo cual constituye una tremenda ventaja. **Esta integración posibilita la comunicaciones de datos RFID en red entre las tecnologías de SAP y Sun**, lo que hace proporciona un flujo de datos transparente desde cualquier dispositivo RFID a las soluciones SAP Business Suite. El nuevo software permite además que los datos obtenidos por el sistema RFID continúen transmitiéndose a las aplicaciones SAP incluso en entornos de producción intensivos, al emplear las capacidades de networking dinámico de la tecnología Jini<sup>3</sup>. Esto puede resultar especialmente atractivo para el caso de estudio que nos ocupa en este Proyecto, y en general para cualquier aplicación RFID diseñada para operar en la industria automovilística.

Esta versión de software no exige unos requerimientos de sistema muy altos. Puede embeberse en distintos dispositivos tales como lectores, controladores, y en otros dispositivos pequeños propios de redes RFID. Esto agiliza el suministro de datos ya que ofrece a los clientes la posibilidad de acceder a los datos RFID en tiempo real. Este software ha sido optimizado para el sistema operativo Solaris 10<sup>4</sup>, pero también **puede ser ejecutado bajo otros sistemas operativos líderes como Microsoft Windows y Linux**. La última versión de Sun Java System RFID Software tiene unos requerimientos de sistema muy reducidos, por lo que puede embeberse fácilmente en controladoras, lectores, dispositivos de mano y otros pequeños dispositivos (como teléfonos móviles ó PDAs (Fig. 4), que pueden procesar datos RFID en los límites de la empresa, lo que agiliza el suministro de datos y ofrece a los clientes acceso a datos RFID en tiempo real. Sun Java System RFID Software 3.0 ha sido optimizado para el sistema operativo Solaris 10, y también puede ejecutarse en otros sistemas operativos líderes como Linux y Microsoft Windows, lo cual resulta tremendamente útil.

---

<sup>3</sup> Jini: Es una superaplicación Java. Se trata de una arquitectura diseñada por Sun Microsystems. Esta infraestructura sirve para proveer servicios en red y para crear interacciones espontáneas entre los programas que usan estos servicios.

<sup>4</sup> Solaris es un sistema operativo de tipo Unix desarrollado por Sun Microsystems.



Fig. 4: Dispositivo Móvil con software específico para tecnología RFID.

En la siguiente imagen, se puede apreciar de forma clara como el software mencionado actúa como intermediario entre la red RFID y los distintos sistemas de planificación de recursos empresariales.

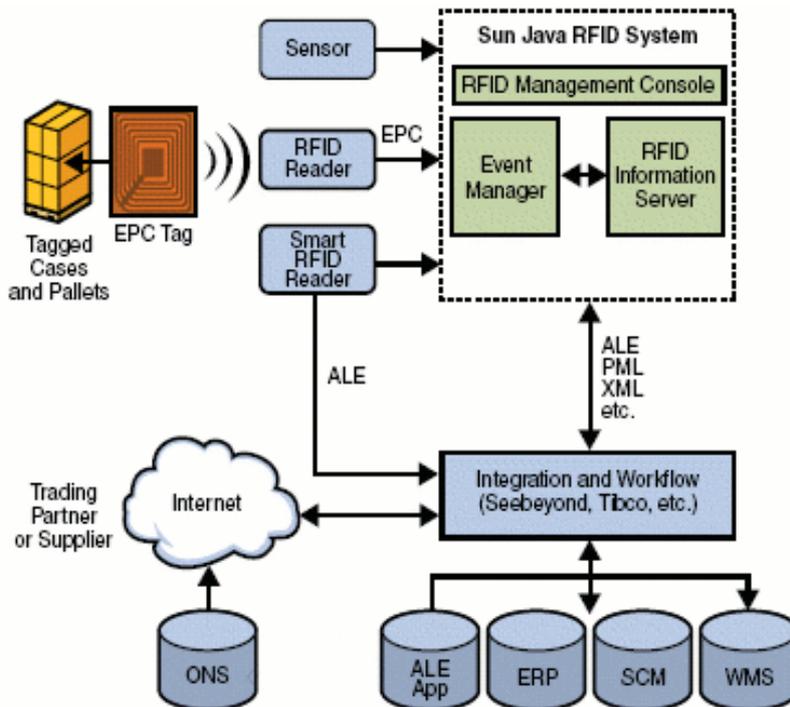


Fig. 5: Interacción del Software.

Lo más interesante de estos programas software, es que las compañías cada vez se alejan más de despliegues RFID limitados a sus almacenes. Tienen más a buscar soluciones RFID globales, que unifiquen cada punto de distribución de la cadena de suministro y que se integren con el software empresarial existente.

Según la compañía, cada vez más, las empresas se alejan de despliegues RFID aislados en almacenes y tiendas, para dirigirse hacia una solución RFID global que unifique cada punto de distribución en la cadena de suministro y que se integre con el software empresarial existente. Además, las empresas se están dando cuenta de que los datos RFID pueden ser procesados por dispositivos inteligentes directamente en el almacén o muelle, lo que acelera todo el proceso y reduce las ineficiencias en el procesamiento de datos. Sun Java System RFID Software 3.0 permite a las compañías seguir este modelo.

De lo mencionado acerca del software de Sun Microsystems, podemos decir que posee las características que podemos encontrar en cualquier software de cualquier otro fabricante ó programador. Lo que resulta curioso es el hecho de que una compañía de este calibre desarrolle software para aplicaciones RFID compatible con elementos de cualquier otro fabricante. Esto resulta sin duda una garantía para el desarrollo de la tecnología RFID.

No obstante, como se ha comentado, existen otros fabricantes de middleware. En muchos casos, los fabricantes de tags y antenas se encargan de proveer a sus clientes de soluciones globales en las que se suministran los tags, las antenas y el software. Además existen empresas de informática capaces de desarrollar software personalizado para clientes con aplicaciones RFID que lo requieran.

## **1.1.4 Otros**

### **1.1.4.1 Portales ó arcos RFID**

En realidad se trata de un tipo concreto de antenas con forma de portal o arco. Es interesante diferenciar entre dos modalidades básicas de antenas RFID: Móviles y estáticas.

Las antenas móviles están diseñadas para ser portadas por un operario, que en cada caso irá realizando las lecturas que considere oportuno. Tienen por tanto un tamaño reducido. Son dispositivos de mano.

En cambio, las antenas estáticas, como los portales ó los arcos, se instalan en un lugar concreto de almacén. Los objetos pasan en movimiento a través de ellas. En la siguiente tabla queda reflejada la clasificación mencionada.

Tipo de Antena	Estado de la antena	Estado de los objetos
Fija (Portal)	Fija, anclada	En movimiento, pasan a través del portal
Móvil (de mano)	Puede moverse en un determinado radio	Normalmente fijos

**Tabla 1: Clasificación de antenas**

Es interesante prestar especial atención a los portales ya que forman parte del material que elegido para este Proyecto. Los objetos etiquetados con pegatinas RFID, pasan a través del portal. Estos portales ofrecen una alta fiabilidad de lectura y son especialmente apropiados para objetos con un alto volumen, como es el caso de los automóviles.



**Fig. 6: Pórticos lector de etiquetas RFID**



#### 1.1.4.2 Impresoras RFID

Este tipo de dispositivos pueden ser interesantes para algunas aplicaciones RFID (principalmente distribución). En otros casos, es necesario encargar las etiquetas a un proveedor. Existen distintos tipos de impresoras de etiquetas RFID. Sus precios, tamaños y características son función del tipo de etiqueta que se desea imprimir así como de las características de las que se desea gozar. Existen también codificadores de impresoras, para poder grabar las etiquetas con la información necesaria.



Fig. 7: Impresora de etiquetas RFID.

## **1.2 Frecuencias y alcances**

Como se ha comentado, debido a que la tecnología RFID genera ondas electromagnéticas, los sistemas RFID son clasificados como sistemas de radio.

La tecnología RFID opera en distintas bandas de frecuencias. Estas bandas son controladas en cada país por el organismo regulador competente en cada caso. Más adelante veremos el hándicap que esto supone para el desarrollo de la tecnología RFID.

A pesar de que existen otras frecuencias utilizadas, las frecuencias genéricas más utilizadas son las siguientes:

- **125 - 134kHz**
- **13.56 MHz**
- **UHF (400 – 930 MHz)**
- **2.45 GHz**
- **5.8 GHz**

En la banda UHF hay algunas frecuencias de interés. Estas son las frecuencias entorno a 400MHz y la banda de frecuencias comprendida entre 860 – 930MHz.

Cada una de las distintas bandas de frecuencia tiene sus ventajas y desventajas. Las frecuencias más bajas 125-134kHz y 13.56MHz trabajan mucho mejor cerca de humanos y zonas con agua.

Comparando las etiquetas pasivas, las de baja frecuencia normalmente tienen un menor rango de lectura y un ratio de transferencia de datos también menor. Los rangos de frecuencia mayores están más regulados y controlados y son diferentes en cada país.

Es muy importante que la tecnología RFID no interfiera con otros sistemas de radio, TV, policía, bomberos, telefonía móvil..., algo que debemos de tener muy en cuenta si queremos que el desarrollo de esta tecnología se desarrolle sin sobresaltos ni problemas.

Los estándares creados por la ETSI<sup>5</sup> sirven para suministrar a las autoridades nacionales de telecomunicaciones las bases para la creación de normativas nacionales para la administración y gestión de las telecomunicaciones y la radio.

En cualquier caso, lo más importante es evaluar las necesidades de cada uno de los proyectos para poder diseñar un sistema cuyas frecuencias ya alcances sean los estrictamente necesarios. Es cierto que la falta de cobertura es un problema capital, pero también puede serlo el exceso, ya que podemos encontrarnos con problemas de interferencias que inutilicen el sistema.

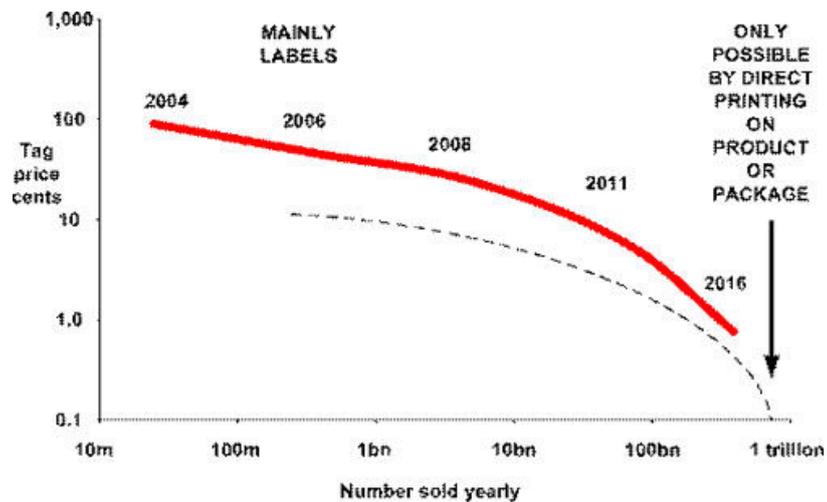
---

<sup>5</sup> ETSI: European Telecommunications Standards Institute. El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones es una organización de estandarización de la industria de las telecomunicaciones.

### 1.3 Precios

Hablaremos concretamente de los precios de las etiquetas pasivas, que gozan de mayor popularidad entre los usuarios debido a su menor coste. En primer lugar es necesario hacer notar que el coste de las etiquetas viene disminuyendo a medida que aumenta el número de usuarios.

Es de suponer el efecto que en el precio pueden tener las economías de escala. Casos como el de Gillete que en 2003 realizó un pedido de 500 millones,



ilustran muy bien este efecto. **Fig. 8: Estimación sobre la evolución de los precios de las etiquetas pasivas**

Como podemos ver este gráfico estima la evolución de precios de etiquetas en céntimos de dólar (\$) con el paso del tiempo y el aumento del número de usuarios.

El precio de las etiquetas oscila en la actualidad entre los 30 y los 7 céntimos de Euro las más baratas (este precio suele ser para pedidos de más de un millón de tags). No obstante resulta difícil dar un precio exacto, pues este es altamente dependiente de la frecuencia y de las características específicas que sean necesarias para cada aplicación.

También es importante saber si el precio de venta es el precio de un tag terminado o sin terminar (inlay). En el caso de los tags sin terminar, su verdadero precio una vez que están listos para usarse suele ser del doble.

Los distribuidores de etiquetas están tratando de bajar los precios cada vez más, aunque en ocasiones les resulta complicado establecer un precio competitivo que a su vez pueda paliar el esfuerzo inversionista que estos distribuidores han realizado en investigación y desarrollo de la tecnología RFID.

No obstante, en la actualidad los comerciantes de tags han comenzado una batalla de precios de la que los usuarios actuales y potenciales pueden salir muy beneficiados y que puede ayudar a que aquellos que todavía son escépticos por motivos asociados al coste de los tags se animen e experimentar con la tecnología RFID. En el capítulo de análisis coste/beneficio hablaremos más sobre este tema.

## **1.4 Normativa y regulación**

Tal y como suele ocurrir con cada innovación tecnológica, la normativa y la regulación juegan un papel fundamental en su implantación. Pero además, si de lo que se trata es de conseguir popularizar su uso a nivel mundial, en cadenas de suministro que poseen eslabones en distintos países, el factor estandarización no resulta tan solo crítico, sino limitante.

La tecnología RFID utiliza el espectro radioeléctrico para enviar información. Cada país regula ese espectro de una forma distinta. En España, el organismo encargado de gestionar las frecuencias disponibles es la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (CMT). A nivel europeo, el organismo encargado de gestionar estos aspectos es el ETSI<sup>6</sup>. Éstos órganos regulan las comunicaciones y los servicios audiovisuales, que como es sabido, son mercados estratégicos que generan grandes beneficios, y cuya gestión y utilización, es por tanto, especialmente delicada.

La tecnología RFID utiliza la banda del espectro electromagnético UHF<sup>7</sup>, que ocupa el rango de frecuencias de 300MHz a 3GHz. La identificación de productos a través de RFID suele utilizar frecuencias UHF de entre 860 y 960 MHz. Para su emisión se utilizan antenas muy pequeñas y las potencias de emisión son reducidas, por lo que no es común que aparezcan problemas de interferencias con ondas de radio, televisión o telefonía, ya que las potencias de emisión de estas otras fuentes son siempre mayores.

Los esfuerzos que se han realizado para la estandarización y la normalización del uso de la tecnología RFID, han cristalizado en dos recomendaciones: la ISO y la EPC

---

<sup>6</sup> European Telecommunications Standards Institute (ETSI) o Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones

<sup>7</sup> UHF: Ultra High Frequency, en castellano, frecuencia ultra alta.

Global Generation 2, con diferencias que serán estudiadas a continuación. Esta no es una situación favorable, ya que lo ideal sería tener una única norma para todas las aplicaciones. No obstante, la existencia de estas dos normas denota la importancia que distintos organismos reguladores otorgan a la tecnología RFID, para la que se existe un presente y un futuro esperanzadores.

Las ventajas y beneficios de tener unas normas específicas para la tecnología RFID se pueden resumir de la siguiente forma:

- Las normas especifican las reglas para que los componentes sean adecuados para el propósito y establezcan la interoperabilidad de dispositivos de RFID.
- Las normas pueden establecer también un armazón para la compatibilidad entre aplicaciones de negocio
- Hay mecanismos en los estándares de RFID que evitan que los sistemas choquen con otras aplicaciones, permitiendo el uso aumentado de captura de datos automáticos.
- Las normas proporcionan una mejor oportunidad de migración cuando se hacen mejoras de tecnología.

Estas normas, hasta ahora, cubren los siguientes aspectos relacionados con el uso y a la implementación de sistemas de información dotados de tecnología RFID:

- Las normas de la tecnología que cubren la comunicación aérea entre el interrogador de RFID y la etiqueta.
- Las normativas de conformidad y el rendimiento que se utilizan para comparar dispositivos actuales con los dispositivos establecidos.
- Las regulaciones de Radio que determinan las bandas de frecuencia del espectro electromagnético que se pueden utilizar en un país y definen la potencia que es posible utilizar en las comunicaciones de radio.
- Protocolos de Middleware que definen cómo se procesan datos e instrucciones; y las normas que se extienden para definir las reglas que manejan la red de dispositivos de RFID.

- Las normas del contenido de datos que pueden ser “semejantes a”, o “diferentes de”, las ya existentes para el código de barras.
- Las normas de la aplicación que hacen que la tecnología funcione o sea útil en un sector específico.

#### 1.4.1 Organismos que se encargan de crear las normas necesarias para la tecnología RFID

Existen diversos organismos que son responsables de distintos tipos de normas. Algunos de estos organismos, como por ejemplo ODETTE tienen intereses particulares en sectores industriales concretos (sector automoción para nuestro ejemplo). Para desarrollar su trabajo, se basan en las normas existentes, tanto EPC como ISO.

- Muchas de las normas de la tecnología RFID llevan la designación ISO/IEC. Esto es porque ISO (la Organización Internacional para la Regularización) y IEC (la Comisión Electro-Técnica Internacional) crearon un Comité Técnico de Conjunto (ISO/IEC JTC1) para desarrollar las normas en el campo de la informática. RFID se acoge generalmente bajo este concepto como parte de identificación automática y técnica de captura de datos. El comité particular responsable de desarrollar las normas de RFID es RFID JTC1 SC31 WG4 para la Administración de Artículo. Hay normas de ISO/IEC que cubren todos los aspectos de la tecnología menos regulaciones y aplicaciones.
- JTC1 en sí mismo se compone de varios organismos nacionales de normas, por ejemplo AFNOR (Francia), el JALEO (Alemania) y asociaciones de Australia, Israel, Brasil, China, Japón, Holanda, EEUU, Inglaterra, Rusia, Dinamarca, Finlandia y España, que es representada en este organismo mediante la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Los expertos de estos organismos nacionales de normas toman parte en el desarrollo de las normativas internacionales, pero pueden desarrollar también las normas nacionales para la tecnología. No somos conscientes de que exista ninguna norma nacional que afecte a la industria automovilística.
- Hay también normativas europeas que pueden ser desarrolladas por el CEN (Comité Europeo para la Regularización). Actualmente, el comité pertinente,

CEN TC225, observa y participa en el proceso JTC1. Como puede dirigir diferentes tipos de aplicaciones de la industria como EN 1573, la Etiqueta del Transporte de la Multi-Industria, CEN TC225 quizás empiece actividades asociadas con RFID.

- El ETSI (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones) es responsable de manejar el espectro de la radio en Europa. Las normas de ETSI definen las reglas armonizadas para el uso de ciertas frecuencias y gestionan la energía asociada a RFID y a otras tecnologías de radio. Los reguladores nacionales de radio adoptan esas normas, bien de forma voluntaria, o como resultado de una Directiva de la Unión Europea.
- Hay Directivas de la Unión Europea que tienen un impacto directo en RFID (tal y como aquellas que obligan a usar las normas particulares de ETSI), y un efecto indirecto tal como sucede con el desecho y reciclaje de directivas que impactan sobre los componentes de sistemas de RFID, o donde RFID puede ser una tecnología de apoyo.
- Las normas de aplicación son desarrolladas normalmente por organizaciones con un interés de sector, y los organismos que han sido responsables de desarrollar las normas del código de barras (por ejemplo. Odette, IATA, GS1) asumirán responsabilidades semejantes para RFID. Esto ya ha sucedido con la EPCglobal (una filial de GS1) y con la IATA que avanza en la creación de normas para RFID. Existen también algunas normas genéricas de ISO que analizan RFID y las aplicaciones.

## 1.4.2 ISO

La característica que diferencia las normas ISO para RFID de las de EPC es que las primeras son gratuitas y las segundas no. ISO ha desarrollado estándares para la identificación automática de objetos, existen varios estándares relacionados, tales como ISO 14443, ISO 15691, ISO 15693, ISO 10536. Algunas de estas normas son ISO/IEC<sup>8</sup>, debido al marcado carácter electrónico de los componentes involucrados en los sistemas dotados de tecnología RFID. Todas estas hacen referencia a aspectos tales como codificación de datos, funciones de memoria lógica, aplicaciones de

---

<sup>8</sup> IEC: Comisión Electrotécnica Internacional.

comunicaciones. Pero aparte de todas estas, existe una serie de normas creada específicamente para la tecnología RFID y sus frecuencias. Esta serie es la ISO 18000. En concreto, después de mucho esperar, fue publicada la ISO/IEC 18000-6C, que estandariza la UHF EPC Gen2 dentro de los estándares de ISO, por lo que de esta manera se ha conseguido una primera convergencia de estándares para RFID. La ISO/IEC 18000-6C es una enmienda de la ISO/IEC 18000-6, 6A y 6B. Esta norma se ha centrado en las técnicas de capturas de datos y en la identificación automática por radiofrecuencia.

Por otra parte, ISO/IEC 15459 es una serie de normas que definen códigos extraordinarios de rastreo. Originalmente derivado de una normativa europea (EN 155) ISO/IEC 15459 es ahora una norma de multi-parte [los nombres abajo mencionados en cursiva reflejan los nuevos nombres propuestos]:

<b>Parte 1</b>	Identificadores únicos para unidades de transporte	<i>Unidades de transporte</i>
<b>Parte 2</b>	Procedimientos de registro	<i>Procedimientos de registro</i>
<b>Parte 3</b>	Reglas comunes para identificadores únicos	<i>Reglas comunes</i>
<b>Parte 4</b>	Identificadores únicos para directivos de proveedores de cadena	<i>Artículos individuales</i>
<b>Parte 5</b>	Identificación única de transporte retornable de artículos (RTIs)	<i>Artículos de transporte retornable</i>
<b>Parte 6</b>	Identificación única para agrupar productos en la dirección de material de vida de ciclo	<i>Agrupación de producto</i>

**Tabla 2: Normas referentes a los códigos extraordinarios de rastreo.**

Todas las normas de ISO se planifican para estar en el mercado durante un espacio de tiempo largo, con un período de revisión de por lo menos cada cinco años. Debido

a que RFID es una tecnología que evoluciona rápidamente, algunas de estas revisiones suceden más pronto. El desafío para los expertos que desarrollan las normas es agregar nuevas características y la funcionalidad sin cambiar los principios que ya han sido establecidos. Abajo mencionada hay una lista en la que se detallan las normas existentes y las propuestas emprendidas respecto a la comunicación aérea y la aplicación de la comunicación en la tecnología RFID:

- Comunicación aérea

- ISO/IEC 18000-3: Ha sido propuesto un nuevo modo para esta tecnología 13,56 de MHZ, y el Nuevo Artículo del Trabajo esta actualmente en votación. Especifica los parámetros de comunicación para altas frecuencias.
- ISO/IEC 18000-6: Esta norma está corregida para que la etiqueta 18000-6C pueda sostener sensores y sea utilizada como una ayuda de batería en la tecnología pasiva. Hace referencia al seguimiento de bienes en la cadena de suministro.
- "ISO/IEC 18000-8": Un nuevo Artículo del Trabajo fue propuesto en 2006 para una tecnología que fuera legible en UHF, pero escrita en frecuencias más bajas, permitiendo lectura muy rápida. Aunque el artículo original del trabajo no fue aceptado, es probable que la tecnología sea reintroducida en 2007.
- Sensores: Además del trabajo específico de sensores secundarios con la tecnología 18000-6C, el trabajo está en progreso para considerar agregar sensores a otras partes de las 18000 normas de la serie.

- La aplicación de comunicación:

ISO/IEC O 15961 está en proceso de ser cambiado a una norma de parte-múltiple:

- La parte 1 contendrá todos los componentes técnicos de una sola parte de la norma presente y se extenderá para ayudar en la etiqueta 18000-6C.
- La parte 2 (aprobada en minuta de Comité) proporciona un procedimiento de registro para "construir datos" (AFI formatos de datos, identificadores de objetos) que es específica de industrias particulares
- La parte 3 proporciona la base técnica para construcciones de datos.

- La parte 4 es un Nuevo Artículo del Trabajo (actualmente en proceso de votación) para órdenes de aplicación para sensores.
  - ISO/IEC 15962 se está revisando para ayudar a la etiqueta 18000-6C, y para simplificar parte del proceso de interfaz con ISO/IEC 15961.
  - ISO/IEC 24753 especifica el procesamiento para la información del sensor (en una manera semejante a la que 15962 hace para datos relacionados con el artículo). Experimenta actualmente la votación de minuta del Comité.
  - ISO/IEC 24791 es un conjunto de la parte-múltiple de las normas que dirigen la infraestructura del sistema de software, que puede ser considerado para abarcar las funciones de middleware de RFID.
- La Parte 1 describe la arquitectura general y experimenta actualmente la votación de minuta del Comité.
- La parte 2 trata con la gestión de datos, y se concentra en cómo la norma del protocolo de datos se acomoda en el sistema general.
- La parte 3 trata con la administración de dispositivo, que vigila y controla la configuración y el desempeño de interrogadores de RFID.
- La parte 4 dirige la aplicación de interfaz y especifica formatos y procedimientos para aplicaciones para conseguir acceso a los servicios de datos de RFID.
- La parte 5 define un dispositivo de interfaz para posibilitar que la etiqueta de datos transfiera y controle las operaciones de acceso de etiqueta.
- La parte 6 especifica las características de seguridad para proporcionar una norma base de la autenticación y apropiada privacidad de datos para la capa y/o la función específicas.

### **1.4.3 EPC Global Generation2**

El Código Electrónico de Producto (Código EPC) es un número único diseñado para identificar de manera exclusiva cualquier objeto a nivel mundial, número que además, se encuentra almacenado en un TAG de RFID. Viene a ser como la evolución el

código EAN (Europa) o UPC (América) para poder diferenciar dos productos de una misma naturaleza al tener diferente codificación.

Adicionalmente, al número del código EPC será posible asociarle una cantidad infinita de datos dinámicos referentes al ítem que identifica, tales como: fechas de fabricación, lugar de fabricación, fechas de vencimiento, longitud, grosor, etc. datos, que estarán disponibles en bases de datos globales accesibles desde Internet. Para lograr este objetivo se propone el uso de lo que se ha denominado como el Sistema EPC, el cual involucra un número significativo de tecnologías que facilitaran la visibilidad de los productos a lo largo de la cadena de abastecimiento.

El sistema EPC es administrado a nivel global por la organización EPCGlobal, subsidiaria de la organización sin ánimo de lucro GS1 que desde los años 70 ha administrado estándares como el código de barras y el EDI.

EPC global es el regulador del sistema EPC siendo extensión de GS1 que apoya la adopción de EPC/RFID en las empresas. Su papel primordial es el de asesorar y homologar las aplicaciones disponibles en la industria así como las empresas reconocidas como integradoras.

### **1.5 RFID VS código de barras**

Teóricamente, es posible imaginarse que toda clase de etiquetado en uso hoy, principalmente en el envasado, podría ser reemplazado por etiquetas de RFID. No es probable que esto suceda en toda clase de etiquetas, pero en el futuro será una mejor solución que la codificación de barra para aplicaciones específicas de RFID. El ejemplo más obvio es la identificación de contenedor de devolución.

Ambas tecnologías utilizadas como portadoras de datos tienen sus méritos. No obstante, hay dos áreas principales donde RFID desplazará al código de barras:

- En sistemas cerrados y abiertos donde los beneficios de RFID producen un rendimiento de la inversión que justifica el cambio de la tecnología (es el caso de estudio de este proyecto)
- En sistemas abiertos donde parte de la comunidad pone como requisito la adopción de RFID, eso llega a ser finalmente la parte del total que mantiene esa comunidad como un cliente base (también puede ser el caso de este estudio, ya

que en el mundo de la industria del automóvil las innovaciones llegan de forma global a todos los fabricantes, por lo que si se consigue una tendencia favorable a RFID, muchas marcas se verán obligadas a cambiar de tecnología).

En muchos casos RFID y el código de barras necesitarán coexistir. Esto es en parte a causa del menor coste para aplicar códigos de barras a algunos artículos. Hay también todavía varios desafíos técnicos con RFID, así como los había al principio de la implementación del código de barras. Incluso si se decide aplicar RFID en todos los nuevos artículos que estén siendo codificados, el emigrar de una tecnología a otra llevará tiempo.

La expectativa que la tecnología RFID está generando, como posible sustituto del código de barras, es muy alta, y no solo eso, sino que se espera que pueda tener aplicaciones complementarias de gran valor añadido.



Fig. 9: Funcionamiento de un sistema RFID

Se podría afirmar además que toda esta expectación, está justificada, ya que los campos de aplicación de esta tecnología en el mundo de la automoción son numerosísimos siendo además posible su utilización a lo largo de toda la cadena de suministro.

A pesar de que el código de barras es una tecnología totalmente perfeccionada, los efectos de la meteorología impiden su utilización en algunos casos. Normalmente, En operaciones estándar, los códigos se colocan en el interior del vehículo. Cuando llueve, nieva ó hay condensación en el parabrisas del vehículo, la lectura de las etiquetas resulta muy difícil, cuando no imposible. Además, en función del tipo de tinta y papel utilizado en la impresión, su duración puede disminuir. Es decir, para tiempos de espera ó stockaje muy largos, muchas etiquetas pueden llegar a ser ilegibles y por tanto inútiles.

No obstante, existe cierto escepticismo entre las empresas que componen el sector. Este escepticismo es debido a distintos motivos, de entre los cuales podemos mencionar la falta de estandarización global, la falta de colaboración entre proveedores y fabricantes, los costes, la reingeniería del proceso y la falta de maduración de la tecnología, que debe exprimir mucho más todo su potencial para aumentar su atractivo.

Esta reticencia por parte del sector, no significa ni mucho menos que el mundo de la automoción desestime el uso de la tecnología RFID. Los empresarios alaban las posibilidades de esta tecnología de identificación, pero como es lógico, le exigen la máxima fiabilidad y que aporte un valor añadido a los sistemas que el sector utiliza actualmente.

Como campos en los que seguir trabajando, los responsables de las empresas que componen el sector señalan las posibles aplicaciones en la cadena de montaje para mejorar el control, agilizar el proceso y minimizar los costes, evitar re-etiquetados, errores humanos y aumentar la información disponible. Es importante también tener claro que la tecnología RFID no sustituirá a la forma de etiquetado actual en todos los procesos, sino solo en aquellos en los que valga la pena.

Del mismo modo, con el paso del tiempo pueden aparecer nuevas tecnologías que desplacen a la tecnología RFID y la conviertan en obsoleta. Por eso hay que moverse rápido y comenzar a aplicarla de manera eficiente.

Las empresas del sector automovilístico están muy presionadas en lo que a competitividad se refiere. Resulta de vital importancia ser líder en productividad y en costes. En esta batalla. La tecnología RFID está llamada a ser una importante aliada, una vez que demuestre completamente su fiabilidad.

### **1.5.1 Ventajas de la tecnología RFID sobre el código de barras**

- RFID no requiere una línea visual, de modo que una etiqueta de RFID puede estar "escondida" detrás de un artículo, incluso dentro de un artículo, y se puede leer sujeto a la adherencia de las leyes de física. Esto proporciona oportunidades para aumentar el nivel de automatización en sistemas de captura de datos.
- La mayoría de la tecnología de RFID es de lectura/escritura, de modo que digamos que la información de una etiqueta de un contenedor de devolución, se puede escribir en cada viaje y utilizar potencialmente millares de veces.
- La capacidad de lectura/escritura permite también que datos relacionados con un artículo sean añadidos a una etiqueta durante un periodo de tiempo, posibilitando que se establezca una historia relacionada con el artículo.
- Debido a que la memoria de una etiqueta de RFID es un circuito integrado (o pastilla), es menos resistente a estropearse que la mayoría de los medios utilizados para el código de barras.

- Debido a la elasticidad del portador de datos, una aplicación apropiadamente configurada puede dar lugar a una lectura de alta velocidad, casi 100%.
- La tecnología abre oportunidades para ligar RFID a otros dispositivos tales como sensores. Estos productos están comercialmente disponibles, pero las normas todavía tienen que ser desarrolladas.

### **1.5.2 Desventajas de la tecnología RFID sobre el código de barras**

La diferencia más significativa es la del costo del portador de datos: la etiqueta de RFID comparada con la etiqueta del código de barras. Las partes que integran una etiqueta de RFID, especialmente la pastilla y la antena, elevan apreciablemente el costo. En un área compleja como la industria automovilística, no es sensato realizar comparaciones simplistas a causa de la gama de símbolos del código de barras, los sustratos (del papel al metal), e incluso dirigir la parte marcada que se utiliza, con las soluciones relativas de RFID que quizás podrían traer un incremento de los beneficios. Se requiere un análisis detallado del costo y los beneficios basado en cada caso. En capítulos posteriores de este proyecto se analizará este aspecto de forma más profunda.

Una desventaja adicional se debe a la falta de comprensión de la tecnología y de aplicaciones potenciales en áreas complejas tales como la del automóvil. Algunos vendedores de la tecnología se han enfocado principalmente en etiquetas sencillas, donde podrían obtenerse beneficios verdaderos si la etiqueta tuviera unas pocas características adicionales tales como una memoria más grande. Asimismo, los usuarios han aceptado lo que se oferta, o han intentado hacer que la tecnología sea útil para la aplicación. Odette espera que por medio de un incremento de comprensión de la tecnología, y de una mejor definición de los requisitos, esta desventaja sea reducida apreciablemente a medio plazo.

Otra desventaja (a veces debido a una idea equivocada) es que RFID requiere cambios significativos de toda la infraestructura de información del negocio. Mientras que sería equivocado pensar en la etiqueta de RFID simplemente como un código de barras electrónico, muchas aplicaciones pueden ser adaptadas para aprovecharse de los beneficios de RFID en infraestructuras que ya utilicen el sistema de captura de datos del código de barras.

Haciendo una reflexión seria de los requisitos para un sistema de RFID, y teniendo en cuenta tanto el aumento de los como el aumento de beneficios, las inversiones en esta tecnología pueden ser pertinentes.

## **1.6 Características especiales del sector del automóvil**

En la actualidad, en un mundo cada vez más competitivo, las empresas han de buscar la diferenciación con respecto a la competencia, basándose fundamentalmente en la mejora continua a través de la disminución de los costes y la búsqueda de la satisfacción del cliente. Estos objetivos, sólo se pueden lograr con la gestión eficiente de los flujos de materiales y de la información a través de toda la cadena de suministro, perfilándose la logística y el uso de las tecnologías de la información y comunicaciones como una ventaja competitiva para las empresas.

Bajo esta perspectiva, en los últimos años, los fabricantes de vehículos vienen enfrentándose a un entorno cada vez más exigente, en el que ha aumentado la complejidad del negocio, debiendo las empresas actuar con flexibilidad, eligiendo estrategias que se adapten a los cambios y que les permita responder con rapidez a la innovación creando valor.

En la misma línea, la creciente complejidad del producto en el sector de automoción, así como la necesidad de mejorar las relaciones con los proveedores, ha favorecido la introducción de importantes mejoras en la gestión de su cadena de suministro, para lo cual, el sector ha recurrido a las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, como la tecnología RFID, que permiten la optimización de los recursos y la disminución de los costes.

En resumen, España, como sexto productor mundial de automóviles y tercero a nivel europeo, con un total de 12 fabricantes con plantas en nuestro país, presenta un potencial que junto a las características del mercado citadas anteriormente, obliga a la presencia en Foros Internacionales para asegurar la participación en las decisiones que se tomen en nuestro ámbito de actuación y que sin duda nos afectarán en el futuro, perfilándose la actividad de instituciones como ODETTE como elemento clave en la búsqueda de la armonización y mejora de la eficiencia en el sector de automoción.

Podemos decir que son 5 las razones por las cuales los estándares son necesarios para que la tecnología RFID pueda implantarse en el sector de la automoción:

- En sistemas de lazo abierto, el beneficio para cada usuario aumenta a medida que aumenta el número de usuarios de la tecnología. Sin duda, a medida que los estándares vayan siendo mejores, los usuarios serán más.
- Estándares abiertos como ISO 18000-6c aseguran el suministro de etiquetas y equipos de lectura. Lo mismo ocurre con los componentes de software necesarios. Los desarrollos paralelos pueden ser muy costosos y no tener ningún beneficio (tal y como ha ocurrido con el HD-DVD y el Blu-Ray).
- Si la industria del automóvil sigue los mismos estándares, tal y como lo han hecho los minoristas y otras industrias, el volumen de producción de etiquetas y la infraestructura será más fácil de aumentar. Los proveedores de piezas no se verán obligados a usar diferentes tecnologías para identificar el mismo tipo de pieza (por ejemplo las ruedas).
- Los contratos o acuerdos establecidos con los proveedores tienen información sobre estándares (información que suministran ISO, EPC y Odette) que pueden guiarles en el desarrollo de sistemas de tecnología RFID. Gracias a esto, las negociaciones sobre los intercambios de datos son más cortas.
- La estandarización debe de ayudar a que una misma etiqueta pueda ser utilizada en diferentes zonas de la red de suministro. El número de etiquetas debería verse considerablemente reducido cuando todos los miembros de la cadena de suministro estén preparados para grabar y actualizar datos en una misma etiqueta.

## 2. Aplicaciones de la Tecnología RFID en el sector de la automoción: Estado del arte ó estado de la técnica

## **Aplicaciones de la tecnología RFID en el sector de la automoción**

El uso de la tecnología RFID en el sector de la automoción se realiza a niveles muy distintos y para diversos fines, como veremos más adelante en los casos prácticos. En la actualidad, muchas compañías están llevando a cabo pre-estudios y proyectos pilotos sobre tecnología RFID, y es de vital importancia conocerlos, a modo de estudio de mercado.

La tecnología RFID, puede ser utilizada en el ámbito automovilístico en los siguientes casos:

- Stockaje de piezas.
- Protección antirrobo y otros.
- Gestión de contenedores retornables.
- Localización de activos.
- Sistemas soporte para los procesos de fabricación.
- Trazabilidad de piezas de seguridad.
- Protección contra las falsificaciones.

Este segundo capítulo se centra en el estudio de las distintas experiencias piloto que se han llevado a cabo con la tecnología RFID en el sector de la automoción. Es importante conocerlas de antemano, para saber qué resultado han dado y qué aprendizaje se puede extraer para la aplicación que nos interesa. No hay que olvidar que uno de los puntos más importantes a la hora de la implantación de un sistema de tecnología RFID es que una vez instalado, debe añadir valor a la cadena, por lo que cualquier idea que pueda contribuir a mejorar este aspecto, será siempre bien recibida. Por tanto, y aunque la solución RFID que se estudia en este Proyecto tiene una aplicación muy concreta, es necesario y muy útil prestar mucha atención a estos casos de aplicación, ya que todos ellos, pueden constituir futuras ampliaciones de este proyecto.

Al término de este segundo capítulo, el lector podrá valorar mucho mejor el papel que la tecnología RFID puede tener dentro del sector de la automoción, y de cómo una aplicación RFID puede añadir valor a la cadena de suministro y dar pie a futuros nuevos sistemas basados en una primera experiencia.

Cada uno de estos casos está organizado en distintos apartados, que son los siguientes:

- Situación de partida
- Objetivo y alcance del proyecto
- Desarrollo del proyecto
- Resultados funcionales
- Conclusiones y perspectivas de futuro

Este esquema permite abordar cada uno de los casos de una forma clara y concisa, en la que al lector le resultará sencillo localizar cada uno de los puntos que considere más interesantes.

## 2.1 SEAT: La experiencia RFID en la identificación de vehículos en la cadena de distribución.



El caso de Seat se basó en la identificación de vehículos en la cadena de distribución. Por tanto, guarda importantes similitudes con lo que se pretende conseguir en este Proyecto.

### 2.1.1 Situación de partida:

SEAT comenzó a preguntarse como era posible añadir valor a su cadena de distribución en base a las tecnologías existentes.

La situación en la que se encontraban se caracterizaba por los siguientes aspectos:

- Los procesos de distribución se realizaban manualmente con lectores de códigos de barra.
- Algunos movimientos dentro de la cadena de distribución no eran comunicados en tiempo real al sistema.
- Los errores de carga eran detectados demasiado tarde en la cadena de distribución, lo que se traducía en un alto coste.
- El nivel de integración tecnológica dentro de la cadena de logística era bajo.

### 2.1.2 Objetivo y alcance del proyecto:

Para mejorar las ineficiencias previamente mencionadas, se pensó en la tecnología RFID como solución; y se fijaron como objetivos y desafíos los siguientes:

- Que el procesamiento de los checkpoints fuese automático.
- Que la información se obtuviese en tiempo real del proceso de distribución.
- Que se comprobase automáticamente la coherencia entre la carga física y la contabilizada por el sistema, con la consiguiente tasa de reducción de errores que esto acarrearía.
- Aumento de la integración tecnológica en la cadena logística.

Acerca del alcance, el proyecto se planteó en tres fases: Evaluación (Fase I), Piloto ó prueba industrial (Fase II) y finalmente, si la prueba industrial resulta satisfactoria, implantación de la tecnología en todo el flujo de coches (Fase III), así como su integración en la fábrica y propuesta de extensión a los proveedores.

La parte del proyecto que se ha llevado a cabo comprende la fase I y parte de la Fase II. La parte que falta de la fase II (prueba industrial) está en curso actualmente.

### 2.1.3 Desarrollo del proyecto:

Las exigencias que en este caso se plantean a la tecnología RFID son las siguientes:

- Capacidad de leer tags de coches en movimiento, camiones y trenes parados ó en movimiento.
- Certeza de que un tag pueda ser leído en un entorno en el que se encuentre rodeado por otros.
- Que exista una configuración uniforme y sólida para tags, antenas y lectores.

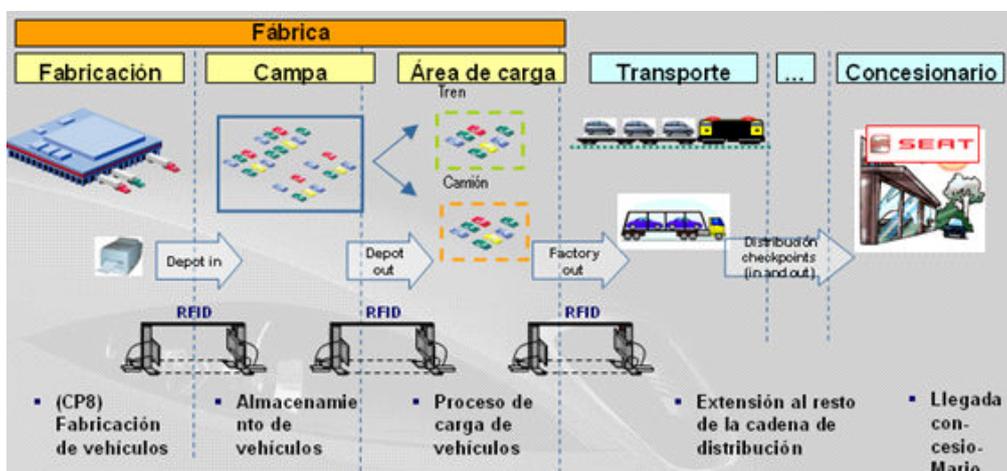


Fig. 10: Esquema del sistema RFID implementado por Seat.

Por otro lado, como condiciones necesarias para que la tecnología RFID sea implantada, se consideran las siguientes:

- Que la tecnología sea fiable al 100%.
- Conseguir un Business Case positivo.
- Que utilice estándares internacionales.
- Que la frecuencia esté libremente disponible en los países donde se utilizará.

Acerca de los estándares, estos se consideran de vital importancia para la implantación de RFID en la industria del automóvil. En el proyecto se exige que el equipamiento instalado cumpla con el máximo número de estándares para que los sistemas sean capaces de soportar futuras evoluciones tecnológicas.

#### 2.1.4 Resultados funcionales:

SEAT evaluó positivamente la experiencia RFID. Se comprobó que esta tecnología puede soportar correctamente los procesos de distribución del coche. Además, se concluyó que se puede conseguir un Business Case positivo basándose en los siguientes hechos:

- A través de la tecnología RFID se puede conseguir una importante automatización de los checkpoints de distribución, con la consiguiente reducción de recursos humanos (mano de obra) que esto lleva implícito.
- Que se pueda disponer en todo momento de información en tiempo real de las localizaciones
- Gracias a la tecnología RFID se puede reducir el número de errores de transportes, ya que el proceso de carga es comprobado por el sistema.
- El precio de las etiquetas esta en continuo decrecimiento y se espera que en los próximos años continúe bajando.
- Hasta el momento las etiquetas deben ser grabadas y adjuntadas a los coches al inicio de la cadena de distribución. Se planteó como desafío la integración de las etiquetas como componentes del coche.

### 2.1.5 Conclusiones y perspectivas de futuro:

Tras “La experiencia RFID en la identificación de vehículos en la cadena de distribución” de SEAT, se extrajeron como conclusiones más importantes las siguientes:

- La tecnología RFID esta llamada a mejorar la gestión de la cadena de distribución.
- Los estándares deben ser establecidos de manera rápida para facilita y ampliar las ventajas de la tecnología. Este esfuerzo esta liderado por Odette.
- Ahora es el momento de empujar a la integración de RFID, todo con la ayuda de las OEMs (Original Equipment Manufactures).
- Se recomienda la continua integración de RFID en los procesos de la automoción, que se verá además favorecida por el constante decrecimiento de los precios de los tags.

## 2.2 RENAULT: La tecnología RFID y la logística



Renault tiene trazado un plan mediante el cual pretende convertirse en el fabricante de automóviles más rentable a nivel europeo. La columna vertebral de este proyecto esta formada por la calidad, el beneficio y el crecimiento. Para poder cumplir estos objetivos Renault pensó en la tecnología RFID como posible aliada.

### 2.2.1 Situación de partida:

Renault ha tenido dos experiencias con la tecnología RFID:

- Montaje POKA JOKE: Renault comprobó que técnicas tan arraigadas como el POKA JOKE<sup>9</sup> podían tener un componente importante de error humano si el operario no prestaba suficiente atención a su trabajo o sí estaba despistado. La primera aplicación de la tecnología RFID fue pensada para subsanar este problema.

---

<sup>9</sup> POKA JOKE: A prueba de errores. Dispositivo o pieza que solo puede ser montado de forma correcta.

- Identificación de motores antiguos: Se planteó la utilización de RFID en la logística y la gestión de stocks de motores obsoletos.

A partir de ahora, cada apartado tendrá dos secciones, una la referente al montaje POKA JOKE y la otra a la Identificación de motores antiguos.

### 2.2.2 Objetivo y alcance del proyecto:

Montaje POKA JOKE: Se fijó como objetivo que ningún operario tomase una pieza equivocada de una estantería de material. Con esto se pretende:

- Reducir el número de errores humanos en el montaje.
- Reducir el coste asociado a la reparación de estos errores (piezas defectuosas, reparaciones).
- Mejorar la productividad.

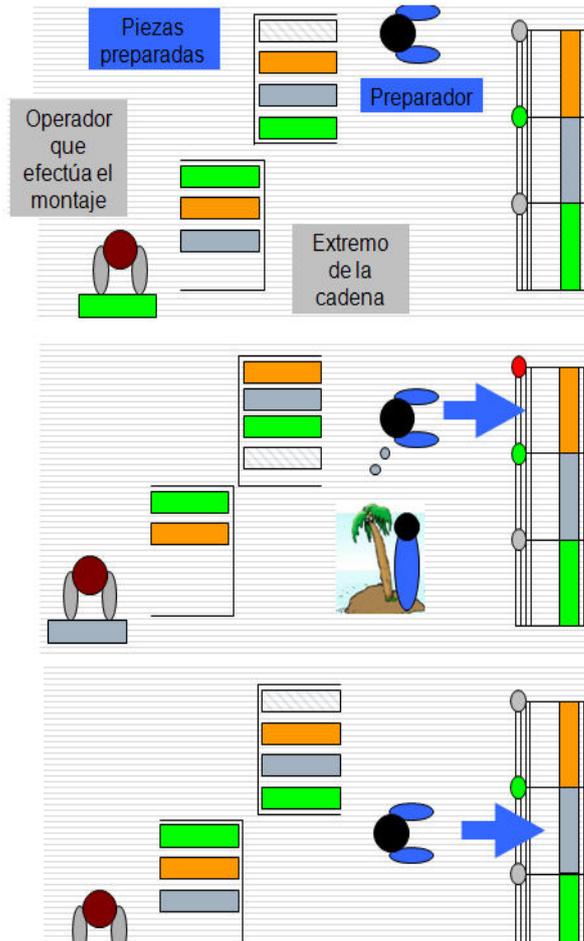
Identificación de motores antiguos: Se pretendió mejorar la sección de logística de la empresa mediante la utilización de las nuevas tecnologías de Información y Comunicación (RFID en particular) en coordinación con otras áreas de la compañía.

Esto llevaría a mejorar el nivel competitivo de Renault a través de:

- La eficacia en el gasto
- Obtención de mejores resultados.

### 2.2.3 Desarrollo del proyecto:

Montaje POKA JOKE: La aplicación de la tecnología RFID a la técnica de montaje POKA JOKE funciona de la siguiente manera:

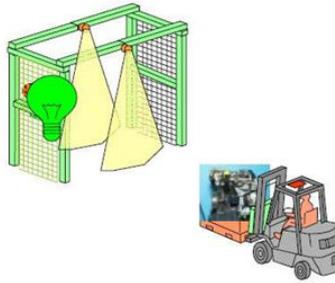


**Ilustración 1: Montaje POKA YOKE**

El preparador dispone de una estantería de material de la cual va tomando de manera secuencial las piezas que el operador que efectúa el montaje va colocando en la cadena. Las piezas tienen una etiqueta RFID y a su vez, el preparador tiene una antena de RFID integrada en su guante, de modo que si por error trata de coger una pieza que no toca montar, el sistema RFID le avisará (con una señal luminosa de color rojo) y el error podrá subsanarse en el acto.

Identificación de motores antiguos: El proceso se desarrolla de la forma siguiente:

Llegada al andén del camión con los motores. El operario identifica el tipo de motor y le pone una etiqueta RFID. Posteriormente, los motores son reagrupados por tipos para su embalaje. Los embalajes entran en el almacén después de pasar un pórtico formado por antenas de RFID.



**Fig. 12: Pórtico RFID utilizado por Renault**

#### 2.2.4 Resultados:

Montaje POKA JOKE: Los resultados fueron muy buenos. La tecnología RFID permitió la detección de errores en el montaje con el consiguiente aumento de la productividad y reducción de costes.

Identificación de motores antiguos: La tecnología RFID aseguró la lectura simultánea y a ciegas de muchos objetos, y pudo además coexistir con otras tecnologías.

#### 2.2.5 Conclusiones y perspectivas de futuro:

- Una amplia oferta de materiales que satisfagan a distintos clientes.
- La facilitación de la integración dentro de los sistemas de identificación ya presentes en la empresa.
- La normalización y estandarización.

### 2.3 VOLVO: RFID móvil

**VOLVO**

#### 2.3.1 Situación de partida:

En primer lugar, hay que tener en cuenta que Volvo tiene una amplia gama de sectores en los que opera: automóviles, camiones, autobuses, aeronáutica, motores navales...

En Volvo son conscientes de la existencia de la tecnología RFID, y de hecho lo ha usado a lo largo de los últimos años en plantas de pintura, plantas de montaje de

motores, aplicaciones de la cadena de suministro, tanto de lazo abierto como de lazo cerrado, depósitos de gasolina, como elemento de seguridad...

Estudios previos han identificado como las áreas de la cadena de suministro en las que más costes se ahorran con la utilización de RFID, al "Check-in" y a la ordenación de contenedores y envases.

En el estudio se realizaron más de 3000 lecturas utilizando "RFID móvil" (se explica a continuación).

### 2.3.2 Objetivo y alcance del proyecto:

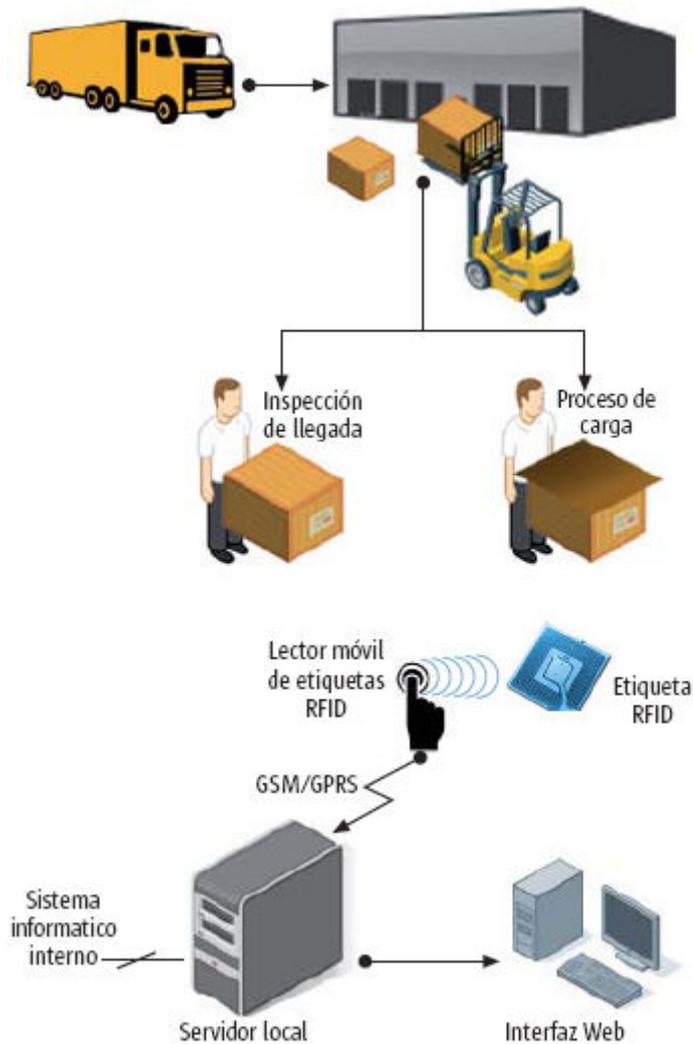
El proyecto de esta empresa da un paso más en lo que al avance tecnológico se refiere, y constituye una "evolución" de RFID. Se trata de combinar la tecnología RFID con la tecnología GSM/GPRS y la tecnología Web, y de esta manera conseguir tener un sistema de Identificación por Radio Frecuencia que sea "móvil". Todo esto ha sido evaluado bajo los tres principios de:

- Fiabilidad,
- Manejabilidad
- Productividad.

"RFID móvil" (así es como llamaremos en adelante a esta evolución de la tecnología RFID), ha sido diseñado para gestionar dos tareas:

- La inspección de llegada
- El proceso de carga.

La Fig. 13 permite observar de manera muy intuitiva lo que se pretende conseguir.



**Fig. 13: Proceso RFID Móvil**

La carga llega/sale almacén, es inspeccionada con un lector móvil de RFID que se comunica con el sistema de seguimiento (servidor) mediante GPS/GPRS. El servidor a su vez se conecta a través de la Web con otro ordenador que recibe los datos que hemos leído de la etiqueta.

### 2.3.3 Desarrollo del proyecto:

Esta tecnología se puso a prueba en una cadena de suministro que iba desde la base Escandinava de provisiones, pasando por los almacenes de Goteborg hasta llegar a los clientes en Brasil.

RFID móvil tiene como uno de sus inconvenientes el hecho de que el número de usuarios de tecnología GSM/GPRS es muy elevado, lo que lleva implícito un

empeoramiento de los tiempos de respuesta, que afecta notablemente a la optimización.

Para que sea capaz de leer etiquetas pasivas de RFID, el dispositivo móvil es un teléfono móvil equipado con un lector de RFID que tiene integrada una antena de 13,56 MHz. La conexión a través del móvil permite tener una transmisión en tiempo real entre el dispositivo de lectura móvil y el sistema de seguimiento. La etiqueta contiene información acerca del número de serie del producto en el que va pegada, pero puede además contener información adicional específica sobre cada producto. El sistema permite además añadir información a la etiqueta (tag).

En el caso de Volvo el diseño del lector estaba hecho para poder realizar menos de 10 lecturas por minuto y no más de tres introducciones de datos por cada lectura.

#### 2.3.4 Resultados:

Como ya se ha comentado en el apartado de objetivos, los criterios bajo los cuales se quiere analizar el resultado del RFID móvil son la Fiabilidad, la manejabilidad y la productividad. Veamos el análisis de cada una de ellas:

**Fiabilidad:** Se evaluó mediante la detección de errores, los cuales se dividieron en cinco categorías:

- Errores de aplicaciones: En ocasiones los usuarios finales se encontraban con una pantalla en blanco y para solucionarlo debían resetear el sistema para poder continuar con la lectura de etiquetas.
- Errores del operador ó compañía de Red: Esto implicaba que la información no era transferida del dispositivo móvil al servidor.
- Errores en el dispositivo móvil: En un momento de la puesta a punto, uno de los lectores móviles se desconectó.
- Errores en el servidor: Un problema de hardware impidió que algunos mensajes de texto pudiesen ser enviados.
- Errores en la etiqueta RFID: Solo un error específico de RFID fue detectado en esta prueba de dos días de duración: No era posible leer una de las etiquetas. Por otra parte, el resto de las etiquetas funcionaron sin problemas incluso en condiciones climáticas adversas.

De los más de 3000 procesos de lectura llevados a cabo solo se produjeron 35 errores, que se distribuyen como muestra la Fig. 14 :

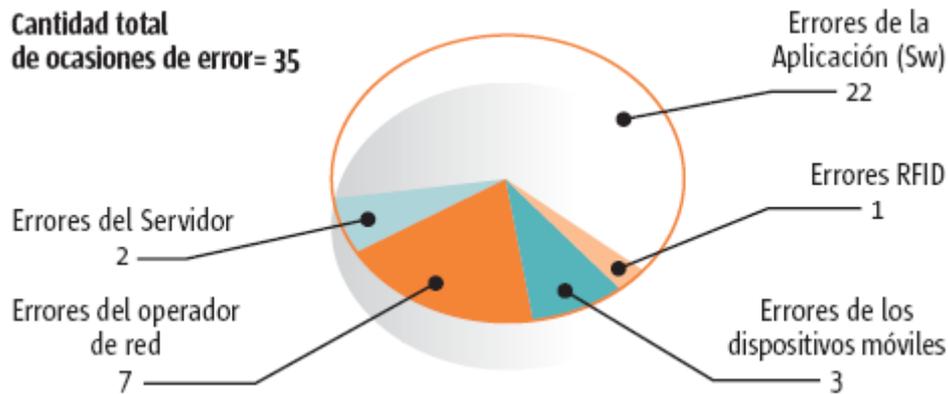


Fig. 14: Distribución de errores

Como se puede observar, la mayor parte de los errores fueron debidos a la aplicación. Este error debe ser subsanado de manera que no afecte en el trabajo diario y podría ser reparado mediante la mejora de la aplicación. A pesar de todo, la fiabilidad operacional se consideró alta para este caso (99,26%).

**Manejabilidad:** Este es un factor crítico a la hora de evaluar el proyecto, ya que si los usuarios de la tecnología no la manejan con soltura, esto se afectará a la productividad y a la calidad.

- Los usuarios de los dispositivos móviles encontraron fácil y flexible el uso de estos dispositivos. Los lectores son de plástico y son resistentes a las condiciones del entorno. Se estudia la posibilidad de instalar un teclado que tenga unas teclas más grandes, para poder introducir los datos de manera más cómoda, pero por otra parte, al hacer esto la integración es menor y el dispositivo es más grande y más difícil de transportar.
- Los usuarios encontraron los lectores fáciles de utilizar y en algunos casos consideraron que algunas funciones sobraban. La Fig. 15 muestra a continuación contiene la evaluación que los usuarios hicieron al respecto:

Parámetros de funcionamiento	Valoración
Tiempo en espera	+
Respuestas sonoras	+
Vibración	+
Menús de usuario	+
Tamaño	-
Teclado	-
Entrada usuario	-
Aplicaciones	-
Distancia de lectura	-
Display / Pantalla	+/-
Durabilidad	+/-

Fig. 15: Valoración de funcionamiento

### **Productividad Lead-time:**

- El muestra las mejoras en lo que a lead-time se refiere, tanto en la inspección de llegada como en el proceso de carga.
- Respecto a la inspección de llegada, observamos que existe un ahorro de tiempo de entre el 10-50%, netamente superior al posible con el uso de las tecnologías actuales.
- Respecto al proceso de carga también encontramos reducciones de tiempo de hasta el 36%. A pesar de esto, hay casos en los que la productividad puede descender más del 10%. Esto es en los casos en los que el número de contenedores es pequeño y además los datos tienen que ser introducidos, de manera que esto ralentiza las operaciones. Los motivos específicos del porqué de este problema no han sido todavía encontrados.

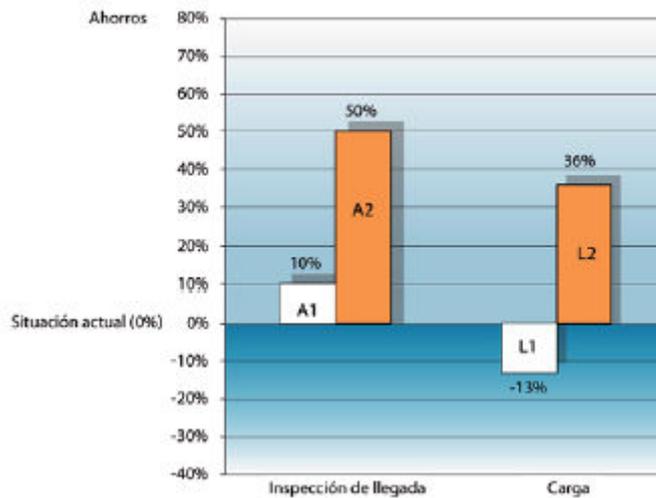


Fig. 16: Lead time en inspección de llegada y proceso de carga

### 2.3.5 Conclusiones y perspectivas de futuro:

- Todas las aplicaciones que tengan repercusión en la cadena de suministro deben cumplir unas normas. Las operaciones de identificación actuales están estandarizadas por Odette, y conviene que también lo sean las operaciones correspondientes a RFID móvil.
- En el mercado Brasileño, al cual se ceñía el estudio de Volvo, mucho del trabajo manual que había el recibir la mercancía (inspección, registro, localización de cada elemento...) pudo ser optimizado. Las mejoras en este campo están llamadas a ser todavía mucho mayores, algo que resulta muy positivo, pues el trabajo manual siempre consume mucho tiempo.
- Las implementaciones de la tecnología RFID existentes en la actualidad están comúnmente asociadas a su carestía. RFID móvil puede utilizar infraestructuras ya existentes. A pesar de que cada caso debe ser estudiado por separado, en el caso particular de Volvo se ha presentado un ahorro de costes total del 20% mediante la utilización de esta tecnología RFID móvil.
- Se debe de seguir investigado en aplicaciones para RFID móvil, ya que tiene muchas posibilidades, probablemente muchas más que cualquier otra área de RFID.

## 2.4 MICHELIN: El neumático RFID



### 2.4.1 Situación de partida:

Michelin identificó a la tecnología RFID como una tecnología de futuro en la que debía implicarse. En Michelin eran conscientes de que en muchos otros sectores esta tecnología se estaba abriendo paso y consideraron que debían de estar presentes desde el principio con los que hacen las normas y determinan los estándares.

Esta empresa presenta la peculiaridad de tener distintos tipos de clientes (fabricantes y usuarios de automóviles) y distintas líneas de productos (turismo, camiones, aviones, tractores...). Debido a todo esto, resulta de vital importancia que las normas y las especificaciones de RFID sean estándares.

El caso de Michelin tenía las siguientes peculiaridades:

- Se trata de un fabricante de neumáticos con muchas gamas de productos, neumáticos para automóviles, camiones, aviones, obra civil, agrícola, motos.
- Michelin tiene dos tipos de clientes distintos: Los constructores de vehículos y los usuarios de los mismos.
- Sus productos y clientes están muy extendidos a lo largo de todo el mundo y son además productos técnicos que necesitan que su identificación se haga de manera segura y adecuada.

Por tanto, con esta estructura empresarial, se corre el riesgo de encontrarse con numerosas especificaciones en función del tipo de producto, algo que sin duda supone un problema en lo que a la optimización se refiere.

### 2.4.2 Objetivo y alcance del proyecto:

El hecho de que existan tantos clientes de mercados distintos obliga a implantar varias etiquetas de RFID en cada neumático. Uno de los objetivos es que con una sola etiqueta se pueda responder a todas las demandas de los diferentes clientes.

Se pretende llegar a tener una norma única del neumático electrónico.

Vale la pena resaltar que existen dos normativas vigentes en EEUU para neumáticos electrónicos. EPCglobal para Wal-Mart<sup>10</sup> y la B11 de la AIAG<sup>11</sup>. En enero de 2006 se firmó un acuerdo por el cual se deja libertad de elección a las empresas para la utilización de una u otra norma.

Michelin destacó también las posibles aplicaciones de la tecnología RFID en:

- Materia de autenticación.
- Prevención antirrobo.
- Trazabilidad
- Mantenimiento

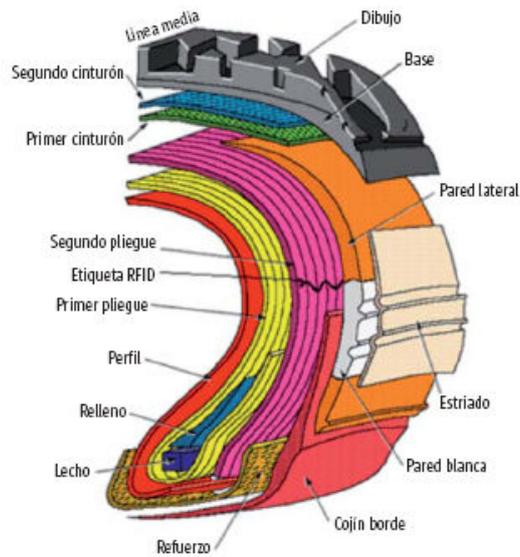
#### 2.4.3 Desarrollo del proyecto:

El neumático, tal y como se ve en la Fig. 17, es un producto complejo que presenta particularidades muy especiales (multitud de materiales, flexibilidad, desgaste, imposibilidad de operar en su interior sin destruirlo) que deben ser tenidas en cuenta a la hora de estudiar la implantación de la tecnología RFID en este mercado, y sobre todo, a la hora de diseñar el tag que debe ser implantado en el neumático.

---

<sup>10</sup> Wal – Mart: Es el minorista más grande del mundo que entre otras cosas distribuye neumáticos

<sup>11</sup> AIAG: Automotive Industry Action Group

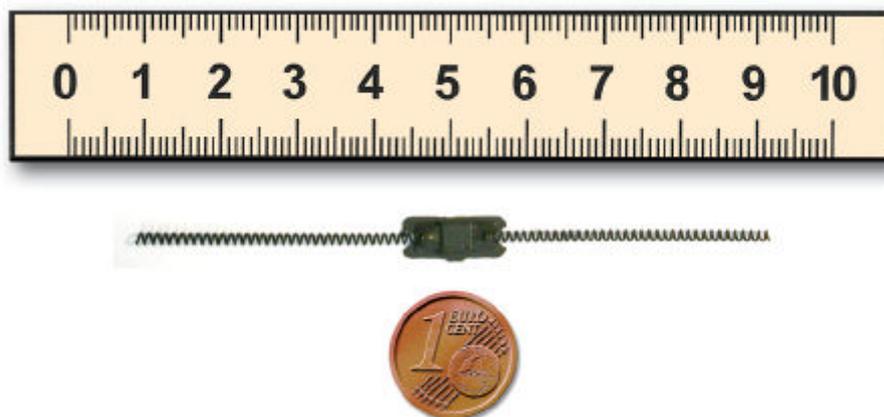


**Fig. 17: Neumático Michelin**

Se pensó en una solución para el etiquetado RFID de los neumáticos que consistía en un TAG flexible que se integraba en el neumático.

#### 2.4.4 Resultados:

Como se ha comentado, se concibió un tag pasivo flexible e integrado en el neumático, como el que se muestra en la Fig. 18:



**Fig. 18: Tag pasivo flexible**

El tag está disponible para otros fabricantes de neumáticos. Es un tag UHF RFID que emite en frecuencias comprendidas entre 860 y 960 MHz y que funciona

adecuadamente. Además el tag es válido para cualquier tipo de neumático, de modo que el problema de la multiplicidad de tag´s y estándares queda subsanado también.

#### 2.4.5 Conclusiones y perspectivas de futuro:

- La tecnología RFID ofrece muchas posibilidades de futuro. Como ya se ha comentado, Michelin ha pensado en la posibilidad de utilizar RFID como parte de sistemas electrónicos más completos, y crear de este modo, un neumático electrónico.
- Uno de los ejemplos de aplicaciones que podrían añadir valor al uso de la tecnología RFID, puede ser, por citar alguno, que el neumático pueda señalar a los distintos sistemas del vehículo sus características.
- Aunque actualmente la tecnología RFID no presenta un ROI (retorno de la inversión) demasiado bueno, éste irá siendo cada vez mejor a medida que las aplicaciones de RFID vayan aumentando. Se aprecian como campos con mayor posibilidad de beneficio el de los camiones, con operaciones como el recauchutado de neumáticos para estos vehículos, y el de los neumáticos para aviones.
- En lo que a la estandarización se refiere Michelin tiene claro que debe hacerse un esfuerzo y trabajar en la convergencia de las diferentes necesidades de cada uno de los grupos presentes en la industria del automóvil. Consideraron que uno de los mejores foros para el intercambio de información entre las distintas empresas es Odette; con el fin de conseguir una norma única para el neumático electrónico. Pero además, Michelin consideró que Odette (junto con JAPIA<sup>12</sup> y AIAG) debe continuar dialogando con EPC y unificar criterios.
- En Michelin entienden bien que el espectro de frecuencias es un bien escaso, pero consideran que la regulación vigente está obsoleta y debe adaptarse a las exigencias de las nuevas tecnologías
- Otro handicap adicional para RFID es que los actuales sistemas de identificación cuyo máximo representante es la codificación de barra, son muy baratos en comparación con RFID, y obtienen además unos resultados satisfactorios.

---

<sup>12</sup> JAPIA: Japan Auto Parts Industries Association

## 2.5 MECAPLAST: Implantación de RFID para la gestión de la limpieza de los contenedores NCV2

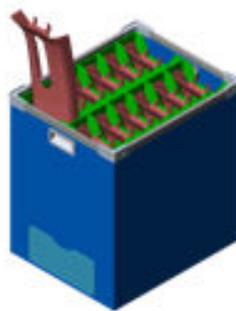


Debido a su naturaleza de su negocio, Mecaplast está obligada a utilizar numerosos contenedores de piezas que a su vez deben ser limpiados asiduamente.

### 2.5.1 Situación de partida:

Se deseaba implantar RFID para la gestión de la limpieza de los contenedores NCV2 (Fig. 19).

Los contenedores NCV2 sirven para almacenar en ellos piezas (guarnecidos para interior) de dos modelos de furgonetas de la marca Mercedes. Estos contenedores son reutilizables y deben de ser limpiados de manera regular. Las piezas son fabricadas por Mecaplast, posteriormente se envían a otra empresa (Faurecia) y finalmente de esta al constructor, Mercedes.



**Fig. 19: Contenedores NCV2.**

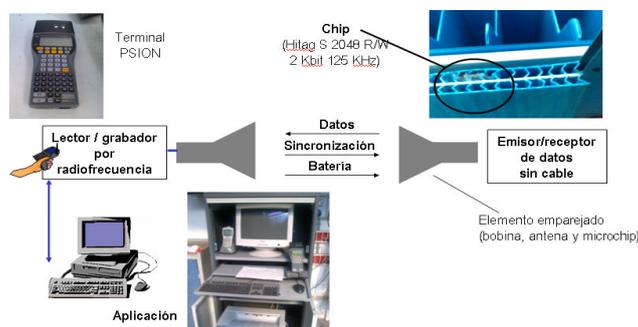
### 2.5.2 Objetivo y alcance del proyecto:

- Realizar una limpieza de los contenedores cada 3 meses
- Controlar el número de limpiezas
- Conocer la rotación de cada contenedor
- Conocer el histórico de limpiezas
- Tener actualizado el intervalo
- Gestionar mejor los recursos asignados a la operación de lavado

### 2.5.3 Desarrollo del proyecto:

Se implantó un tag en la entre-cara del contenedor. Este tag era leído y grabado por un emisor que está a su vez estaba conectado a un sistema informático. Se trata por tanto, de un sistema RFID con sus elementos característicos; tag, lector y soporte (ver esquema Fig. 20).

Los tags instalados tenían una capacidad tal que almacenan hasta 46 lavados. Una vez que se supera esta cifra, comenzaban a contar de nuevo.



**Fig. 20: Proceso de lectura de datos**

El rango de frecuencias en el que se operó fue el de frecuencias de Radio, tal y como exige RFID, y en concreto, entre 125 y 134 kHz.

La forma de funcionamiento era sencilla (Fig. 21): Se recibía el contenedor, y se realizaba una lectura del tag. Si el tag revelaba que el contenedor había sido lavado en los últimos 3 meses, entonces no se lavaba, si por el contrario no había sido lavado, se lavaba, se registraba la operación en el tag, se imprimía una pegatina que se pegaba al contenedor y finalmente se almacenaba.



Fig. 21: Proceso de funcionamiento

#### 2.5.4 Resultados:

Mediante la utilización de la tecnología RFID se consigue:

- Tener un control exhaustivo del estado y la trayectoria de todos los contenedores NCV2.
- Contar con un histórico de recepciones de contenedores.
- Contar con un histórico de lavados.
- Tener un listado de operarios autorizados, reparaciones de embalajes, histórico de altas (nuevos embalajes), etc.

#### 2.5.5 Conclusiones y perspectivas de futuro:

La conclusión de esta experiencia piloto es que todos los objetivos se cumplen; estos objetivos eran:

- Todos los contenedores se limpiaron cada 3 meses.
- Se reduce optimizan los recursos asignados a limpieza
- Se conoce exactamente el histórico de cada contenedor.

La experiencia con la tecnología RFID resultó por tanto perfecta, obteniéndose los resultados esperados y consiguiendo por tanto una ventaja competitiva importante.



## 2.6 DENSO / JAPIA: Piloto sobre la identificación de contenedores retornables a través de la tecnología RFID.

En este caso se realizó un piloto para gestionar de manera eficiente los contenedores retornables a través de la tecnología RFID. El tráfico de estos contenedores en los países asiáticos es muy elevado, y por tanto la tecnología RFID podía suponer grandes mejoras. En la Fig. 22 se muestra la complejidad del sistema logístico de trabajo.

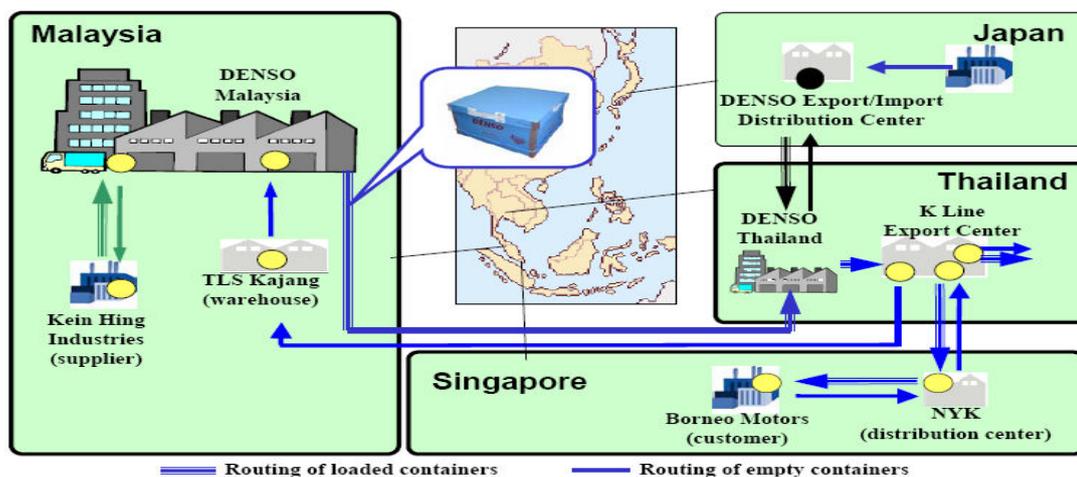


Fig. 22: Sistema logístico de trabajo

### 2.6.1 Situación de partida:

La situación inicial desde la cual se partía en este caso estaba caracterizada por los siguientes aspectos:

- Los contenedores debían de ser examinados por una persona para introducir los datos al sistema informático.
- Checkpoints manuales.
- Los numerosos procesos de recepción y envío de contenedores eran muy lentos.

### 2.6.2 Objetivo y alcance del proyecto:

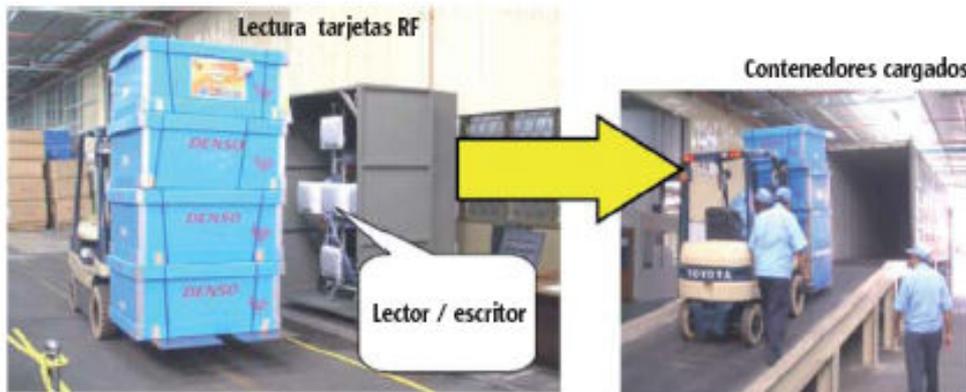
El objetivo principal fue eliminar la recogida de datos de tipo manual mediante la utilización de la tecnología RFID. Para conseguirlo se fijan las siguientes metas:

- Poder realizar el chequeo de manera automática, utilizando unas antenas de RFID entre las cuales haremos pasar los contenedores (en los que habremos pegado los tags).
- De esta forma, conocer de manera inmediata y en tiempo real el stock.

### 2.6.3 Desarrollo del proyecto:

El la puesta en marcha del proyecto piloto, se usaron tanto RFID como códigos de 2D para garantizar la lectura del 100% de los contenedores. Además se respetaron los estándares ISO/IEC.

Tal y como se muestra en la Fig. 23, los contenedores pasan por unas antenas de RFID antes de ser cargados en los camiones. Las antenas leen las etiquetas de manera rápida y automática, evitando de esta manera los posibles errores humanos que aparecían anteriormente.



**Fig. 23: Lectura de tags en contenedores**

### 2.6.4 Resultados:

De manera general, y con el uso combinado de códigos 2D, los porcentajes de lectura fueron del 100%, y por tanto, suficientemente buenos para el uso empresarial.

Se usó una radio-frecuencia de 953 MHz, que es la correcta para Japón. La frecuencia establecida en Malasia y Tailandia fue de aproximadamente 30 MHz, lo cual tuvo una importante repercusión en la distancia de lectura.

### 2.6.5 Conclusiones y perspectivas de futuro:

Después de la realización de la experiencia piloto utilizando la tecnología RFID se llegó a las siguientes conclusiones:

- El uso de la tecnología RFID en la cadena de suministro de la industria automovilística está llamado a extenderse rápidamente en los próximos años.
- Las diferencias entre los diferentes países en lo que se refiere a la legislación y a la obtención de licencias han tenido un impacto negativo en los resultados de este proyecto.
- Se pueden conseguir resultados muy satisfactorios en pruebas piloto como la que se realizó en este caso.
- Es muy importante que organizaciones como Odette, AIAG, JAMA y JAPIA trabajen de manera conjunta para establecer estándares que se adapten mejor y sean más beneficiosos para la implantación de RFID en la cadena de suministro de sector automovilístico.

## 2.7 VOLVO LOGISTICS: El acercamiento de Volvo a las nuevas tecnologías de Auto Identificación (AutoID)



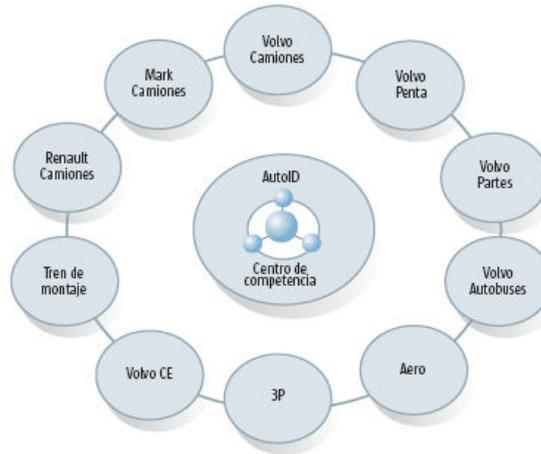
### 2.7.1 Situación de partida:

A Volvo Logistics se le asignó la tarea de coordinar todos los esfuerzos del Grupo Volvo en AutoID, debido a que tiene una cobertura general de todas las áreas de negocio de Volvo (Camiones, Autobuses, coches, Volvo Penta, Volvo Aero...).

A través de las tecnologías de AutoID, Volvo pretende establecer una conexión entre sus valores corporativos (Seguridad, calidad y respeto con el medioambiente) y sus aspectos más críticos de negocio (Reducción de capital y coste logístico, precisión en la entrega y soluciones logísticas integradas). El desafío de la AutoID ayudará a tener una mayor visibilidad y un mayor control sobre la cadena de suministro, añadiéndole valor y optimizándola.

### 2.7.2 Objetivo y alcance del proyecto:

El objetivo del proyecto es gestionar el flujo de 10.000 armazones y de 48.000 brackets y clasificarlos. De esta manera se conseguirá además ganar control sobre el proceso. Para que el piloto tuviese éxito, se estableció un modelo de colaboración entre los distintos departamento de Volvo (Fig. 24).



**Fig. 24: Modelo de colaboración en Volvo**

La estrategia, apoyada pilares como el liderazgo, la competencia y las infraestructuras, buscaba lo siguiente:

- Añadir valor a todo el Grupo Volvo.
- Demostrar competitividad y habilidad encontrar soluciones
- Promover y fomentar la innovación y el crecimiento a través nuevas ideas.
- Construir alianzas con partners y clientes.

Para aumentar el nivel de integración a través de la AutoID se identificaron dos frentes en los que trabajar:

- Integrando las distintas partes de la Cadena de Suministro.
- Aumentando el nivel de control sobre los procesos de empaquetado, transporte, control de componentes y productos finales.

Para que la velocidad de desarrollo del proyecto y su calidad fueran mayores, éste se llevó a cabo buscando la presencia en estas 4 dimensiones:

- Soluciones estandarizadas.
- Gobernabilidad y recomendaciones.
- Documentar el conocimiento.

- Comunicación.

### 2.7.3 Desarrollo del proyecto:

El entorno en el que se utilizó la tecnología RFID es el de embalado especial de motores. Para ser transportados, los motores son montados en unos armazones. Para que el asiento de los motores en estos armazones sea correcto y estable, se utilizan unos apoyos que se denominan brackets. En la Fig. 25 se muestra como el motor va montado en los apoyos (brackets de color naranja) que a su vez van montados en el armazón.

De todos los sistemas que se barajaron para llevar a acabo el proyecto, se eligió la tecnología RFID para entre otras cosas, solucionar la difícil manipulación de los brackets metálicos.

No debemos olvidar, que para la puesta en marcha de este proyecto piloto, fue fundamental la colaboración de los proveedores para asegurar el éxito del mismo.

La solución seleccionada fue construida para funcionar a baja frecuencia, concretamente a 125kHz. El sistema estaba compuesto por un lector que se encontraba "integrado" en un guante. En cuanto a las etiquetas, el experimento se realizó con dos tipos. Por un lado, unas etiquetas de referencia y por otro una etiqueta con una carcasa protectora. Podemos ver ambos dispositivos en la Fig. 26.

El modo de funcionamiento era el siguiente. Los brackets deben de ser montados en los armazones (Como ya hemos comentado, sobre los brackets se colocaban los motores). En brackets se adhieren las etiquetas. Por tanto, el operario, que está provisto de una antena en su guante, realiza una lectura del bracket cada vez que coge uno.



Fig. 25: Motor apoyado en Brackets



Fig. 26: Tipos de etiquetas

La parte de la implementación que más tiempo consumió fue el acoplamiento de las etiquetas en los brackets. En esta tarea, los aspectos importantes a tener en cuenta fueron la operación de pegado, el test de la etiqueta y la evaluación del proveedor.

#### 2.7.4 Resultados funcionales:

Los resultados conseguidos en el test fueron los siguientes:

- Excelentes para las etiquetas protegidas. Ni una sola de ellas fue destruida o deteriorada.
- En el caso de las etiquetas de referencia, el 20% de ellas fueron destruidas.

Se realizaron 75 ciclos de lectura (esto equivale a un espacio de tiempo comprendido entre 3 y 20 años en la gestión de los brackets). Los resultados podemos observarlos muy claramente en la Fig. 27:

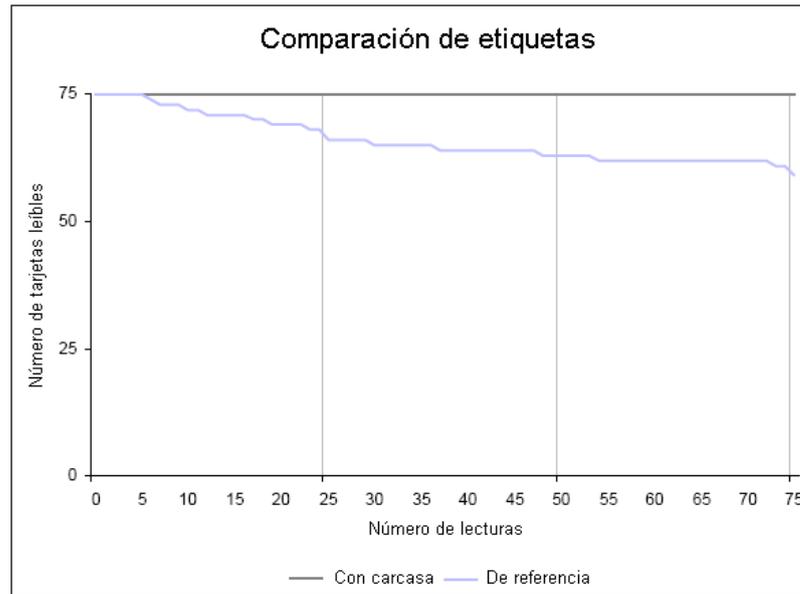


Fig. 27: Comparación de etiquetas

Los beneficios de incrementar el nivel de control sobre los brackets son tanto directos como indirectos, y van desde la reducción del número de transportes urgentes hasta el aumento de posibilidades de rotación en el puesto de trabajo.

<b><u>Beneficios directos</u></b>	<b><u>Beneficios indirectos</u></b>
Reducción de la necesidad de recursos extra	Aumento de control y reducción de las alteraciones de producción causadas por los brackets que se pierden.
Disminución del número de transportes urgentes.	Menos necesidad de nuevas inversiones. Rotación de personal y mejor control de el flujo físico de brackets.

Tabla 3: Beneficios directos e indirectos

Se calculo un plazo de recuperación de la inversión de tres años (calculado en los beneficios directos).

### 2.7.5 Conclusiones y perspectivas de futuro:

El caso de estudio sirvió para ilustrar la importancia del acercamiento y conocimiento de las tecnologías de AutoID. Se extrajeron las siguientes conclusiones:

- Se debe buscar una solución tomando como punto de partida aspecto de negocio del proyecto.
- Es importante acertar con la tecnología correcta.
- En proyectos de este tipo, no debemos olvidarnos de integrar a nuestros proveedores.
- Es vital realizar minuciosas pruebas en condiciones ambientales operacionales.
- Se debe centrar la implementación en lo que queremos hacer.
- La puesta en marcha del Business Case crea hechos y no opiniones.

## 2.8 IBM: AutoID en trazabilidad de contenedores



### 2.8.1 Situación de partida:

IBM se interesó en la gestión de los contenedores retornables debido al importante papel que estos juegan en el sector de la automoción principalmente.

Los fabricantes de equipos (OEMs<sup>13</sup>) para automóviles habitualmente poseen desde cientos hasta varios millones de contenedores retornables<sup>14</sup>.

Para conocer un poco esta repercusión, podemos comentar que el precio de los contenedores retornables es de más de 200 \$ USA y cada año se pierden entre el 2 y el 5% (debido principalmente a robos y daños).

El margen de mejora en la gestión de estos contenedores es amplio. Mejorando su control podríamos hablar de una reducción muy importante de costes que centraríamos en:

- El ahorro de los costes de reemplazo de 100.000 contenedores al año sería de más de 1 millón de \$ USA.
- Reducción de costes en el control de los contenedores gracias al tracking.
- Reducción de costes asociados a material, seguimiento y manipulación.

---

<sup>13</sup> OEMs: Original Equipment Manufacturer, en español sería Fabricante de Equipos Originales.

<sup>14</sup> El número de contenedores reutilizables en el mundo es de alrededor de 200 millones. El de contenedores reutilizables de metal de unos 50 millones.

### 2.8.2 Objetivo y alcance del proyecto:

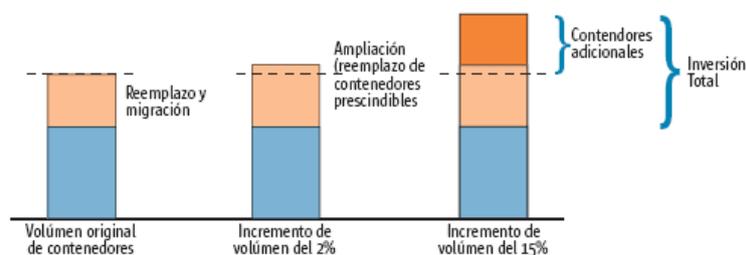
Los objetivos del Proyecto fueron los siguientes:

- Reducir la incidencia de fallos en los procesos en al menos un 20%.
- Mejorar el rendimiento en al menos un 10%.
- Ahorro de los costes laborales de un 15% (en el 81% de los costes laborales).
- Ser capaces de disminuir el valor total de los repuestos disponibles impulsando hasta el 21% el nivel de sus datos RFID (Esto es el 50% más que en otras organizaciones).

IBM consideró que hoy en día el potencial de la tecnología RFID es suficiente como para ser aplicado en las compañías, ya que existe un retorno de la inversión considerable. No obstante, reseñaron que la empresa debe estar preparada tecnológicamente para la incorporación de la tecnología RFID a su sistema de gestión de contenedores retornables. Además, y puesto que la tecnología RFID es “nueva” la empresa debe tener en cuenta su curva de aprendizaje si quiere conseguir los beneficios esperados. En este sentido es importante poder contar con socios que tengan o hayan tenido alguna experiencia con la tecnología RFID y que nos ayuden a acelerar nuestra curva de aprendizaje.

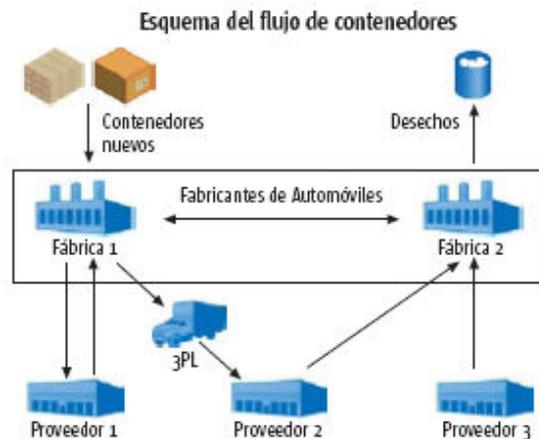
### 2.8.3 Desarrollo del proyecto:

Debido a su variedad y a su complejidad, los contenedores representan una inversión considerable para los fabricantes de automóviles y además, su rastreo es bastante complicado. En muchos casos necesitan ser sustituidos debido a su pérdida o su obsolescencia. Podemos ver todo esto reflejado en la Fig. 28.



**Fig. 28: Variación de los contenedores**

La globalización hace necesario un sistema de gestión más capaz, ya que el tiempo de retorno es cada vez mayor. La monitorización de los contenedores es cada vez más difícil y requiere redes de información complejas (Fig. 29).



**Fig. 29: Redes de información**

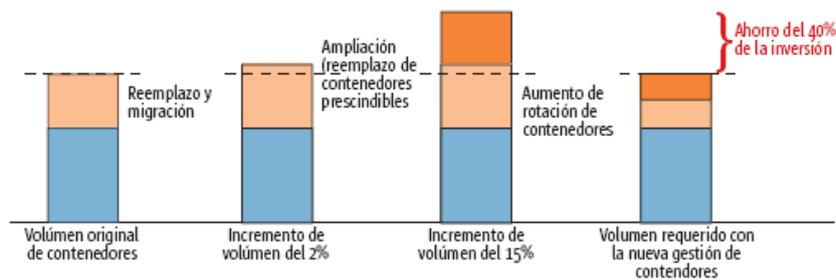
IBM realizó su experimento con la tecnología RFID en tres escenarios. Por un lado el de las Carretillas elevadoras, la entrada a los almacenes y el del mantenimiento.

Para la puesta en marcha del proyecto se creó y fomento un departamento responsable de la gestión de los contenedores y se acordó con los proveedores un stock regular así como penalizaciones si ese stock se excedía. Se integro la gestión de la información obtenida con sistemas como SAP.

#### 2.8.4 Resultados funcionales:

La gestión de contenedores redujo las inversiones necesarias hasta el 40% (Fig. 30). Y sus pilares principales fueron los siguientes:

- Reducción del tipo de contenedores.
- Gestión del flujo de contenedores.
- Asignación de costes (pay-per-use).
- Aumento de la rotación de los contenedores y con ello reducción del número de los mismos en circulación.



**Fig. 30: Resultados de la variación de contenedores**

La aplicación del Business case no fue muy complicada. Se requirió una instalación mínima de dos antenas en dos emplazamientos. En la siguiente tabla podemos ver el desglose de los costes asociados al proyecto:

COMPONENTE	PRECIO ESTÁNDAR
Puertas RFID (2 +2)	\$ 65 K
Etiquetas para 5000 contenedores (2 etiquetas por contenedor)	\$ 70 K
Software IBM	\$ 50 K
Servicios de soporte de IBM para configurar e instalar el sistema	\$ 75 K
Aplicación Crystal Report <sup>15</sup>	\$ 5 K
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 265 K</b>

**Tabla 4: Costes del Proyecto IBM**

Este estudio no tiene en cuenta otros beneficios asociados tales como la reducción del número de envíos único (de una sola dirección). También evitamos tener paradas asociadas a pérdida de contenedores y conseguimos tener un proceso más transparente.

### 2.8.5 Conclusiones y perspectivas de futuro:

Se extrajeron las siguientes conclusiones interesantes:

<sup>15</sup> Crystal Report: Aplicación de inteligencia empresarial, o bien, inteligencia de negocios, utilizada para diseñar y generar reportes desde una amplia gamas de fuentes de datos

- Las empresas de la industria del automóvil ven las tecnologías de AutoID (Hay algunos ejemplos de empresas best-in-class que los han probado) como campos en los que tienen que trabajar.
- Los estándares están disponibles.
- Hay tres casos donde la demanda de la industria es inmediata: Trazabilidad de contenedores, gestión de almacenes, trabajo en proceso (automatización de la fabricación).
- La tecnología está disponible y existen casos de aplicación que avalan el hecho de que la tecnología RFID se está implantando.

En la actualidad, IBM ha emprendido un piloto junto con el grupo VW para la optimización de contenedores logísticos. El objetivo de este proyecto conseguir una transparencia end-to-end desde los proveedores, pasando por los almacenamientos de los inventarios y la producción, hasta el retorno de los contenedores vacíos. Se espera que los resultados demuestren la viabilidad técnica de la tecnología RFID. Además se espera poder determinar los beneficios de negocio reales de la utilización de la tecnología RFID.

## 2.9 DAIMLERCHRYSLER: Gestión del Contenedor RFID. Prueba de concepto de DaimlerChrysler

### 2.9.1 Situación de partida:

DaimlerChrysler realizó un experimento con la tecnología RFID en el año 2006. Se trató de gestionar el flujo de contenedores utilizando para ello a la tecnología RFID. El área aplicación elegida para esta prueba el tramo de la cadena de suministro (contenedores llenos y vacíos) correspondiente a los clientes.

### 2.9.2 Objetivo y alcance del proyecto:

Se quiso de analizar los beneficios de la tecnología RFID en el ciclo de suministro entre los proveedores y la producción. Se tuvo en cuenta el borrador de

recomendación VDA5501<sup>16</sup>. Otro objetivo prioritario fue enfocar el experimento al aprendizaje. Se fijaron objetivos tecnológicos, de IT<sup>17</sup> y de proceso:

- Tecnológicos:

Evaluar la tecnología RFID para ser utilizada en procesos de lectura “puerta” (entrada y salida de almacenes), así como con carretillas elevadoras y dispositivos portátiles.

Evaluar EPCglobal Gen2 (Disponibilidad y ejecución de productos).

- IT:

Evaluar el RFID Middleware<sup>18</sup>.

Definir el concepto de IT operacional.

- Proceso:

Mejorar la calidad de los datos que introducimos al sistema sin que con ello aumente el coste.

Conseguir experiencia con la tecnología RFID en lo que se refiere a su gestión y a su fiabilidad.

### 2.9.3 Desarrollo del proyecto:

Los elementos objeto del estudio fueron los contenedores especiales para componentes prefabricados y los pallets de metal (Fig. 31). Como puede suponerse, se trata de poder rastrear cada uno de los contenedores y pallets dentro de las complejas fábricas automovilísticas de hoy en día.

---

<sup>16</sup> VDA: Verband der Automobilindustrie. Es la asociación de la industria de automoción alemana. Sus miembros incluyen a VW, BMW y Mercedes Benz.

<sup>17</sup> I.T.: Information Technology. Información tecnológica. Este término, acuñado por la Asociación tecnológica de Información de América (ITAA) comprende el estudio, diseño, desarrollo, implementación mantenimiento y gestión de los sistemas de gestión basados en computadores.

<sup>18</sup> Middleware: El Middleware es un software de conectividad que ofrece un conjunto de servicios que hacen posible el funcionamiento de aplicaciones distribuidas sobre plataformas heterogéneas.



Fig. 31: Tipos de pallets

En la Fig. 32 se muestra la diferencia en el flujo de proceso en el momento antes de iniciar el experimento así como sistema de control de flujo que se pretendió alcanzar. Como podemos ver, en primer lugar, la salida/entrada de los contenedores del almacén es registrada utilizando unas antenas de tecnología RFID (lectura “puerta”). Una vez dentro, mediante la utilización de un lector portátil de tecnología RFID se realiza la introducción de las características de los elementos con los que se carga ó descarga el contenedor. Por último, las antenas incluidas en las carretillas elevadoras se encargan de realizar la trazabilidad de los contenedores una vez que salen del almacén.

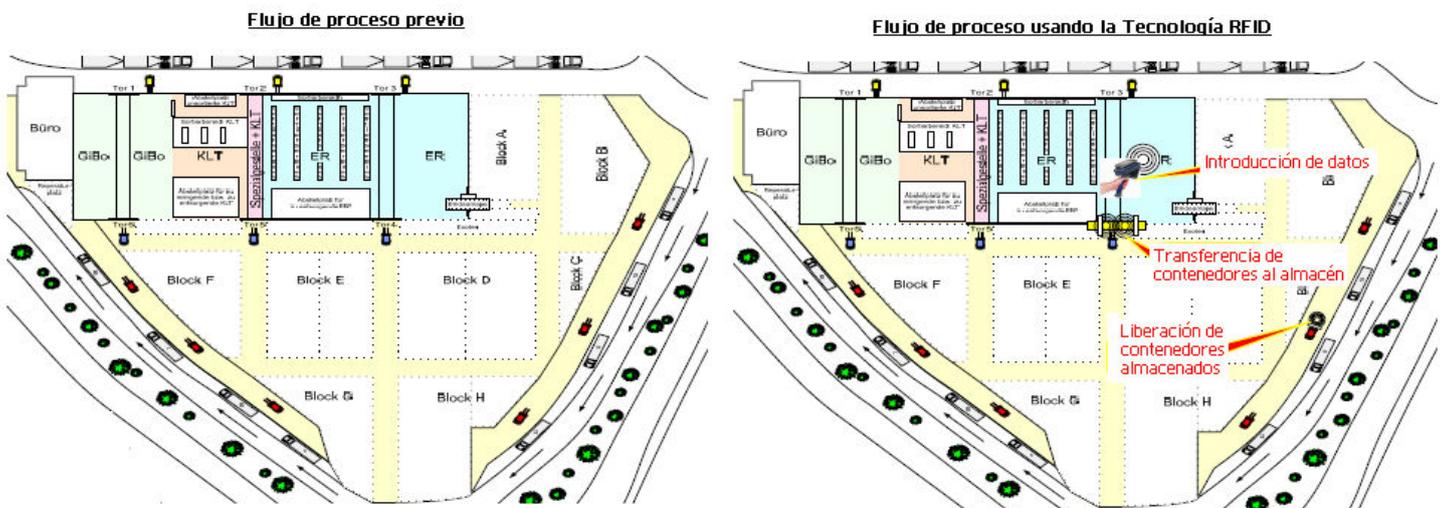


Fig. 32: Flujo de proceso

Existieron algunos requisitos desafiantes a la hora de probar la eficacia de la tecnología RFID. El primero fue que la puerta de entrada al almacén tenía una anchura de 6 metros, lo que supone una distancia considerable. Por otro lado, el entorno de funcionamiento era un entorno en el que abundaban los objetos metálicos. Además, condiciones adversas también en los transporte con carretillas elevadoras, lectura de etiquetas en pallets metálicos, coordinación entre las diferentes zonas de la fábrica que tomaron parte, y por último, también supuso un reto el comprobar la facilidad para adquirir productos de tecnología RFID y comprobar su madurez.

#### 2.9.4 Resultados funcionales:

Se comprobó que el estándar EPCglobal Gen2 se encuentra ya muy extendido y que existen importantes mejoras funcionales (ratio y rango de lectura) con respecto al Gen1 de EPCglobal.

En cuanto a los tres campos de lectura previamente mencionados sobre los cuales se trabajó, los resultados fueron los siguientes:

- Lector de “puerta” (entrada/salida del almacén): Con una puerta de hasta 6 metros de altura, se consiguió una lectura del 100% de las etiquetas, aunque sólo a bajas velocidades (<0,4m/s).
- Dispositivos portátiles: Rango de lectura de hasta 3,5m. Lecturas individuales y distancias entre contenedores de 3m. En este caso todavía no resulta viable su utilización.
- Carretillas elevadoras: Se probó un prototipo de antena que era capaz de leer entre 5 y 6 etiquetas de los pallets cargados en la carretilla (Fig. 34). El tamaño de las antenas impedía en algunos casos ver bien al operario, lo que ocasionó la rotura de alguna antena. El desarrollo de esta aplicación está comenzando pero hay que decir que tiene un futuro prometedor.



**Fig. 34: Carretilla cargada**



**Fig. 33: Antena adherida al pallet**

Se introdujo una modificación en el pallet metálico, en el que se adhirió la antena tal y como vemos en la Fig. 33. Con ello se consiguió tener una mayor variabilidad de la orientación de la antena así como unos rangos de lectura más largos.

#### 2.9.5 Conclusiones y perspectivas de futuro:

La experiencia piloto dejó patente lo siguiente y se extrajeron las siguientes conclusiones:

- Que la tecnología RFID tiene unos componentes lo suficientemente robustos como para funcionar en un entorno de trabajo adverso. Además, para aplicar la tecnología RFID a un proceso, todos sus componentes deben de ser probados en el entorno de trabajo para saber si funcionan correctamente.
- Es necesario que los empleados estén informados y adiestrados en la utilización de la tecnología y que además se impliquen en el proceso.
- Hay que continuar desarrollando la tecnología RFID: capturas de datos de distinto tipo, entornos de trabajo metálicos...
- Desde el punto de vista del negocio, este tipo de tecnologías de AutoID ayudan a integrar los flujos de trabajo en los procesos de negocio. Esta integración puede ayudarnos a ahorrar mucho tiempo si cooperamos en su desarrollo con nuestros proveedores, tanto internos como externos.
- Las “puertas RFID” están predestinadas a ser utilizadas. En el caso de los dispositivos portátiles y las carretillas elevadoras, la tecnología necesita un mayor desarrollo.

- La tecnología RFID es un buen medio a través del cual podemos desarrollar la cadena de suministro. No obstante, la tecnología todavía debe de madurar.
- Es necesario establecer un contacto la tecnología EDI<sup>19</sup>.
- Los proyectos basados en la tecnología RFID necesitan de un periodo de preparación largo y resulta totalmente necesaria su estandarización.

La tecnología RFID permite tener un mayor control del stock, mejora la trazabilidad y aporta transparencia al flujo de productos, reduce los errores y mejora la gestión. Además, existen nuevas aplicaciones de la tecnología RFID que pueden añadirle valor y ayudar a que su implantación se realice de forma aun más justificada.

## 2.10 FORD: Tracking de vehículos basado en la Tecnología RFID (Tagpilot).



### 2.10.1 Situación de partida:

Ford considera que en el entorno actual de economía global se debe de potenciar la cadena de suministro, una cadena a la que hoy en día entran partes y componentes procedentes de todo el mundo. En este contexto, la tecnología RFID puede aportar información certera en tiempo real que puede contribuir a posibilitar un mejor control de stocks de cualquier tipo. Este proyecto guarda también importantes similitudes con nuestro caso de estudio.

### 2.10.2 Objetivo y alcance del proyecto:

Ford, junto con Silverstroke, ha llevado a cabo un proyecto en el que han utilizado etiquetas inteligentes EPC - Global Gen2 compatibles.

El proyecto persigue un objetivo principal muy ambicioso: Monitorizar de forma automática y orientar a todos los vehículos en movimiento en la fábrica de Ford, desde el final de la cadena de montaje hasta que los vehículos abandonan la planta con destino a los concesionarios y a sus clientes finales.

Como se muestra más adelante, en este proyecto conviven la Tecnología RFID y el Código de Barras.

---

<sup>19</sup> EDI: Electronic Data Interchange. El intercambio electrónico de datos es un software Middleware que permite la conexión a distintos sistemas empresariales como ERP o CRM.

### 2.10.3 Desarrollo del proyecto:

Como podemos ver en la siguiente imagen (Fig. 35), existen dos finales de línea distintos. Desde cada uno de esos finales, se atraviesan seis posiciones importantes para la monitorización y la orientación del vehículo con vistas a su distribución. Cada una de esas seis posiciones está equipada con Tecnología de identificación RFID.

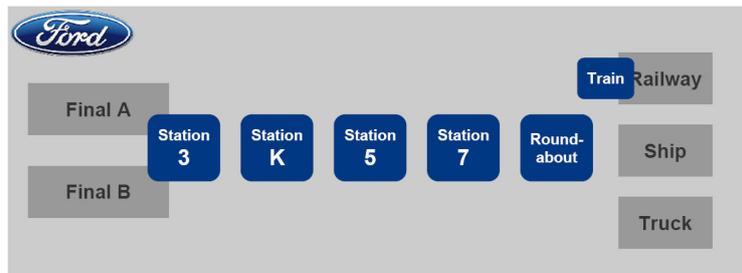


Fig. 35: Finales de línea

Cada estación presenta las siguientes características:

- Estación 3: Se sitúa en el final de las líneas y en ella se lleva cabo el etiquetado de los vehículos de la siguiente forma:

Al salir de cada una de las líneas, un lector de Código de Barras identifica el vehículo. La base de datos suministra la información referente a ese vehículo y con esa información se imprime un Tag que se pega en la luna trasera del vehículo. Ese Tag lleva impreso en su superficie un el código de barras con la correspondiente información del vehículo.

- Estación K: Se realiza una inspección óptica por parte de la compañía a cargo. Además, se identifica por triplicado el vehículo a través de su VIN<sup>20</sup> y mediante los siguientes sistemas (Fig. 36):

- Un lector de código de barras como el de la estación 3 identifica el vehículo.
- Otro lector de código de barras

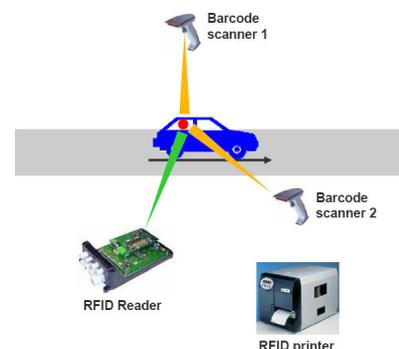


Fig. 36: Tipos de sistemas

<sup>20</sup> VIN: Vehicle Identification Number ó número de identificación de vehículos en español, es una secuencia de dígitos que identifica los vehículos a motor.

efectúa la lectura del código impreso en la superficie del Tag.

- Una antena lectora de Tecnología RFID detecta y realiza la lectura del Tag.

Con esta secuencia se llevan a cabo dos tareas:

1ª.- Cuando se realiza la identificación del vehículo, esta información se envía a la base de datos, para comprobar si ha habido algún dato modificado. Si ha sido así, se reimprime el Tag.

2ª.- Verificación de cada lectura de los VIN. Si la lectura realizada con la antena de Tecnología RFID no coincide con las realizadas por los códigos de barras, se envía una orden para imprimir un nuevo Tag en una impresora de etiquetas RFID.

- Estación 5: Los vehículos pasan una inspección final y son aparcados en el lugar correspondiente, dependiendo de su destino final.

Al salir de la estación K, si el vehículo ha pasado el primer control de calidad, es detectado por una nueva antena de Tecnología RFID. Esta lectura es enviada a la base de datos, la cual asigna el atributo

"calidad comprobada" al vehículo. En este momento, si la lectura del Tag se ha realizado de forma correcta, un semáforo verde se enciende y permite al vehículo pasar a la estación 7.

- Estación 7: Los vehículos abandonan la planta y son entregados al distribuidor. Existen dos salidas de la planta y un camino de retorno (utilizado por los coches de servicio que entran y salen). Los lectores de Tecnología RFID gestionan estas entradas y salidas de la planta (Fig. 37).

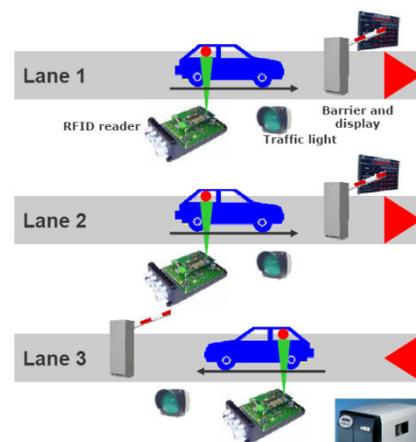


Fig. 37: Estación 7

- **Roundabout (rotonda):** Se verifica que cada vehículo va a ser enviado a su destino utilizando el medio de transporte previamente asignado (el más adecuado). Cada salida de la rotonda está equipada con una antena lectora de RFID (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), conectada con una barrera, que solo se abre si el vehículo se encuentra en la salida correcta. Toda la información correspondiente a estos movimientos se envía a la base de datos.

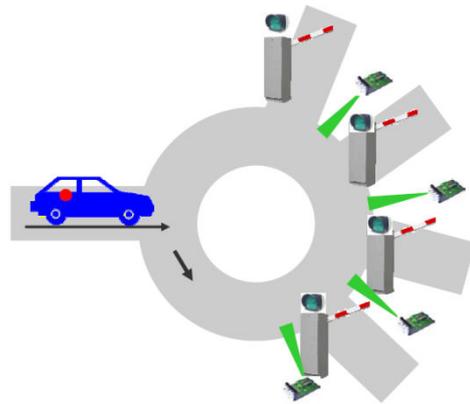


Fig. 38: Roundabout

- **Tren:** Se comprueban todos los coches que van a ser transportados por tren para evitar que entren vehículos equivocados. Una vez más, antes de entrar en el tren, existe un lector de RFID (**Fig. 39 ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Para el transporte en tren, es necesario proteger contra escritura a los Tags.

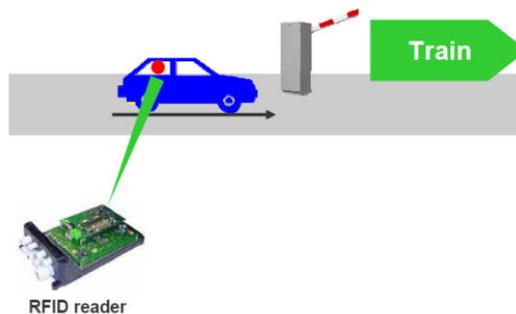


Fig. 39: Camino del tren

#### 2.10.4 Resultados funcionales:

- Monitorización eficiente de las entradas y las salidas de la planta de producción, gracias a rápida detección de vehículos y de su dirección de movimiento. Además la base de datos recibe un mensaje cada vez que se detecta un movimiento.

- Se utilizan dispositivos de lectura móviles para identificar los vehículos a través de sus memorias inteligentes EPC (Tags).
- A través de este sistema se pueden buscar los vehículos, localizar la última posición del vehículo y saber hacia dónde se dirige.

#### 2.10.5 Conclusiones y perspectivas de futuro:

Se puede concluir que en este proyecto, la utilización de la tecnología RFID se ha traducido en:

- Aumento de la automatización:
  - Reducción al mínimo de la acción o la intervención manual en la distribución del vehículo.
  - Importantes ahorros en el uso de papel.
- Aumento de la transparencia:
  - La Tecnología RFID permite conocer de forma segura la posición de cada vehículo.
  - Además permite comunicar en tiempo real a la base de datos cualquier variación en la posición de los vehículos.
  - Gracias a la Tecnología RFID podemos también saber cuánto tiempo ha estado cada vehículo en cada área.
- Aumento del rendimiento en la logística:
  - Se reduce el tiempo de manipulación en cada estación y más vehículos pueden ser desplazados a las zonas de transporte.

### 2.11 AIAG: Piloto para la gestión de contenedores retornables



#### 2.11.1 Situación de partida:

El 76% de las compañías del sector informan de que tienen problemas con la trazabilidad de sus contenedores retornables. Cada año, las compañías se gastan un total de 637M \$ en reemplazar contenedores perdidos.

### 2.11.2 Objetivo y alcance del proyecto:

- Aportar información para actualizar la norma RC-6 de la AIAG.
- Utilizar etiquetas pasivas de tecnología RFID para rastrear contenedores retornables.
- Demostrar como la tecnología RFID y la RC-6 pueden ayudar a mejorar las comunicaciones con la cadena de suministro.
- Investigar algunas otras posibles aplicaciones de la tecnología RFID.

### 2.11.3 Desarrollo del proyecto:

El piloto lo desarrollaron de forma conjunta la empresa Innotec y el Grupo Antolín. Consistió en una aplicación de lazo cerrado para gestionar el flujo de contenedores (Fig. 40). Los contenedores fueron equipados con etiquetas pasivas.

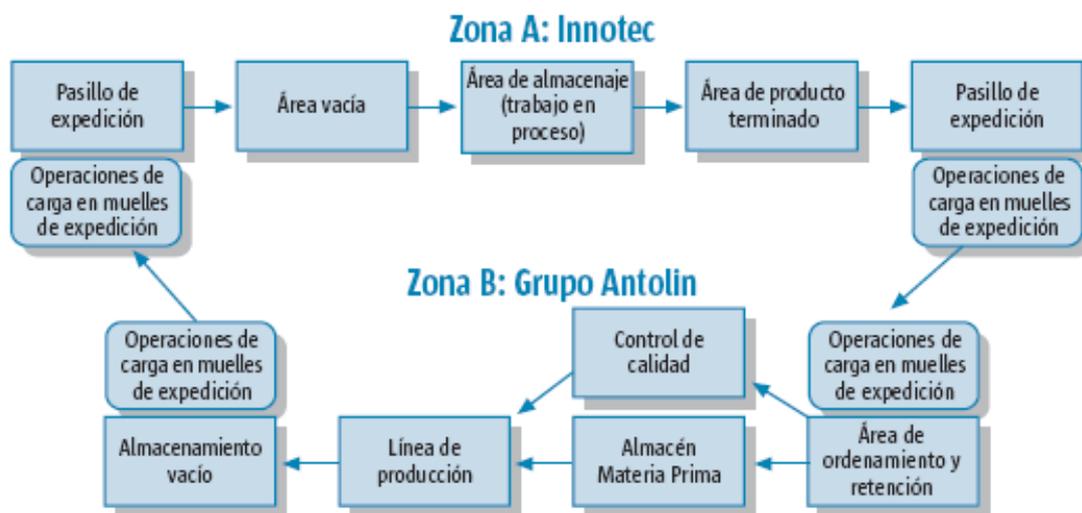


Fig. 40: Gestión de flujo de contenedores

El piloto todavía no se ha terminado y se encuentra en ejecución, por lo que todavía no es posible mostrar ningún resultado.

### 2.11.4 Conclusiones y perspectivas de futuro:

Se concluyó que la industria del automóvil tiene los siguientes desafíos:

- Dedicar más tiempo al desarrollo de estándares para los procesos y software, para que la tecnología RFID no encuentre en ellos un escollo.

- Trabajar para hacer converger los esfuerzos que en este sentido están haciendo Odette, AIAG, EPCglobal, ISO, JAMA<sup>21</sup>-JAPIA y VDA.
- Tratar de adaptar e integrar los formatos de etiquetas existentes a los sistemas de fabricación utilizados por las empresas del sector automotor.
- Crear una base de datos común donde se pueda almacenar toda la información existente al respecto.

### ***2.12 Cooperación en el sector del automóvil***

En la actualidad, Odette tiene puesto en marcha un proyecto en el que participan BMW, Toyota, Ford (líder), DaimlerChrysler, Renault, Volkswagen, Volvo, Siemens VDO y Bosch. Sus objetivos son los siguientes:

- Estudiar, evaluar y desarrollar perfiles específicos de estándares para la industria del automóvil.
- Definir una estructura común para el uso de las etiquetas de tecnología RFID para distintos los grupos de aplicaciones posibles en el sector del automóvil.
- Desarrollar sistemas que mejoren la gestión de piezas y contenedores y la gestión asociada a la distribución de vehículos.

### ***2.13 Status Quo de los estándares existentes actualmente en el sector de la automoción***

#### **En producción:**

Uso a largo plazo para el control de la producción (taller, pintura y montaje). Los beneficios de la estandarización en este caso son limitados debido a la existencia de ciclos de lazo cerrado y diferentes tecnologías.

#### **En la gestión de contenedores:**

El VDA5501 es el primer estándar de tecnología RFID para la gestión de contenedores. Los mensajes EDI deben cambiarse para transmitir un único número de serie. El beneficio es la reducción del número de contenedores en circulación así como la identificación automática de los contenedores a lo largo de todo el proceso.

---

<sup>21</sup> JAMA: Japan Automobile Manufacturers Association

### **En la distribución de vehículos:**

Todavía no existen estándares vigentes. El beneficio de la estandarización sería alto pues todos los fabricantes de automóviles utilizan los mismos sistemas de avance para la distribución de sus coches.

### **En la identificación de piezas:**

Tan solo existen estándares para la identificación de neumáticos. Es necesario evitar que los proveedores tengan que usar distintas tecnologías RFID para identificar las mismas piezas. Se pueden obtener grandes beneficios en lo que a mejora de la trazabilidad y montaje se refiere.

## **2.14 Distribución y gran consumo en otros sectores**

**Marks & Spencer**<sup>22</sup>: En 2004 extendió el uso de tags de tecnología RFID en pantalones, camisas, trajes y corbatas para hombres. Con esto se consiguió obtener información en tiempo real del consumo de productos, lo que permitió tener una mayor precisión en el control de stocks y en la política de pedidos.

**Proctor & Gamble** - Gillete: En 2003 realizó un pedido de 500 millones de tags. Fue uno de los 8 proveedores que participó con Wal-Mart en un piloto de tecnología RFID. Etiquetando en el momento de empaquetar, en Gillete pudieron reducir el coste asociado al escaneo manual de datos y reducir errores.

**Wal-Mart**: Como ya se ha comentado, comenzó a exigir a sus proveedores la utilización de la tecnología RFID, prometiéndoles que su aplicación sería beneficiosa para todos. Es importante resaltar el hecho de que una compañía como Wal-Mart apueste por la tecnología RFID, pues se trata de una empresa líder con un importante poder negociador que puede ser sin duda uno de los grandes aliados que la tecnología RFID puede encontrarse en su lucha por la integración en los sistemas logísticos y de información de las empresas.

---

<sup>22</sup> Minorista británico.

**TESCO**<sup>23</sup>: En 2004 comenzó a etiquetar sus productos no alimenticios y animó a sus proveedores a integrarse en esta iniciativa. Equiparon los muelles de carga y los puntos de distribución con los elementos necesarios para la tecnología RFID. Consiguieron un mayor control y visibilidad de la cadena de suministro y mejorar el servicio al cliente.

**Ministerio de Defensa de EEUU**: El ministerio de defensa americano y la industria armamentística de este país están demandando el uso de esta tecnología a las empresas que con ellos colaboran. No hay que perder de vista que el mundo militar ha sido pionero en muchos de los grandes avances en lo que a logística se refiere y que su poderío económico es muy importante.

**Otros**: En la actualidad su uso se ha extendido ha negocios tan distintos como farmacias o secaderos de jamones, pasando por bares y discotecas. También ha gozado de buen prestigio entre los hospitales, que en algunos casos han aportado por la tecnología RFID para controlar sus equipos médicos de alto coste.

---

<sup>23</sup> Cadena de supermercados británica líder en el sector. Controla algo más del 30% del mercado de ultramarinos en Reino Unido.

### 3. Alcance del proyecto

### 3.1 Objetivos

Como fruto de la investigación llevada a cabo en el capítulo 2, se propone a continuación un diseño que tiene como objetivo la gestión de stocks (vehículos) en una fábrica de automóviles, utilizando la tecnología RFID. Hemos observado que la tecnología es lo suficientemente madura y que existe por parte de los fabricantes un interés alto en lo que al desarrollo de aplicaciones de RFID se refiere. Cuando un vehículo termina su paso por la cadena de montaje y pintura, normalmente pasa a ser almacenado en una campa. Las campas son grandes extensiones de terreno en las que se almacenan los vehículos mientras estos esperan ser transportados a los concesionarios y a los clientes finales. La extensión de estas campas suele variar, pero en cualquier caso, como se ha mencionado, se trata de espacios amplios cuya capacidad suele superar el millar de vehículos. La siguiente imagen muestra un ejemplo, se trata de la campa de Ciempozuelos en Madrid, y sirve para hacerse una idea de lo anteriormente comentado en relación a su capacidad y a su tamaño.



**Fig. 41: Campa de automóviles de Ciempozuelos (Madrid)**

Por tanto, vamos a ver a continuación los elementos necesarios para el diseño de una aplicación RFID de gestión de stocks en una fábrica cualquiera de automóviles. Debido a la gran complejidad que entraña la gestión de un almacén de este tamaño, la tecnología RFID puede convertirse en un gran aliado para conseguir mejorar los siguientes aspectos:

- **Conocer de forma exacta y en tiempo real el stock exacto acumulado en la campa.**

- **Monitorizar, también en tiempo real y de forma automática, cualquier entrada ó salida de la campa.**
- **Eliminar los errores relacionados con fallos del sistema de información y el coste asociado a ellos.**
- **Aumentar la integración tecnológica en la cadena de suministro.**
- **Lecturas y márgenes de error: El sistema debe garantizar el 100% de las lecturas. Ese es el objetivo en lo que a precisión se refiere. El estado del arte de la tecnología a día de hoy es más que suficiente para ambicionar ese objetivo. Existen múltiples proveedores tanto del hardware como del software necesario para implementar un sistema que utilice tecnología RFID. Ese es uno de los motivos que ha originado que la calidad y precisión de los componentes haya mejorado y su coste haya disminuido.**
- **Localizar dentro de la campa la posición exacta en la que se encuentra situado cada vehículo.**
- **Antirrobo: Un almacén, taller de reparación ó campa de vehículos dotada de una antena RFID en su entrada/salida puede avisar a los usuarios si un vehículo está abandonando ese recinto sin que esté previsto.**
- **Añadir valor: Es un objetivo que engloba a todos los anteriores. Si los objetivos anteriores se consiguen, habremos añadido valor a la cadena de suministro, y por lo tanto, la inversión estará justificada y el proyecto resultará un éxito.**

### **3.2 Otras aplicaciones: Integración con proveedores y concesionarios: Aplicaciones a lo largo de toda la cadena de suministro**

Como se ha comentado, la inversión en tecnología RFID aumenta su justificación a medida que esta consigue añadir más valor. Se trata de proyectos de I+D+i en los que su busca maximizar el beneficio para tratar de transformar la cadena de suministro a nivel global en la empresa.

Si un fabricante de automóviles se decidiese a utilizar la tecnología RFID a lo largo de toda su cadena de suministro, podría encontrar aplicaciones de la tecnología más allá de la campa: el tag instalado en el vehículo, podría servir no sólo para gestionar su trazabilidad desde la fábrica hasta el concesionario, sino que además podría ir almacenado en su memoria los aspectos más elementales de los primeros meses de

la vida útil del vehículo, una vez que éste entra en funcionamiento. Además, si consiguiese que sus proveedores se integrasen en su sistema de gestión RFID, ambos podrían llevar a cabo planes de fabricación mucho más precisos, en los que los beneficios de la tecnología RFID podrían dar lugar a importantes mejoras en la productividad de la fabrica y de sus proveedores.

También se podría aprovechar el tag instalado en el vehículo para que este nos proporcione la mayor cantidad de información posible en cada momento. Pero no solo eso, sino que además, podríamos ir grabando información a lo largo de toda la vida útil del vehículo en la memoria de la etiqueta.

El tipo de información que podría recogerse en los tags, por medio de antenas RFID de lectura/escritura instaladas en los concesionarios o talleres podría ser la siguiente:

- Propietario del vehículo, domicilio... etc.
- Reparaciones, cambios de aceite, neumáticos...
- Accidentes: La tecnología RFID es útil para alertar a los fabricantes sobre posibles fallos o defectos de fabricación en sus automóviles. Es el caso del Ford Explorer. En el año 2002, 88 personas fallecieron en accidentes conduciendo vehículos Ford Explorer prácticamente nuevos. La causa de estos accidentes estaba relacionada con el sobrecalentamiento que algunos de estos vehículos producían en sus neumáticos. Este hecho fue detectado gracias a unos tags especiales de tecnología RFID dotados de sensores capaces de medir la presión y la temperatura, y grabar los datos en la etiqueta RFID correspondiente.

El motivo por el que se ha optado por una configuración más sencilla, es que la tecnología RFID tiene que ir demostrando su valía en aplicaciones a pequeña ó mediana escala. Querer implementar esta tecnología a lo largo de toda la cadena de suministro, de golpe, sería ambicioso pero muy arriesgado y costoso. Hay que comenzar desarrollando proyectos piloto con objetivos y aplicaciones muy concretas. De esa forma, la empresa se familiariza con la tecnología, comienza a manejarla, y conoce su potencial. De ahí surgirán posibles estudios a escalas más amplias.

### 3.2.1 Análisis de las principales necesidades

Actualmente el control de las entradas y salidas de las campas se realizan de forma manual. Para ello suelen utilizarse lectores de código de barras. El vehículo lleva adherido un código de barras que lo caracteriza, y el operario, mediante un lector de infrarrojos, realiza la lectura de cada uno de los códigos.

Este proceso tiene bastantes limitaciones. No procesa la información en tiempo real y además no permite conocer los errores (tales como colocación de un automóvil en la campa ó zona equivocada) a tiempo, lo que habitualmente suele traducirse en un costes innecesarios derivados de dichas ineficiencias.

Por otra parte, una vez que el vehículo ha sido situado en la campa, resulta muy útil tenerlo localizado dentro de la misma. Gracias a la tecnología RFID podremos ubicar cada vehículo dentro de la campa, por lo que cualquier operación de entrada/salida de vehículos reducirá notablemente su tiempo de ejecución. Esta aplicación de posicionamiento es especialmente interesante, ya que permite optimizar el espacio disponible en la campa y garantiza su aprovechamiento.

El margen de mejora es claro. El proceso de recogida de información tanto a la entrada como a la salida de la campa puede optimizarse, y esa optimización puede aumentar la integración tecnológica en la cadena logística.

### 3.2.2 Económicos y de reducción de costes

Dentro de los objetivos, es evidente que los económicos resultan de primordial importancia. En el capítulo 5 de este documento, se incluye un exhaustivo análisis de las bondades económicas del proyecto, y, no obstante, a continuación se detallan algunos de esos factores:

- Reducción del tiempo de operación. Menor lead time total y consiguiente mejora del servicio, lo que a largo plazo se traduce en una ventaja competitiva que traerá consigo beneficios económicos.
- Reducción de la mano de obra necesaria para gestionar la campa. Aumenta la automatización de la campa y se eliminan trabajos tediosos, de poca motivación para los empleados.

- Eliminación de errores asociados a la falta de atención de los empleados y a errores humanos en general. Esto se traduce en importantes reducciones de tiempo y coste.
- Flexibilidad a la hora de registrar movimientos ó flujos de vehículos, ya sea de la fábrica a la campa, de la campa a los transportes ó incluso de la campa a la fábrica de nuevo
- Reducción de costes: Asociada como se ha mencionado a la eliminación de errores y a la reducción de mano de obra. Además permite reducir otros costes indirectos asociados, tales como la seguridad de la campa.

### 3.2.3 De control, información y gestión

Los objetivos de control son obviamente primordiales. El sistema tiene como principal objetivo conocer la ubicación de cada vehículo en cada instante, así como registrar cualquier flujo de vehículos en tiempo real. Se desea aumentar la visibilidad y un mayor control y precisión sobre los vehículos enviados a los concesionarios. Mejorando la calidad de la información podremos ser más brillantes en la gestión y ejercer un mejor control en sobre nuestro stock. Control, información y gestión son tres conceptos relacionados por la tecnología RFID.



**Fig. 42: Información y tecnología RFID para mejorar el control y la gestión**

El control de estos vehículos a través de la tecnología RFID puede tener otras aplicaciones adicionales que añaden valor. Es el caso de los mencionados sistemas de seguridad. El sistema diseñado deberá permitir un servicio de alertas que se active sí un vehículo abandona la campa a una hora no programada.

Además, y aunque no será el caso en éste Proyecto, las conocidas cámaras de seguridad podrían ser dotadas de antenas portátiles que contribuyan a mejorar la cobertura y el control.

### 3.3 Características del sistema requerido

#### 3.3.1 Descripción del recinto de trabajo

##### 3.3.1.1 Dimensiones

Vamos a diseñar el sistema para una campa de 150 metros por 150 metros. Hablamos por tanto de un campo de trabajo de 2,25 hectáreas. Asumimos una longitud media de los vehículos de 5 metros y una anchura de 1,70. Los resultados obtenidos podrían ser extrapolables a campas de otras dimensiones similares.

Con estas dimensiones, la capacidad total de la campa, si no existiese separación entre vehículos sería de aproximadamente 2.647 vehículos. Asumiendo que la suma de la separación necesaria para los vehículos y las zonas de manipulación (entrada y salida) exigen la utilización del 15% de espacio útil, suponemos para éste Proyecto una capacidad total exacta de la campa de 2.250 vehículos.

Una vez más, suponiendo un precio medio de los automóviles de 15.000 €/unidad, nos encontramos gestionando bienes por valor de 337.500.000€. Hablamos por tanto de cantidades de dinero importantes, motivo por el cual la tecnología RFID resulta especialmente interesante.

Habitualmente, las campas se encuentran situadas entre la fábrica de automóviles y las plataformas de carga. Entre en la entrada y salida de cada uno de estos tres puntos colocaremos unas antenas lectoras de etiquetas RFID, como veremos más adelante.

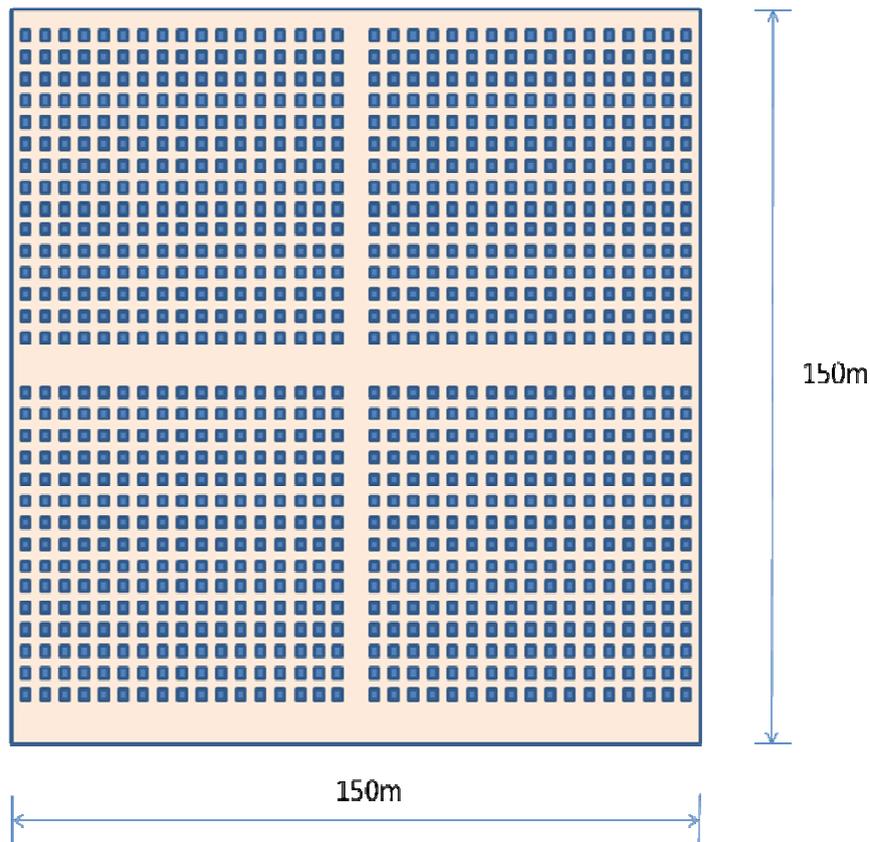


Fig. 43: Campa y dimensiones

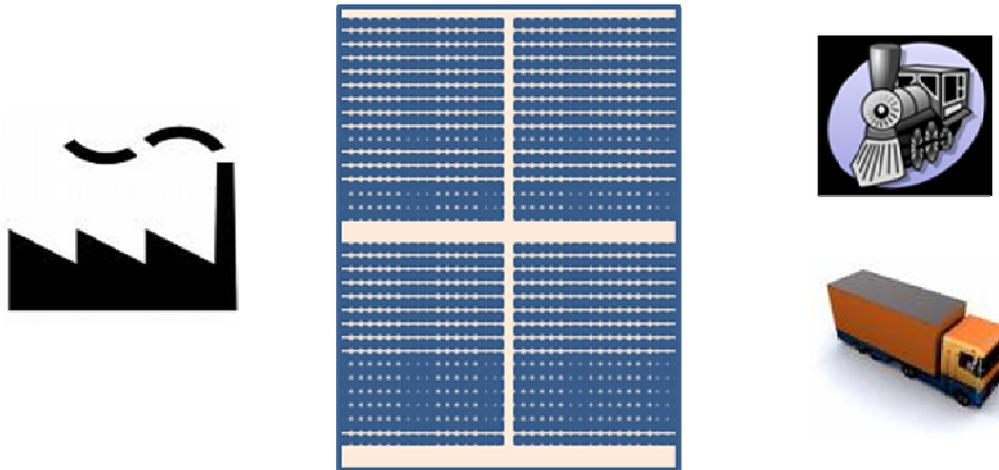
### 3.3.1.2 Estudio de la geometría del lugar

Tal y como hemos mencionado, y siempre trabajando con suposiciones basadas en casos reales, hemos elegido una cancha cuadrada. Esto nos permite realizar particiones ficticias con facilidad, ya que será fácil encontrar geometrías simétricas que nos ayuden a minimizar costes.

Existen múltiples técnicas de distribución de stocks en almacenes pero no son caso de estudio en éste Proyecto.

### 3.3.1.3 Entorno en el que se encuentra ubicado

La cancha se encontrará ubicada justo al lado de la correspondiente fábrica, como ocurre en la realidad. De hecho la cancha estará entre la fábrica y los muelles de salida, ya sean vía tren ó camión.



**Fig. 44: Posición relativa de la zona de lectura respecto de la fábrica y los medios de transporte**

Es muy importante señalar que en éste Proyecto estamos trabajando un entorno metálico. Este tipo de entornos pueden presentar algunas complicaciones a la tecnología RFID si no se selecciona el material adecuado. Este factor deberemos tenerlo en cuenta a la hora de realizar la selección de los tags, en el siguiente apartado.

Asumimos además que la humedad, temperatura y presión de trabajo a la intemperie en la zona se sitúan en unos intervalos considerados normales para el funcionamiento de las etiquetas RFID seleccionadas, esto es; entre -20°C y 50°C.

### 3.3.2 Elección de componentes tecnológicos y justificación

Los componentes seleccionados para ésta instalación son utilizados en la actualidad en aplicaciones RFID tanto en el sector de la automoción como en otros mercados, por lo que su fiabilidad está contrastada. El criterio utilizado para la elección de unos u otros se ha basado en la información que los fabricantes de componentes suministran vía web, vía correo electrónico ó vía teléfono. Existen muchos fabricantes de componentes de tecnología RFID, pero la mayoría de ellos, sólo suministran información (tanto técnica como económica) de sus productos sí se negocia una compra en firme. Esto es debido a que al ser la tecnología RFID una tecnología novedosa, todavía se teme del espionaje industrial. Por, tanto, en algunos casos resulta difícil encontrar especificaciones que nos permitan valorar la elección un producto u otro. Lo mismo ocurre con los precios, como veremos en el capítulo 4. Especialmente con los tags, cuyo precio es altamente dependiente de la cantidad de tags solicitados así como de las características de los mismos. No obstante, los

componentes seleccionados se ajustan perfectamente a las necesidades del Proyecto y además poseen certificados que acreditan su calidad.

### 3.3.2.1 Tags

El tag elegido para este Proyecto es un tag activo.

La mayor parte de los proyectos de tecnología RFID utilizan impresoras de etiquetas pasivas de UHF. Estas impresoras codifican los inlets (circuitos flexibles impresos en placas ultrafinas) con la información necesaria. Se adhieren a la superficie del producto a etiquetar por medio de un adhesivo, que normalmente incluye la misma etiqueta. Además, en la cara vista de la etiqueta, se puede imprimir el código de barras que corresponde al producto, lo cual, puede utilizarse si se desea, para utilizar ambos sistemas a la vez. Esta solución es la más económica de todas las posibles y tiene además un alto grado de eficacia. No obstante, no constituye una gran innovación, ya que en la actualidad ya se han realizado múltiples pilotos tanto en el sector de la automoción como en otros sectores, que han resultado exitosos y han probado la fiabilidad de sistemas de gestión de stocks basados en la utilización de tecnología RFID con etiquetas pasivas.

Por ese motivo, **este Proyecto pretende ser más ambicioso**. Se van a utilizar tags activos de que van a permitir al usuario localizar cada vehículo dentro de la campa. Este hecho es **especialmente importante**. El poder tener localizados los vehículos **permite aprovechar mucho mejor los espacios y saber dónde tenemos huecos. Añaden por tanto mucho valor a la aplicación. Estos tags son reutilizables**, y se retirarán de los vehículos en el momento en el que estos abandonen la zona de trabajo en dirección a los concesionarios. El precio de las etiquetas es más elevado en éste caso, pero también lo son sus aplicaciones, sus posibilidades y el valor que añaden.

Otro de los aspectos que tenemos que tener en cuenta es que los tags se encuentran situados en un entorno con un alto contenido en metales, motivo por el cuál, no todos los tags activos de tecnología RFID resultan válidos. Esto es debido a que cuando trabajamos en entornos metálicos, a altas frecuencias, se pueden producir interferencias que pueden hacer que se pierda parte de la información. Recordemos que los tags activo poseen su propia batería y que son capaces de emitir la información que tienen almacenada, y que emiten en intervalos de tiempo que se conocen con el nombre de “Blink rate” (Frecuencia de intermitencia).

Atendiendo a todos los motivos mencionados, las etiquetas activas seleccionadas para este Proyecto son las del fabricante Siemens. En concreto las etiquetas activas pertenecientes a la gama MOBY R, modelo MDS R202. Estas etiquetas están recubiertas de una robusta carcasa que garantiza su resistencia y durabilidad. Además son adecuadas para utilizarlas en entornos metálicos por lo que resultan idóneas para nuestro Proyecto. De hecho, su uso en vehículos está recomendado por Siemens.

La frecuencia de funcionamiento de éste tag está en un rango de entre 2,4GHz y 2,483 GHz, (eso les permite operar sin problemas en entornos metálicos). Su capacidad de almacenamiento de datos es de 32 bits<sup>24</sup>.

Las etiquetas Siemens MDS R202 son especialmente adecuadas para realizar seguimientos y localizaciones de automóviles en zonas de gran extensión. En el Anexo se incluye su hoja de características, pero no obstante, hay que mencionar que cuando trabajan en el exterior, como es el caso de nuestra campa, estas etiquetas tienen una distancia de localización de 300 metros con un error de +/- 3 metros. Esto las convierte una vez más en perfectas para nuestro caso. Su rango de lectura es de 1000 metros. Su frecuencia de intermitencia es ajustable y va desde los 5 segundos hasta las nueve horas. Frecuencias de intermitencia pequeñas, se utilizan para localizar objetos en movimiento en tiempo real. Como es de esperar, éstas frecuencias consumen más batería que las frecuencias bajas, que se utilizan para localizar objetos en movimiento a baja velocidad. La etiqueta también ofrece la posibilidad de desactivar la frecuencia de intermitencia si se desea. En nuestro caso no la desactivaremos, y fijaremos un periodo de intermitencia de 15 minutos, ya que los automóviles normalmente estarán estáticos dentro de la campa. De esa forma, cada día se realizan 96 barridos (en intervalos de 15 minutos) que nos darán la ubicación exacta de cada vehículo dentro de la campa. No obstante, estos períodos son ajustables y podrían ser modificados si se considerase necesario.

La vida útil de la pila, es, como hemos mencionado, altamente dependiente de la frecuencia de intermitencia. Como dato para hacer valoraciones, basta decir que con una frecuencia de intermitencia de 6 minutos la vida útil de la batería sería de 7 años, por tanto resulta un periodo de tiempo más que aceptable.

---

<sup>24</sup> Hoja de características: Ver Anexo

Estas etiquetas funcionan conforme con las normas ISO 14443, ISO 15693, ISO 18000-2, ISO 18000-4 así como EPCglobal e ISO/IEC 18000-6. Como hemos observado en los casos del capítulo 2, los fabricantes de automóviles en unas ocasiones se decantan por la utilización de EPC global Gen 2 y en otras por la ISO 18000-6. En nuestro caso, a la hora de implementar el sistema, podremos elegir, de acuerdo con las preferencias del fabricante de automóviles, el estándar que más le satisfaga.



**Fig. 45: Etiqueta Siemens MDS R202**

La etiqueta presenta la forma y tamaño que vemos en la Fig. 45. En la parte izquierda de la imagen vemos que la etiqueta se puede adquirir con un soporte que resulta ideal para colgarla en el espejo retrovisor del automóvil. De hecho, Siemens fabrica éste tipo de monturas con este propósito.

En éste momento es necesario hacer hincapié en el problema que supone para las etiquetas pasivas enfrentarse a entornos a la intemperie. Tal y como se apuntó en el capítulo 1, la lluvia, la nieve, la humedad y la condensación son enemigos importante para una etiqueta RFID pasiva que va adherida al cristal de un vehículo. En nuestro caso, los factores climatológicos no serán un problema y la fiabilidad de nuestro sistema no se verá perjudicada por ellos.

La Fig. 46 ilustra el filosofía del funcionamiento de nuestro sistema.

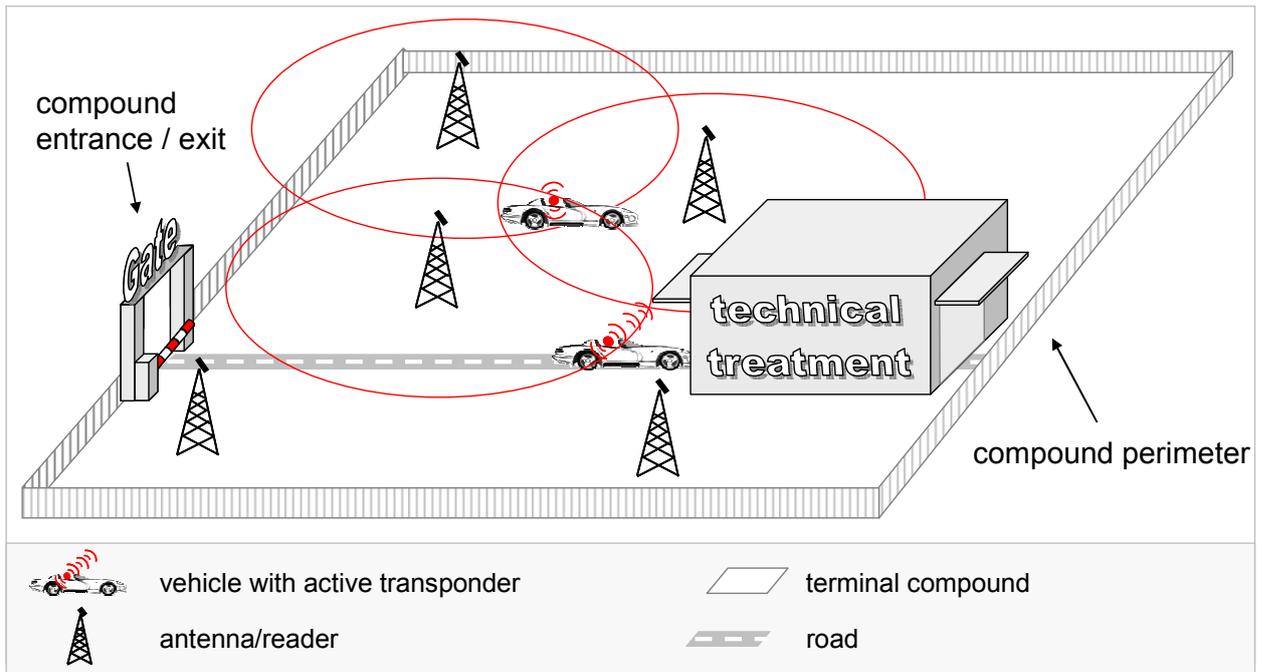


Fig. 46: Gestión de vehículos utilizando tags activos de tecnología RFID con aplicaciones de localización

### 3.3.2.1.1 Configuración de los tags

Para configurar la etiqueta MDS R202<sup>25</sup> se necesita un terminal de mano del fabricante Siemens modelo STG R. Con este dispositivo podremos grabar en las etiquetas la información que deseemos. El dispositivo permite grabar datos en múltiples etiquetas al mismo tiempo. Simplemente tenemos que conectarlo con el PC que gestiona el sistema e introducir los datos. Adquiriremos 1 terminal de mano en un primer momento.



Fig. 47: Terminal de mano Siemens STG R

### 3.3.2.2 Antenas y ubicación de las mismas

<sup>25</sup> Hoja de características: Ver anexo

### 3.3.2.2.1 Pórticos para registro de entradas y salidas

Se ha elegido un pórtico para realizar las lecturas de los puntos de control (checkpoints<sup>26</sup>). Como se explico en el capítulo 1, son dispositivos de lectura fijos, los cuales se instalan en el punto de trabajo deseado para que los materiales (etiquetados) en movimiento puedan ser detectados.

El portal elegido es el del fabricante Symbol, empresa que en la actualidad pertenece a Motorola. Se trata del portal Symbol DC600<sup>27</sup>, que se muestra en la siguiente imagen:



Fig. 48: Symbol DC600

Este portal es perfectamente compatible con las etiquetas seleccionadas. Para las dimensiones de la campa de trabajo, se considera adecuada la instalación de un solo pórtico de tecnología RFID en cada punto de control (checkpoints). Uno de ellos situado entre la fábrica y la campa (P1), otro entre la campa y la zona de carga (P2), y por último, uno a la salida de la zona de carga (P3). En la siguiente figura se muestra el esquema:

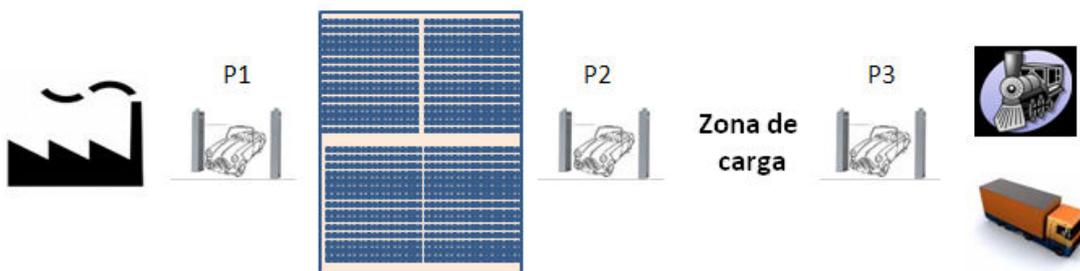


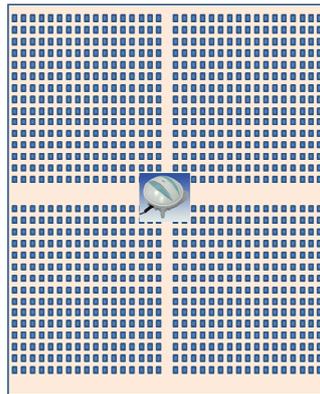
Fig. 49: Esquema final

<sup>26</sup> Checkpoints: Entradas y salidas de la campa en las que situaremos pórticos de tecnología RFID

<sup>27</sup> Hoja de características: Ver anexo

### 3.3.2.2 Antena para la posicionamiento de los vehículos dentro de la campa

Además de los portales, los cuales se encargarán de registrar entradas y salidas de vehículos, deberemos instalar en la campa una antena que nos sirva para localizar a los vehículos dentro de la misma. Dadas las dimensiones de nuestra campa, será suficiente con instalar una antena en el punto  $(x,y) = (75m,75m)$ , es decir, en el centro geométrico de nuestra campa cuadrada.



**Fig. 50: Ubicación de la antena de posicionamiento en la cancha**

Es posible que con esta misma antena pudiésemos registrar la entrada y salida de vehículos, pero debido a que queremos procesar información en tres checkpoints, es más seguro colocar los pórticos y además la antena. La antena seleccionada también pertenece al fabricante Siemens. El modelo es TRIG R201<sup>28</sup> (Fig. 51) y la deberá ser instalada en un pilón.



**Fig. 51: Antena Siemens TRIG R201**

<sup>28</sup> Hoja de características: Ver Anexo

Al penetrar en el campo de un TRIG R201, el MDS R202 inicia una intermitencia rápida pre programada y típica. Tanto los tags, como el lector de mano y ésta antena se compran a Siemens ya que tienen interdependencia entre ellos. Pertenecen a la gama de productos denominada Siemens Moby R.

### 3.3.2.3 Sistema operativo ó software

Como se comentó en el capítulo 1, es sistema operativo seleccionado es el que desarrolla Sun Microsystems: Sun Java System RFID Software 3.0. En éste capítulo ya se apuntaban varias razones. Se trata de un software fiable con experiencia en el mundo de la tecnología RFID, que ha funcionado adecuadamente. Esta diseñado para gestionar grandes cantidades de etiquetas.

Uno de los aspectos que resulta más atractivo es que es completamente integrable con casi cualquier aplicación informática de la fábrica, por ejemplo, SAP. Es obvio que esto supone una ventaja muy importante.

Hay otros proveedores de software, capaces de ofrecer soluciones “taylor made”, pero mucho menos potentes, ya que no suelen ofrecer opciones de integración tan completas como la anteriormente mencionada, y además, al ser a medida, pueden elevar su coste, poniendo en peligro la rentabilidad del Proyecto.

Con esto ya tenemos todo el material necesario para la instalación. Todos los elementos disponibles en el mercado para aplicaciones RFID son compatibles entre sí. Del mismo modo que una televisión de una marca puede funcionar con un reproductor de DVD de una marca distinta, un portal RFID de un fabricante puede realizar lecturas de tag producidos por otro fabricante y enviar la información al software desarrollado por un tercero, sin que aparezcan problemas de compatibilidad (los protocolos de comunicación son los mismos). Además, los elementos seleccionados serán instalados por los fabricantes y puestos en funcionamiento en la zona de trabajo.

## 3.4 Convivencia de la Tecnología RFID con otras tecnologías presentes en la fábrica

Cada MDS tiene su propio número de identificación de 32 bits que se transmite con cada intermitencia. El nº ID también está impreso como código de 128 barras en el portador de datos. El código de barras permite una integración perfecta en sistemas existentes, con el consiguiente ahorro. De esta forma se posibilita la dualidad de

sistemas, lo cual resulta beneficioso para aumentar el control y también para comparar los resultados obtenidos.

Acerca de las posibles interferencias que pudieran surgir con otros sistemas o redes presentes en la fábrica, hay que decir que no deberían de existir problemas. Los tags seleccionados son capaces de trabajar en entornos “hostiles” para esta tecnología y han sido probados con éxito por sus fabricantes.

Como el tag será colocado en el vehículo a la finalización de su proceso de fabricación, no habrá problemas de interacción con elementos y máquinas que existan dentro de la fábrica, ya que éstos no verán ningún elemento de nuestro sistema RFID.

### 3.5 Formación de los operarios

- Programación de las etiquetas: Por regla general todos los sistemas MOBY R deben ser configurados por A&D PT (Automation & Drivers Partners es una empresa satélite de Siemens) u otro personal cualificado y autorizado por Siemens. Para programar las etiquetas utilizaremos el terminal de mano. Los empleados de la empresa Siemens ilustrarán a los ingenieros de zona acerca del uso de este dispositivo.
- Colocación de las etiquetas: Antes de ser colocadas en los automóviles las etiquetas deberán de haber sido programadas con el dispositivo de mano. Esta labor deberán llevarla a cabo los operarios del último puesto de trabajo de la línea de trabajo. La formación necesaria de estos operarios es prácticamente nula para esta tarea. Su labor consiste en colgar las etiquetas en el espejo retrovisor de los vehículos. Una vez que el vehículo vaya a abandonar la “zona RFID” para ser transportado al concesionario, un operario de la zona de carga retirará el tag y lo colocará en un cajón, que será devuelto a la zona de programación de etiquetas y de ahí de nuevo a otro vehículo.

#### Flujo de etiquetas:

Contenedor → Vehículo → Campa → Zona de carga → Contenedor

- Antenas Symbol: Serán instaladas por el fabricante e integradas en el sistema RFID con las etiquetas Siemens. Una vez puestas en funcionamiento, los ingenieros de zona serán instruidos en su funcionamiento.

- Software: La formación referente al software deberá ser dirigida a los responsables de logística e informática de la fábrica. Deberán aprender a interpretar los datos arrojados por el software y como funciona su integración con el resto de sistemas de la empresa.

Como se ha mencionado con anterioridad, la integración de sistemas operativos es a realizar por Sun Microsystems, y su coste así como la formación necesaria para quienes vayan a ser los usuarios del sistema, está incluida en el importe a la hora de adquirir el paquete.

- Otros aprendizajes: A nivel general, se recomienda una conferencia explicativa para todos aquellos operarios que trabajen en la misma zona en la que lo vaya a hacer el sistema RFID. El objetivo de la misma debe ser que los asistentes conozcan las bondades del nuevo sistema y se familiaricen con su funcionamiento y su arquitectura.

Las experiencias RFID llevadas a cabo hasta la fecha, no han registrado problemas de integración de la tecnología ni problemas de aceptación por parte de los afectados por su implantación. La tecnología RFID es percibida por los trabajadores como una oportunidad de mejora, y no como una amenaza, lo cual ha facilitado enormemente su integración en distintos ámbitos.

## 4. Análisis coste/beneficio

## 4.1 Inversión necesaria

En este capítulo vamos a tratar con el aspecto más crítico de la tecnología RFID: El coste. Vamos a ir desglosando el precio de cada uno de los componentes a utilizar, y también tendremos en cuenta otros costes asociados al proyecto, como por ejemplo la formación del personal y otros costes asociados al cambio de tecnología. Por último, analizaremos el Proyecto en términos de retorno de la inversión.

Como comentario previo, es importante mencionar que la mayoría de los precios de los equipos utilizados no son públicos. Para conseguir precios, el cliente debe ponerse en contacto con el fabricante, exponerle su proyecto, y explicarle que necesita de él. El fabricante, tras haber estudiado la propuesta, hará una oferta, que irá en función de la envergadura del proyecto. Como es de esperar, a mayor envergadura, menor coste unitario de los tags y de los todos los elementos en general.

Como este es un proyecto de investigación científica, ha sido difícil poder conseguir información acerca de los productos para poder compararlos entre ellos en términos económicos. Los fabricantes se muestran reacios a dar información sobre precios, y en muchos casos también sobre especificaciones técnicas. No obstante, se ha podido conseguir información de todos los elementos utilizados en nuestra instalación.

### 4.1.1 Materiales

Vamos a analizar a continuación la inversión necesaria en materiales. Es el coste fijo del inicial del Proyecto.

#### 4.1.1.1 **Tags: Siemens MBS R202**

El precio unitario de cada uno de los tags Siemens MBS R202 es de 86€. Como vimos en el capítulo 3, estamos trabajando en una campa con capacidad para 2250 vehículos. Es posible conseguir una rebaja del precio de compra si se negocia con el fabricante, ya que hablamos de más de 2000 tags, lo que supone un pedido de un calibre suficiente como para poder negociar un precio más ventajoso.

Hipótesis de trabajo: Descuento de un 7% en cada tag si compramos más de 2000, con un contrato de mantenimiento de los tags a 5 años.

Precio total del tag después del descuento: **79,98€/tag**.

Vida útil: Más de 7 años (por supuesto son reutilizables)

Número de tags comprados: **2300** (2250 necesarios + 50 para sustituciones y otras aplicaciones)

Inversión en tags:  $79,98€/tag \times 2300 \text{ tags} = \mathbf{183.954€}$

#### **4.1.1.2 Terminal de mano Siemens STG R2**

El precio unitario de cada terminal de mano es de **5.305€**. Cada uno de estos terminales puede grabar varias etiquetas a la vez.

#### **4.1.1.3 Antena de posicionamiento Siemens TRIG R201**

Esta antena tiene un coste de **1.017€**.

#### **4.1.1.4 Pórtico Symbol DC600**

Precio unitario de cada uno de los pórticos: 4.199\$. Asumiendo que  $1€ = 1,26\$$ , el precio en Euros es 3.332,5€.

Precio total de los tres portales: **9.998€**.

#### **4.1.1.5 Sun Java System RFID software 3.0**

En este caso compramos una licencia con un contrato de mantenimiento. En el año de lanzamiento de este software, su utilización era gratuita. De esa forma, Sun animaba a sus usuarios a utilizar el software para que encontrasen defectos y posibilidades de mejora. En la actualidad el software no es libre. Asumiremos que el precio de la licencia necesaria para su utilización es de **4.000€**.

#### 4.1.1.6 Formación de operarios e instalación

Todos los precios que se muestran a continuación incluyen instalación y formación de los usuarios. Incluiremos otros costes en el apartado 4.1.2 asociados al cambio de tecnología.

Inversión total a realizar en materiales y software:

Elemento	Precio Unitario (€)	Unidades	Precio Total (€)
Tags Siemens MBS R202	79,98	2300	183.954
Terminal de mano Siemens STG R2	5.305	1	5.305
Antena de posicionamiento Siemens TRIG R201	1.017	1	1.017
Pórtico Symbol DC600	3.332,5	3	9.998
Licencia Sun Java System RFID software 3.0 + Integración de sistemas	4.000	1	4.000
<b>Total inversion (€)</b>			<b>204.274</b>

Tabla 5: inversión total a realizar

#### 4.1.2 Otros costes asociados al cambio de la Tecnología

Dentro de este apartado vamos a detallar otro tipo de costes asociados a la instalación de nuestro sistema de gestión de vehículos basado en tecnología RFID.

##### 4.1.2.1 Mantenimiento

Se trata de un coste necesario para cualquier instalación tecnológica. En el caso de las etiquetas hemos contratado un servicio de mantenimiento a 5 años, cuyo importe total es de 5.000€ (1.000€ al año).

Para el terminal de mano y la antena de posicionamiento, el coste de mantenimiento es de otros 1.000€ al año respectivamente.

Los 3 pórticos 2.000€ de mantenimiento al año, con sustitución de piezas si fuera necesario.

La siguiente tabla muestra la todo los costes anuales.

Mantenimiento de:	Coste anual (€)
<b>Tags Siemens MBS R202</b>	1.000
<b>Terminal de mano Siemens STG R2</b>	1.000
<b>Antena de posicionamiento Siemens TRIG R201</b>	1.000
<b>Pórtico Symbol DC600 (x3)</b>	2.000
<b>Total Costes (€)</b>	<b>5.000</b>

Tabla 6: Otros costes

#### 4.1.2.2 Otros: Costes de integración de software

Los costes de integración del software con los sistemas de gestión vigentes en la empresa se fijan en 25.000€.

## 4.2 Subvenciones

Existen distintos organismos susceptibles de subvencionar proyectos de I+D+i relacionados con la tecnología RFID. A continuación se detallan:

Comisión Europea: El pasado 16 de mayo de 2009 se publicó por parte de la Comisión Europea la *Recomendación de la Comisión de 12 de mayo de 2009 sobre la aplicación de los principios relativos a la protección de datos y la intimidad en las aplicaciones basadas en la identificación por radiofrecuencia*. Existen múltiples aplicaciones de la tecnología RFID que resultan especialmente atractivas para los gobiernos. Hablamos

de la gestión de los envíos por correo, documentos de identidad, pasaportes, gestión de equipajes, peajes, atención sanitaria, comercio público ó logística. La Unión Europea exige garantías a los países miembros de que todas las aplicaciones RFID existentes en sus territorios respeten la intimidad de las personas y no sean utilizadas perniciosamente.

No obstante, la Unión Europea subvenciona en la actualidad más de 40 proyectos piloto relacionados con la tecnología RFID. Debido a la envergadura de este Proyecto, sería posible solicitar una subvención que ayudase a los fabricantes de automóviles a dar el paso definitivo en pilotos RFID.

Ministerio de Ciencia e Innovación: Del mismo modo, es posible solicitar subvenciones en el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España.

Comunidades autónomas (C.A.M): En función de la posición geográfica dentro de España, algunos gobiernos autonómicos apadrinan iniciativas relacionadas con la tecnología RFID.

En ningún caso debemos esperar que el valor total de estas subvenciones pueda asumir el costo total del proyecto. Es difícil hacer una estimación sobre la cantidad que es posible obtener. Es función de muchos factores variables: coyuntura económica, magnitud del proyecto ó calidad de la propuesta.

### **4.3 Retorno de la inversión**

Vamos a calcular el retorno de la inversión en así como el umbral de rentabilidad para conocer mejor la repercusión de nuestro Proyecto y saber qué podemos esperar de él en términos económicos.

Lo primero que necesitamos saber para hacer esto es que ahorro en costes va a suponer nuestro sistema:

#### 4.3.1 Reducción de costes asociada a la reducción de la mano de obra

Se estima que con este sistema podríamos eliminar hasta 10.000 horas al año de mano de obra. Esta reducción sería debida a la rapidez con la que los Pórticos (checkpoints) procesan los movimientos y también al hecho de poder tener localizados todos los vehículos dentro de la campa.

Sí, siendo conservadores, consideramos el coste de cada una de esas horas 10€, nos encontramos con un ahorro total de 100.000€ al año.

Estas estimaciones han sido contrastadas con algunos fabricantes, y también con algunas asociaciones como la VDA.

#### 4.3.2 Reducción de costes asociada a la reducción de errores

Los costes asociados a errores son difíciles de estimar, ya el usuario nunca espera que se produzcan errores. Además, de producirse, pueden tener repercusiones de coste muy variables. Por eso, la cantidad estimada pretende estar entre los 25.000€ y los 30.000 en 5 años (5.000/6.000€ al año), aunque como se ha comentado, resulta difícil conocer este dato con la precisión de otros. Debido a esto, lo consideraremos un intangible y no le daremos ningún valor concreto para calcular el retorno de la inversión.

#### 4.3.3 Reducción de costes asociados a la integración tecnológica

Gracias a la integración de los sistemas de información de la fábrica de automóviles y al aumento de control que ésta lleva implícito, podemos conseguir optimizar nuestros procesos de gestión y ser más eficientes. Una vez más nos encontramos con la imposibilidad de conocer de forma exacta la cantidad de dinero que esto puede suponer, de modo que de nuevo tendremos que considerarlo un intangible. La horquilla en este caso podría estar entre los 10.000/15.000€ en 5 años (2.000/3.000€ al año).

#### 4.3.4 Tabla resumen

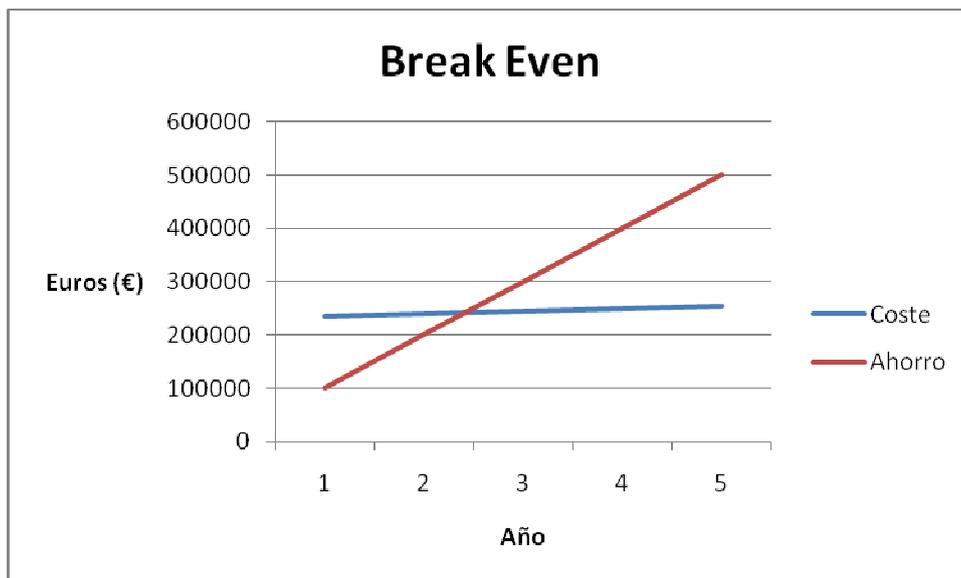
	Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costes (€)	Inversión Inicial	204.274	0	0	0	0	0
	Integración del software	25.000	0	0	0	0	0
	Mantenimiento		5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
	Total	229.274	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
	Total Acumulado	<b>229.274</b>	<b>234.274</b>	<b>239.274</b>	<b>244.274</b>	<b>249.274</b>	<b>254.274</b>
Ahorro (€)	Mano de obra	0	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
	Reducción de errores	0	-	-	-	-	-
	Integración tecnológica	0	-	-	-	-	-
	Total	0	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
	Total Acumulado	<b>0</b>	<b>100.000</b>	<b>200.000</b>	<b>300.000</b>	<b>400.000</b>	<b>500.000</b>
<b>Ajuste de ingresos netos</b>	-229.274	95.000	95.000	95.000	95.000	95.000	
<b>Ajuste de ingresos netos Acumulados</b>	<b>-229.274</b>	<b>-134.274</b>	<b>-39.274</b>	<b>55.726</b>	<b>150.726</b>	<b>245.726</b>	

Calculamos a continuación el umbral de rentabilidad o break even utilizando la conocida fórmula:

Margen de contribución = (Ahorro anual – coste anual) = **95.000€/año**

Umbral = Coste fijo inicial total / Margen de contribución = **2,41 años = 2 años y 5 meses.**

Es decir, dos años y cinco meses después de la implantación del sistema de gestión de vehículos terminados mediante tecnología RFID, habremos recuperado la inversión y empezaremos a ahorrar costes, por lo que la productividad de la fábrica aumentará anualmente. Veámoslo en el siguiente gráfico (Fig. 52):



**Fig. 52: Gráfico ilustrativo de la evolución de los costes y los ingresos (ahorros) del Proyecto**

Este umbral de contribución resulta más que aceptable para un proyecto de I+D+i. Además, recordar que no hemos tenido en cuenta el ahorro de costes asociado a la reducción de errores y a la integración tecnológica, lo que podría haber reducido éste retorno de la inversión en aproximadamente dos meses.

## 5 . Conclusiones

### 5.1 Viabilidad económica

Para valorar el impacto económico del Proyecto, y atendiendo a lo que supone para una fábrica de automóviles, en términos relativos, esta inversión, recordemos, que los stocks (vehículos) que vamos a gestionar, tienen un valor medio de 15.000€, y que hablamos de 2.250 unidades. Es decir, estamos gestionando stocks por valor de 337.500.000€. La inversión inicial necesaria para poner el marcha el proyecto es de 229.274€. Por tanto, esta inversión representa el 0,0679% del valor del stock que controlamos.

A la vista de los datos arrojados por el estudio realizado en el capítulo anterior, en el que recordamos que obtuvimos un umbral de rentabilidad que se alcanzaba a los 2 años y 3 meses, **la viabilidad económica está garantizada.**

### 5.2 Mejora en la calidad de la información obtenida

Con el sistema de gestión de stocks diseñado, la empresa consigue dar un salto de gigante en lo que a calidad de la información se refiere. El usuario gozará de información en tiempo real que le permitirá planificar su producción y su logística de forma mucho más eficiente, lo cual resulta siempre necesario, pero aún más, si cabe, cuando hablamos de fabricantes de automóviles.

### 5.3 Importancia de aplicación a lo largo de toda la cadena: reducción de costes y aumento de eficiencia

Los beneficios y ventajas obtenidos de la implementación de sistema RFID de gestión de vehículos terminados deberían hacer reflexionar a los fabricantes sobre las potencialidades de esta tecnología sí se aplica a lo largo de toda la cadena de suministro, desde proveedores

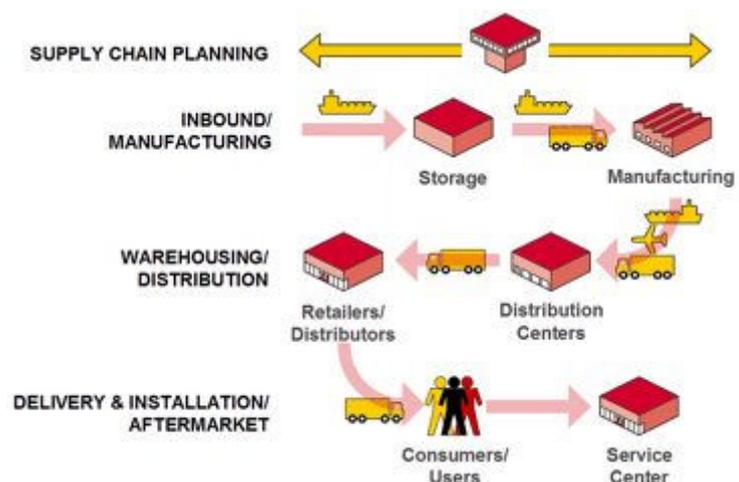


Fig. 53: Cadena de distribución estándar

de materias primas hasta usuarios finales de los vehículos.

La tecnología RFID multiplica sus bondades a medida que su integración es mayor dentro de la fábrica. Nos ayuda a saber con exactitud que ocurre en cada momento en la fábrica, que flujos de movimiento de piezas existen y que stocks tenemos. Además, tal y como ocurre en nuestro Proyecto, los software que gestionan la información obtenida de los tags son capaces de integrarse con el resto de los sistemas de información presentes en la empresa, por lo que resultan aún más útiles. El hecho de que un middleware de RFID comparta información con el ERP convierte la gestión de stocks en una tarea mucho más fácil y menos peligrosa, ya que la información obtenida será muy fiable.

#### **5.4 Hándicaps para la aplicación**

Los hándicaps para nuestra aplicación son los de la tecnología RFID a nivel general:

- Los proyectos pilotos basados en tecnología RFID son positivos, pero deben empezar a crecer en número, y no sólo eso, sino que también deben cristalizar en proyectos de implantación de tecnología RFID a largo plazo.
- A pesar de que los beneficios son claros, podrían serlo aún más en el momento en que la tecnología RFID se implante a nivel general en los mercados, ya que su coste disminuirá y la justificación de la inversión será aún más fácil.
- La problemática surgida hace años en relación con la regulación de la tecnología RFID parece estar siendo solucionada. Los estándares EPC Global Gen2 e ISO 18000-6 son compatibles entre sí y resulta posible realizar proyectos de tecnología RFID con presencia en distintos países sin que eso suponga un problema.

A nivel particular, éste Proyecto debería salvar los siguientes obstáculos:

- Integración en la empresa a nivel de sistemas.
- Aceptación por parte de los usuarios y/o afectados.
- Integración de todos los componentes entre sí.

La tecnología RFID ha alcanzado una madurez suficiente como para liderar la logística del presente y del futuro con grandes resultados.

# 6 . Anexo: Especificaciones técnicas

## Portadores de datos (MDS)

### MDS R202



#### MDS R 202

##### Funciones

Distancia de localización típica en edificios	100 m
Distancia de localización típica en el exterior	300 m
Distancia de lectura típica en edificios	200 m
Distancia de lectura típica en el exterior	1.000 m
Frecuencia de intermitencia configurable por el usuario	5 s a 9 h
Ciclos de lectura	ilimitado
Capacidad de memoria	código fijo de 32 bits
Código de barras	128 código de barras con n° de código fijo
TRIG R 201 – Activación	máx. 6 m
Detección del sentido	sí, con TRIG R 201
Datos eléctricos	
Rango de frecuencia	2,4 ... 2,483 GHz
Fuente de corriente	pila de litio, tionilo, cloruro, tamaño "AA"
Pila de recambio	no
Vida útil típica de las pilas	7 años (según las condiciones de uso)
Condiciones ambientales/características físicas	
Rango de temperatura de empleo	- 25 ... + 65 °C
Rango de temperatura en almacenamiento	- 40 ... + 70 °C
Grado de protección	IP67

Carcasa:

- Color antracita
- Material ABS
- Dimensiones (L x An x Al) en mm 105 x 44 x 21

Peso	53 g
MTBF (a 20 °C)	300 000 h
Choque (MIL-STD-810 D)	5 g <sub>rms</sub>
Vibración (MIL-STD-810 D)	40 g
Caída libre (MIL-STD-810 D)	1,2 m
Fijación/opciones de soporte	Anillas de fijación para tornillos/remaches 2 anillas de fijación integradas bridas etc. soporte de espejo retrovisor para vehículos
Homologaciones	FCC Parte 15 clase B EN 55022 clase B EN55024 TÜV GS según EN 60950 Directiva CEM 89/336/CEE

## Terminal de mano portátil

### STG R



#### Terminal de mano portátil STG R

Pantalla	Pantalla de 3,8", en color o monocroma (aplicación MOBY R sólo en monocromo)  240 x 320 píxeles  65536 colores
Teclado	55 teclas
Escáner de código de barras	Escáner láser 1D o 2D-Imager con escaneado omnidireccional de códigos de barras 1D y 2D; captura de imágenes;
Sistema operativo	Microsoft Windows Mobile 5.0
Procesador	Procesador Intel XScale Bulverde PXA270 a 624 MHz
Memoria	Windows Mobile – 64 MB de RAM, 128 MB de ROM
Interfaces	<ul style="list-style-type: none"> <li>• puerto serie COM1; RS232</li> <li>• Interfaz de radiotransmisión 2,4 GHz para la comunicación con las SLGs MOBY R; alcance máx. 300 m</li> <li>• WLAN: 802.11a/b/g (802.11a no disponible en Tailandia)</li> <li>• Bluetooth, versión 1.2</li> </ul>
Alimentación	Batería recargable de iones de litio, 7,4 V 2200 mA
Consumo	Sin especificar
Temperatura de empleo	-20 ... +50 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 ... +70 °C
Humedad ambiental	5 ... 95 % (sin condensación)
Largo x ancho superior (incl. antena)	23,1 cm x 9,1 cm

Ancho en el punto de contacto de las manos x alto	70 mm x 230 mm
Peso	709 g
Caja (grado de protección)	IP64
Máx. altura de caída sobre hormigón	1,8 m (por encima del rango de temperatura de empleo)
Homologaciones	
• Versiones de radio EMI /RFI	FCC Part2 (SAR); FCC, parte 15, clase B; RSS210; EN 300 328 y EN 301 487, EN 55022, EN 55024
• Seguridad eléctrica	UL 60950-1, CSA C22.2 No. 60950-1, EN60950-1, IEC 60950
• Seguridad láser	IEC Class2/FDA Class II en combinación con IEC60825-1/EN60825-1, C-Tick, CE

### **Módulo de antena MOBY R STG R2**

Tamaño	10,7 cm x 6,6 cm x 2,6 cm
Interfaz aérea	ISO 24730 RTLS (2,45 GHz)
Interfaces del equipo	Serie
Homologaciones	FCC, parte 15, clase B; FCC, parte 15.247; FCC, parte 15.209; IC RSS210

## Estaciones de escritura/lectura

### TRIG R201



#### TRIG R 201

Campo activo (Capture)	promedio hasta máximo
Nivel 8 (alto)	3,7 ... 7,6 m
Nivel 7	3,0 ... 5,8 m
Nivel 6	2,4 ... 4,3 m
Nivel 5	1,8 ... 3,4 m
Nivel 4	1,2 ... 2,4 m
Nivel 3	0,9 ... 1,8 m
Nivel 2	0,6 ... 1,2 m
Nivel 1 (bajo)	0,3 ... 0,8 m
Datos eléctricos	
Alimentación	24 V AC ó 36 V DC
Pérdidas, máx.	4,2 W
Intensidad de empleo, máx.	250 mA
Interfaz	RS232C
Protocolo	8 bits de datos, 1 bit de parada, sin paridad, 19,2 kbits/s
Conector	Conector redondo de 12 pines
Valores límite, intensidad de campo	125 A/m en la carcasa (ANSI/IEEE C 95.1) 51,5 dB $\mu$ A/m a 10 m (ETSI)
Límite de propagación	18,9 $\mu$ V/m a 300 m (FCC)
Condiciones ambientales / características físicas / homologaciones	
Temperatura de empleo	-30 ... +60 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 ... +70 °C
Humedad ambiental	0 ... 100 % (sin condensación)
Diámetro	22,9 cm
Profundidad	12,7 cm
Peso	1 kg
Grado de protección	IP65
Material de la carcasa	Poliéster apto para alimentos, material compuesto
Fijación / opciones de soporte	Estribo (incl. en el suministro) para fijación a techo y pared

## **TRIG R 201**

### Homologaciones oficiales

- FCC Parte 15 clase B
- EN 55022 clase B
- EN55024
- TÜV GS según EN 60950
- Directiva CEM 89/336/CEE

# DC600 RFID Portal System

## RFID READER SYSTEMS

### Quickly implement RFID technology at key transit points

Symbol's DC600 is a compact, packaged radio frequency identification (RFID) portal system designed to enable the rapid deployment of proven and reliable RFID technology at your dock doors and doorways. It lets you capture bulk data from a large number of tagged items as they quickly pass by. With the DC600 in place, you'll be able to track RFID-tagged assets, products and cargo as they enter and leave your facilities and storage areas and move throughout your supply chain.

### Benefit from a proven, turnkey portal system

The DC600 offers a light footprint, flexible installation and multiple configuration options, allowing you to use it in a number of environments. The pre-assembled, tuned and tested system lets you deploy your RFID portal quickly, enabling you to execute standard, repeatable installations that reduce deployment costs and your total cost of ownership.

The DC600 provides all the components you need to quickly establish read zones at doorways, including a powerful RFID reader, high-performance antenna, integrated electronics module and cabling, all consolidated in a durable housing designed to simplify installation, reduce maintenance costs and improve reliability. With three models to choose from, you're able to find the right one for your environment — select the dual configuration for use between entryways, the single option for individual entryways or for deployment as an end unit, or the slim configuration for flush-wall mounting.

### Track and manage assets as they move through your supply chain

A scalable system designed to support a number of your enterprise needs, the DC600 delivers increased asset visibility and reduced supply chain shrinkage when tracking inventory in motion. Use the RFID portal to capture information about your products as they enter and leave your warehouse, distribution center, retail store, airport or any other transit area. Transmit this data to warehousing and inventory management applications for real-time inventory status. Or integrate it with your point-of-sale (POS) systems to track low-stock items and efficiently direct high-value, shorter shelf-life or promotional items.

### Accurately capture and transmit tag data

With the DC600 in place, you'll be able to capture all RFID tag information passing through your read zones. It offers next-generation, multi-protocol RFID reader technology to provide simultaneous support for both Generation (Gen) 2 and all classes of Gen 1. In addition, the portal includes Symbol's next-generation RFID reader to ensure accurate data capture and long read ranges even in large-scale, dense-reader environments.



#### FEATURES

#### BENEFITS

##### Turnkey, ready-to use system

Provides quick and easy installation in a plug-and-play package to reduce deployment costs and lower total cost of ownership

##### Incorporated second-generation, multi-protocol RFID reader

Delivers high-performance RFID data capture and communication capabilities and future-proofs your investment

##### Light footprint and slim-frame configuration

Enables deployment in store fronts, back rooms and smaller distribution centers, yet is also ideal for larger, industrial warehouse environments

##### Remote management tools

Allows for cost-effective, system-wide integration and management of RFID solutions

##### Rugged construction

Maximizes uptime while reducing maintenance and repair costs

##### Integrated, easy-to-replace electronics module

Cuts maintenance costs and enables easy installation and troubleshooting

##### Real-time exception notification and handling through alerts and alarms

Enables automatic, edge business processing and decision making

**symbol**<sup>®</sup>  
The Enterprise Mobility Company™

## Make immediate decisions using real-time information

The DC600 also offers real-time alerting and alarms, which let you react to and even automate your response to data as it's captured, enabling you to respond more quickly to business demands. With a mature and well-supported application programming interface (API), the DC600 allows for easy integration with existing back-end information systems. So whether you need to automatically route high-demand items to priority retail locations, or require immediate information on incomplete or incorrect shipments, the DC600 will be able to support and notify you in real time.

## Stay operational with a full suite of services and support

At Symbol, we help you get the most from RFID by offering the services you need to successfully incorporate RFID technology into your environment. Our Professional Services form the foundation of a successful RFID solution with a complete suite of services from planning and assessment through implementation, while our Customer Services help ensure ongoing continuity of operations by delivering management and maintenance support once your solution is implemented.

For more information about the DC600, please visit us on the Web at [www.symbol.com/dc600](http://www.symbol.com/dc600) or contact us at +1.800.722.6234 or +1.631.738.2400.

## DC600 specification highlights

Physical characteristics	
<b>Dimensions</b>	
Dual and single:	Frame: 14.93" W x 8.84" D x 76.66" H (37.92 cm W x 22.45 cm D x 194.7 cm H) (with Cable Entry Module) Base: 21" W x 10.87" D x 2" H (53.34 cm W x 27.6 cm D x 5.08 cm H)
Slim single:	Frame: 14.43" W x 4.71" D x 75.76" H (36.65 cm W x 11.96 cm D x 192.43 cm H) (with Cable Entry Module) Base: 17.25" W x 4.75" D x 1.13" H (43.8 cm W x 12 cm D x 2.87 cm H)
<b>Weight</b>	
Dual:	112 lbs. (50.6 kg)
Single:	100 lbs. (45.36 kg)
Slim single:	71 lbs. (32.2 kg)
<b>Electrical</b>	
Maximum power input	100-240 volts AC, 50/60 Hz, 2.6 amps
<b>Connectivity</b>	
Network	10/100 BaseT Ethernet RJ45
Devices	Control I/O port (I2) DB15 RS232 Serial Console DB9 USB Host Hardware USB
Read points	4 Read Points (4 transmit points, 4 receive points)
RF Connectors	Reverse TNC
<b>Compliance</b>	
Safety	UL 60950-1/CSA 60950-1 and IEC60950-1 CB
Regulatory	FCC Part 15 US / IC RSS210
<b>Hardware OS and firmware management</b>	
Memory	Flash 64 MB; DRAM 64 MB
Operating system	Wine CE (Version 4.2.0)
Firmware upgrade	Web-based and remote firmware upgrade capabilities
Frequency	UHF band, 902-928 MHz US
Method	Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)
Power output	4W EIRP
Tag Protocol	EPC <sup>®</sup> Gen 1 (Class 0 read only, Class 0 read/write, Class 1) and Gen 2
Synchronization	Network Time Protocol
IP addressing	Static and dynamic
Host interface protocols	XML and Byte Stream
<b>Environmental</b>	
Humidity	5-95% RH
Operating temperature range	-20° to 50°C (-4° to 122°F)
Storage temperature range	-40° to 80°C (-40° to 176°F)
<b>Warranty</b>	

The DC600 is warranted against defects in workmanship and materials for a period of one year (12 months) from date of shipment, provided the product remains unmodified and is operated under normal and proper conditions.

NOTICE: Repairs of this product may require the use of Symbol proprietary parts (and/or Symbol proprietary information). Symbol will sell these parts (and provide this proprietary information) only to end-user customers for self-service. It is Symbol's policy not to sell these parts to third-party service providers and not to allow a third-party service provider to act as an ordering or receiving agent for the parts necessary to repair this product. Applicable in the U.S. For all other countries, please contact your Symbol account manager or the local Symbol Customer Service representative in your area for further details.

## About Symbol Technologies

Symbol Technologies, Inc., The Enterprise Mobility Company™, is a recognized worldwide leader in enterprise mobility, delivering products and solutions that capture, move and manage information in real time to and from the point of business activity. Symbol enterprise mobility solutions integrate advanced data capture products, radio frequency identification technology, mobile computing platforms, wireless infrastructure, mobility software and world-class services programs under the Symbol Enterprise Mobility Services brand. Symbol enterprise mobility products and solutions are proven to increase workforce productivity, reduce operating costs, drive operational efficiencies and realize competitive advantages for the world's leading companies. More information is available at [www.symbol.com](http://www.symbol.com)



Corporate Headquarters  
Symbol Technologies, Inc.  
One Symbol Plaza  
Holtsville, NY 11742-1300  
TEL: +1.800.722.6234/+1.631.738.2400  
FAX: +1.631.738.5990

For Asia Pacific Area  
Symbol Technologies Asia, Inc.  
(Singapore Branch)  
Asia Pacific Division  
230 Victoria Street #12-08/10  
Bugis Junction Office Tower  
Singapore 188024  
TEL: +65.6796.9600  
FAX: +65.6796.7199

For Europe, Middle East and Africa  
Symbol Technologies  
EMEA Division  
Symbol Place, Winners Triangle  
Berkshire, England RG41 5TP  
TEL: +44.118.9457000  
FAX: +44.118.9457500

For North America, Latin America and Canada  
Symbol Technologies  
The Americas  
One Symbol Plaza  
Holtsville, NY 11742-1300  
TEL: +1.800.722.6234/+1.631.738.2400  
FAX: +1.631.738.5990

Symbol Web site  
For a complete list of Symbol subsidiaries and business partners worldwide, visit us at [www.symbol.com](http://www.symbol.com)  
Or contact our pre-sales team at [www.symbol.com/sales](mailto:www.symbol.com/sales)



DC600 - 11/05

Part No. DC600 Printed in USA 11/05 © 2005 Symbol Technologies, Inc. Symbol is an ISO 9001 and ISO 9002 UKAS, RVC and RAB Registered company, as scope definitions apply. Specifications are subject to change without notice. Symbol® is a registered trademark, and The Enterprise Mobility Company is a trademark of Symbol Technologies, Inc. All other trademarks and service marks are proprietary to their respective owners. For system, product or services availability and specific information within your country, please contact your local Symbol Technologies office or Business Partner.

## Sun Java™ System RFID Software 3.0

Accelerating Business Decisions with Enterprise Integration



### Highlights

- Based on industry standards — EPC, ISO, DoD, ALE, Java™ platform technology, and XML.
- Easily integrates with enterprise applications — including direct connectivity to SAP AII — through a variety of standards-based connectors, APIs, and Service Oriented Architectures.
- Supports smart embedded devices — readers and other RFID appliances filter and process data at the edge of the network, improving response time and decreasing network traffic.
- GUI-based centralized monitoring and management tools — keep track of devices and services throughout the network.



As companies move past initial pilots and single-site deployments, they need infrastructures that can easily be integrated, deployed, and administered as part of their enterprise application infrastructures. Radio frequency identification (RFID) can help businesses improve their bottom lines and gain control over business processes through improved visibility, increased efficiency, and enhanced productivity.

Sun Java™ System RFID Software is a critical RFID infrastructure component that integrates data and devices from the edge of the enterprise into enterprise application systems — safely, securely, and efficiently. Its dynamic, service-provisioning architecture enables scaling from small pilots to large deployments with high data volume. Java System RFID Software is designed to manage the large number of distributed RFID devices and other sensors in enterprise deployments, while aggregating and processing volumes of RFID data into business applications throughout the enterprise. Complementary applications, including the Solaris™ Enterprise System and third-party components, provide asset tracking, compliance, and the detection of counterfeiting and tampering, along with other capabilities.

### Enterprise integration

More than a standalone application, the Java System RFID Software can be integrated with virtually any enterprise application, including out-of-the-box connectivity with the SAP Auto-ID Infrastructure (SAP AII). Sun streamlined RFID data integration by providing a robust set of application programming interfaces (APIs), Java technology libraries, support for the Java Composite Application Platform Suite (formerly SeeBeyond™ Integration Composite Application Network — ICAN), Information Server API extensions, toolkits, and example source code. Java 2 Platform, Enterprise Edition (J2EE™) support enables integration with corporate IT and applications.

The Java System RFID Software is designed on a Service Oriented Architecture (SOA), providing network services to applications through a number of standard protocols and interfaces. Support for multiple data protocols — hypertext transfer protocol (HTTP), eXtensible Markup Language (XML), sockets, Java Message Service (JMS), Simple Object Access Protocol (SOAP) — also facilitates integration. Java System RFID Software is designed with Java and Jini™ technology for high availability and built-in automatic failover, providing a reliable platform for critical data and information.

### Intelligence at the edge — smart devices

Processing at the edge — warehouses, storefronts, and other distribution points — reduces data traffic and improves reaction time. Java System RFID Software supports RFID readers, appliances, and other smart devices based on Java 2 Platform, Standard Edition (J2SE™) and Java 2 Platform, Micro Edition (J2ME™) technology. These devices process and filter RFID data directly, instead of relying on external middleware for data processing. Smart devices participate within a highly adaptive RFID system that delivers resiliency, reliability, and scalability in complex deployment environments.

For example, applications such as warehouse management systems and supply chain management interact with business events, instead of processing raw data flows. In addition, there is support for the EPCglobal Application Level Events (ALE) specification, which enable RFID systems to recognize events — what has happened, when did it happen, and where did it occur — adding even more value to RFID data.

#### Sensor architecture

The Java System RFID Software ships with a robust set of adapters and connectors for RFID devices such as printers and readers. In addition, developers and integrators can incorporate RFID and non-RFID devices into the sensor architecture. An available toolkit, based on NetBeans™ technology, features sample source code, Java libraries, and documentation, enabling the integration of readers, printers, or other devices not already included. Java System RFID Software supports devices from most major RFID vendors — Alien Technology, Symbol/Matrics, Intermec, Applied Wireless Identification (AWID), Feig Electronic, ThingMagic, Printronix, Zebra, and more.

#### Monitor and manage

A browser-based management interface provides centralized monitoring and management for a farflung network. Groups of devices can be assigned to specific administrators, making it easier for them to manage large RFID networks. Also available are management interfaces via Simple Network Management Protocol (SNMP) and Java Management Extensions (JMX™) protocols, so that administration can be integrated into enterprise-class, network management platforms.

#### Self-healing reliability and scalability

A distributed architecture optimizes network traffic, scalability, reliability, and flexibility. The self-healing and self-provisioning service architecture is designed to increase availability and reduce support costs. If a reader or service goes down, additional units can take up the workload automatically. If bottlenecks develop, the Java System RFID Software can dynamically provision new service agents to manage increased requirements.

Scalability is assured through a design that can grow both horizontally and vertically. The same software and architecture can scale from a single-CPU, tag-and-ship pilot through N-way and multiserver deployments, smoothing the growth path.

#### Standards support

Java System RFID Software supports new and existing standards and technologies, such as passive and active tags and devices, Electronic Product Code (EPC), International Organization for Standardization (ISO), and commercial and government standards. This includes EPCglobal UHF Generation 2 (Gen 2) readers and tags — which provide faster, more secure, and more accurate reads — EPC Tag Data Specification 1.1; Department of Defense (DoD); Commercial and Government Entity (CAGE); and read/write tags.

**Sun™ family of RFID solutions**

**Sun RFID Test Centers**

Located in Dallas, Texas, and Singapore, these state-of-the-art facilities enable proof-of-concept RFID testing before the actual rollout — allowing companies to “test before you invest” — providing practical answers to customers’ real-world RFID questions. The Centers include the latest logistics and equipment products from Sun and other leading RFID suppliers.

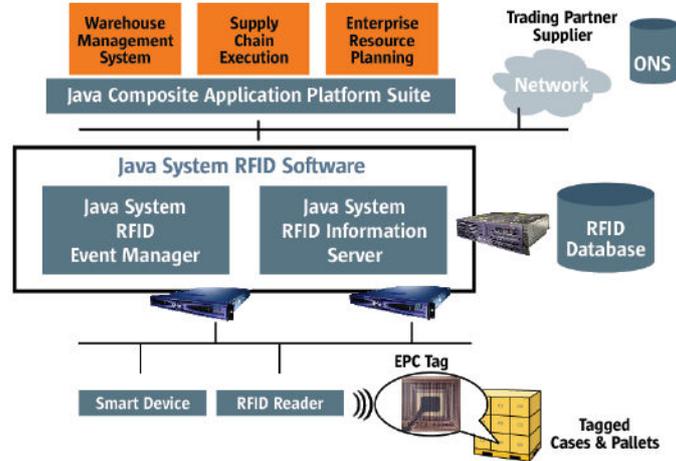
**Sun Partner Advantage Program — RFID**

Based on an open relationship model, Sun encourages leading third-party partners to integrate their products with the Java System RFID Software. The RFID Software Toolkit simplifies the creation of RFID device adapters, filters, and components, making it easier to connect devices such as readers and antennas with the Java System RFID Software and third-party applications.

**Sun RFID Industry Solutions**

Sun offers a set of customizable RFID solutions to address both short-term and long-term needs in specific industry vertical markets. Sun products, combined with those from leading vendors, are preintegrated and pretested into end-to-end solutions. This process includes on-site assessment, planning, hardware, software, integration and configuration, and user training. This enables simpler and faster solution delivery, along with the flexibility to swap components to suit customer needs.

- *Sun RFID Industry Solution for Mandate Compliance* is a cost-effective solution to meet the minimum requirements set forth in many RFID mandates. It includes all Sun and partner products required to build a simple, end-to-end solution to apply EPC compliant RFID tags to shipments.



*Sun's RFID Solution Architecture integrates data from devices into virtually any enterprise application, including SAP All support.*

- *Sun RFID Industry Solution for Manufacturing — Distribution & Logistics* is a best practices guideline to build an RFID solution to improve warehouse management and automate advance shipment notification (ASN) processes in the manufacturing industry.
- *Sun RFID Industry Solution for Physical Asset Tracking* provides non-networked physical asset tracking using RFID technology. It can be used to complement existing network IT asset management solutions by using RFID to track assets that are disconnected from the network.
- *Sun RFID Industry Solution for Drug Authentication* brings together RFID and other key enterprise technologies, from Sun and partners, to build complete drug authentication solutions. It lays out several implementation approaches to accommodate projects of different scope and size.

**RFID devices with embedded Java technology**

The Sun Java System RFID Software for Java ME enabled RFID devices is designed for readers and other appliances that incorporate Java Platform, Micro Edition (Java ME) technology. The software allows Java technology-enabled devices to intelligently process and filter data directly on the device. This enables lower total cost of ownership (TCO) and faster decision making by reducing management overhead and network traffic, and improves response times by pushing processing to the edge of the network.

**Serious software made simple**

Sun provides a complete portfolio of affordable, interoperable, and open software systems designed to help you maximize the utilization and efficiency of your IT infrastructure. Built from the secure, highly available foundations of UNIX® and Java, these systems deliver implementations that are preintegrated and backward compatible. Sun's portfolio consists of Solaris and Linux software for SPARC® and x86 platforms, Sun N1™ software, and the Sun Java System.

The Java System is a radical approach that changes forever the way businesses acquire, develop, and manage software. Only Sun has the experience and the end-to-end portfolio to deliver such a unique and industry-revolutionizing strategy. With the Java System, network services and critical business applications are up and running faster, easier, and at a lower cost than ever before, so you can focus on innovation, competition, and bottom-line results.

**Platforms and Requirements**

- Solaris 10 OS (SPARC® and x86 platform)
- Solaris 9 OS (SPARC and x86 platform)
- Red Hat Enterprise 3.0
- Microsoft Windows Server 2003

**For more information**

Please visit [sun.com/rfid/](http://sun.com/rfid/)

**Learn More**

Get the inside story on the trends and technologies shaping the future of computing by signing up for the Sun Inner Circle program. You'll receive a monthly newsletter packed with information, plus access to a wealth of resources. Register today at [sun.com/joinic](http://sun.com/joinic).

Sun Microsystems, Inc. 4150 Network Circle, Santa Clara, CA 95054 USA Phone 1-650-960-1300 or 1-800-555-9SUN Web [sun.com](http://sun.com)



©2006 Sun Microsystems, Inc. All rights reserved. Sun, Sun Microsystems, the Sun logo, Solaris, Java, Jini, J2EE, J2ME, J2SE, JMX, N1, NetBeans, SeeBeyond, the Java Coffee Cup logo, and The Network is the Computer are trademarks or registered trademarks of Sun Microsystems, Inc. in the United States and other countries. All SPARC trademarks are used under license and are trademarks or registered trademarks of SPARC International, Inc. in the U.S. and other countries. Products bearing SPARC trademarks are based upon an architecture developed by Sun Microsystems, Inc. UNIX is a registered trademark in the U.S. and other countries, exclusively licensed through X/Open Company, Ltd. Information subject to change without notice. 02/06

## 7 . Bibliografía

- [1] Apellidos del Autor, Nombre del Autor. Título. Editor (Sí relevante). Volumen (Sí relevante). Lugar de Publicación: Fecha de Publicación.
- [2] Finkenzeller, Klaus. RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification. John Wiley & Sons. Septiembre de 2004.
- [3] Memoria Anual de actividades de Anfac
- [4] Memoria Anual de actividades de Odette España
- [5] RFID MAGAZINE. Proyectos RFID – La información más completa, detallada e imprescindible sobre casos de estudio RFID. Volumen 1. RFID MAGAZINE. Abril de 2008.
- [6] Identification Guideline for Returnable Transport Items. JAIF Global Guideline for Data Carriers. Junio de 2008.
- [7] RFID in the Supply Chain: Management of Returnable Transport Items. Odette. Septiembre de 2007.
- [8] RFID for tracking and tracing of Parts/Components in the automotive industry. VDA Germany.
- [9] Focus Group. RFID: La primera palabra del usuario. Sector Automóvil: Un futuro condicional.
- [10] 5520 Odette & VDA Recommendation. Septiembre de 2008
- [11] Revista “The Economist”. The future is still smart. 24 de Junio de 2004.
- [12] Odette RFID standards paper. Enero 2007
- [13] [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- [14] [www.rfid-magazine.es](http://www.rfid-magazine.es)
- [15] [www.intermec.com](http://www.intermec.com)
- [16] [www.philips.com](http://www.philips.com)
- [17] [www.siemens.com](http://www.siemens.com)
- [18] [www.alientechology.com](http://www.alientechology.com)
- [19] [www.toshiba.com](http://www.toshiba.com)
- [20] [www.tagingenieros.com](http://www.tagingenieros.com)

[21] [www.sun.com/rfid](http://www.sun.com/rfid)

[22] [www.cmt.es](http://www.cmt.es)

[23] [www.iso.org](http://www.iso.org)

