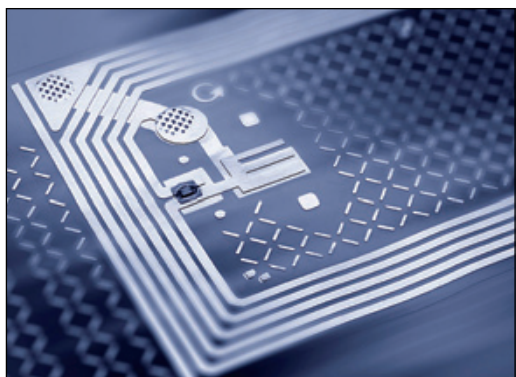


Evaluación y respuesta a los problemas y fallos de implantación en un proyecto piloto industrial de identificación por radio frecuencia (RFID)



Jesús Muñozuri-Sanz*
Alejandro Escudero-Santana*
María Rodríguez Palero*
Carlos Rubia-Marcos**

Ingeniero Industrial
Ingeniero de Telecomunicación
Ingeniera Industrial
Ingeniero de Telecomunicación

* UNIVERSIDAD DE SEVILLA. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Camino de los Descubrimientos, s/n - 41092 Sevilla. Tfno: +34 95 4487205. munuzuri@esi.us.es

** UNIVERSIDAD DE HUELVA. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Carretera Huelva-Palos de la Frontera, s/n - 21819 La Rábida-Palos de la Frontera (Huelva). Tfno: +34 95 9217662. carlmass@diesia.uhu.es

Recibido: 11/01/2012 • Aceptado: 06/02/2012

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/4575>

EVALUATING AND OVERCOMING IMPLEMENTATION PROBLEMS AND DEFICIENCIES IN AN INDUSTRIAL PILOT PROJECT OF RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (RFID)

ABSTRACT

- Once the cost limitations are overcome, RFID technologies and applications are expected to turn logistics operations upside down, generating enormous benefits in aspects like inventory control, traceability or supply chain integration. However, the first implementation steps of RFID may instead result in a series of problems and operational deficiencies in the distribution centre, not only related to costs or information management, but also to the design and reliability of the system itself. These problems often cause significant performance reductions, which should be taken into account when considering the incorporation of this technology. We analyse here the problems that had to be faced when implementing a RFID pilot in a Spanish dairy product distributor, and measure them using the appropriate metrics.
- **Keywords:** RFID, logistics, shipping, performance, indicators.

RESUMEN

De la implantación de tecnologías y aplicaciones RFID se espera un cambio total de las operaciones logísticas, una vez superadas las limitaciones de costes, generando enormes beneficios en aspectos como control de inventario, trazabilidad o integración de la cadena de suministros. En cualquier caso, los primeros pasos de implementación del RFID pueden dar lugar a una serie de problemas y deficiencias operativas en los centros de distribución, no sólo relacionados con costes o gestión de la información, sino además con el diseño y la fiabilidad de los propios sistemas. Estos problemas pueden dar lugar a empeoramientos significativos del rendimiento, y deben ser tenidos en cuenta a la hora de plantear la introducción de la tecnología. Analizamos aquí los problemas a los que se tuvo que enfrentar una distribuidora de productos lácteos española durante un proyecto piloto de implantación de RFID en su sección de expediciones, cuantificados mediante los indicadores correspondientes.

Palabras clave: RFID, logística, expediciones, rendimiento, indicador.

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de que su expansión no ha sido tan revolucionaria como inicialmente se esperaba, la introducción de la identificación por radio frecuencia (RFID) en operaciones logísticas mantiene una tendencia de crecimiento continuado. Añadiendo el factor de tiempo real a la identificación mediante código de barras del producto, el RFID es en estos momentos, a pesar del alto coste de su implementación, una de las principales herramientas tecnológicas disponibles para acelerar la cadena de suministros y reducir la aparición de errores. Como resultado, las tecnologías RFID y sus aplicaciones en la gestión de la cadena de suministro ha representado uno de los principales objetivos de investigación en el campo en la última década, tal y como muestran algunas revisiones recientes

(Chao et al, 2007; Ngai et al, 2008; Miragliotta et al, 2009).

Como resultado de esta investigación, basada frecuentemente en pruebas sobre el terreno, casos de estudio e implementaciones piloto, los beneficios esperados del RFID en la gestión de la cadena de suministro han sido identificados y ampliamente discutidos. Numerosos trabajos recientes, como los de Hingley et al (2007), Kelepouris et al (2007) o Tzeng et al (2008) identifican numerosas áreas de la gestión de la cadena de suministro que pueden ser mejoradas con la introducción de RFID. Entonces, ¿dónde está el problema? Algunos autores han comenzado a criticar la introducción (y la asunción de los consecuentes costes) del RFID forzado por minoristas sobre fabricantes (Michael y McCathie, 2005) o los diversos escenarios generados por la adopción

coaccionada del RFID frente a la incorporación por voluntad propia (Matta y Moberg, 2006). Pero hay también cuestiones adicionales a tener en cuenta cuando se contempla la introducción de RFID en la cadena de suministro. Curtin et al (2007) discuten cuestiones como la integración tecnológica con otras aplicaciones, los costes y los riesgos asociados a la dependencia del RFID, o las dificultades de aprovechar la gran cantidad de datos generados y usarlos en tiempo real para la toma de decisiones. Michael y McCathie (2005) o Miragliotta et al (2009) apuntan a la necesidad de precisión, fiabilidad, seguridad, la necesidad de soportar un entorno duro, los costes de tecnología incluyendo software y la actualización de equipos, la introducción forzada de minoristas sobre fabricantes, la falta de estándares e interoperabi-

Proceso Logístico	Operación	Indicador de efectividad	Indicador de eficiencia	Impacto del RFID
Recepción	Llegada de mercancía y acceso	-	Tiempo de colocación del camión	
	Verificación	Porcentaje de fallos en verificación de pedidos de entrada	Tiempo de verificación de pedidos de entrada	x
	Descarga	Porcentaje de daños a mercancía	Tiempo de descarga por palet	
	Firma albarán	-	Tiempo de gestión de la información	
	Guardar y colocar	Porcentaje de errores en colocación de materiales	Tiempo de guardado y colocación	x
	Registro de entradas	Porcentaje de fallos en registro de entrada	Tiempo de registro de entradas	x
Inventario de almacén	Conteo físico en almacén	-	Tiempo de conteo por palet	x
	Registro de información	Desviaciones de inventario	Tiempo de registro de conteo	x
Preparación de Pedidos	Impresión del pedido	-	-	
	Picking	Porcentaje de fallos en picking	Tiempo de picking por palet	x
	Empaquetado y etiquetado	Porcentaje de fallos en preparación de pedidos	Tiempo de preparación de pedidos	x
	Envío a zona de expediciones	-	Tiempo de envío a zona de expediciones por palet	
Expedición	Carga	Porcentaje de daños a mercancía	Tiempo de carga por palet	
	Verificación del pedido	Porcentaje de fallos en pedidos de salida	Tiempo de verificación de pedidos de salida	x
	Firma albarán	-	Tiempo de gestión de la información	
	Registro de datos de salida	Porcentaje de fallos en registro de salidas	Tiempo de registro de salidas	x

Tabla 1: Listado de operaciones asociadas a los diferentes procesos logísticos en los que el RFID puede tener un impacto asociado, incluyendo los principales indicadores de efectividad y eficiencia para su medición.

lidad, los fallos en las lecturas y la dificultad de garantizar la privacidad de la información. Finalmente, en línea con los resultados que mostraremos en este artículo, Spekman y Sweeney (2006) consideran que la correcta definición de la infraestructura y la garantía del 100% de lecturas correctas son factores críticos.

Otros autores critican directamente las desventajas potenciales de los sistemas RFID en la cadena de suministro, que incluyen tanto barreras operativas (interoperabilidad, costes, compatibilidad en el futuro, falta de familiaridad y falta de estándares) como técnicas (interferencias, seguridad y precisión) (Asif y Mandviwalla, 2005). Incluso cuando se elige el tipo correcto de tecnología RFID, las compañías deben estar preparadas para sufrir una variedad de problemas técnicos, incluyendo lecturas falsas o inexistentes, y requieren todo tipo de reingeniería e integración de sus tecnologías de información (Angeles, 2005). Dejando aparte el coste asociado a la instalación de los sistemas RFID, aspectos como las cuestiones de privacidad, la necesidad de gestión y almacenamiento de datos, la integración del RFID con las bases de datos y aplicaciones existentes o con los procesos de negocio y relaciones con proveedores y distribuidores, la falta de habilidad por parte de las empresas para hacer efectivo el uso de la captura de datos a través de RFID o la necesidad de formación especializada para todo el personal involucrado pueden suponer barreras y costes adicionales incorporados al sistema (Hingley et al, 2007).

Nuestro trabajo se centra en ilustrar, a través del análisis de un caso de estudio, los tipos de problemas y fallos de implantación que pueden presentarse, tanto de tipo tecnológico como asociados al diseño del sistema RFID. Evaluando el efecto de estos problemas, mostraremos que la introducción de la radiofrecuencia puede representar un periodo inicial más o menos prolongado de ineficiencia en las operaciones, para el que las empresas deben estar preparadas.

2. IMPACTOS DEL RFID EN LOS PROCESOS LOGÍSTICOS

Existen numerosos trabajos que enumeran exhaustivamente los procesos logísticos que pueden verse potenciados por la introducción de aplicaciones RFID. En general, se trata de procesos logísticos que impliquen manejo físico del material y gestión de la información asociada. Y es la evaluación detallada de estos procesos logísticos a través del uso de los indicadores correspondientes la herramienta esencial para estimar el retorno de la inversión del RFID y decidir sobre su implantación definitiva.

Aparte de los sistemas de indicadores genéricos aplicables a la evaluación del rendimiento de la cadena de suministros (Chan and Qi, 2003; Gunasekaran et al, 2004; Muñozuri et al, 2009), autores como Hou y Huang (2006), Bendavid et al (2009) o Becker et al (2010) han desarrollado sistemas de indicadores directamente aplicables a la evaluación del rendimiento de los sistemas RFID. La Tabla 1 muestra un listado de operaciones logísticas para las que el RFID

puede implicar un cambio de modelo operativo, y generar un impacto en su efectividad o su eficiencia. Se excluyen aquí los procesos directamente productivos, en los que el RFID puede contribuir a la eliminación de errores o la automatización de la trazabilidad, para centrar el análisis en los procesos de entrada y salida del almacén y realización de inventarios. Sobre uno de ellos, el proceso de Expedición, se centra el caso de estudio que pasamos a describir en la siguiente sección, y que servirá de base para nuestro posterior análisis sobre las implantaciones piloto de RFID.

3. CASO DE ESTUDIO: PROYECTO PILOTO DE IMPLANTACIÓN DE RFID EN UNA DISTRIBUIDORA DE LÁCTEOS

El proyecto piloto que presentamos aquí como un caso de estudio fue implementado en una planta productora de lácteos en el sur de España. El objetivo fue controlar los envíos desde la planta para aumentar el rendimiento y reducir la aparición de errores, pero también para posicionar a la compañía en la cadena de suministro como un principal precursor en la introducción de la tecnología, ante la posible demanda futura de introducción del RFID por parte de las grandes cadenas minoristas de alimentación.

El flujo actual de expediciones de la compañía está en torno a los 20.000 palets mensuales, cada uno de ellos conteniendo 900 tetrabriks de leche. En total, durante la prueba piloto, alrededor de 85 pedidos, cada uno de ellos conteniendo unos 20 palets, fueron etiquetados y gestionados con RFID. Para facilitar la gestión del piloto, los pedidos etiquetados con RFID se enviaban siempre desde un muelle de carga específico, en el que fue instalado el pórtico con sensores RFID. El sistema RFID estaba controlado por una aplicación interfaz, especialmente desarrollada para este proyecto piloto. Esta aplicación recibía información desde la aplicación del *sistema de gestión de almacenes* (SGA), encargada de controlar la asignación de palets a pedidos siguiendo una política FIFO, los movimientos de los transelevadores en el almacén automático y el envío automático de los palets asignados a la zona de expediciones.

Los encargados de la zona de expediciones asignaban manualmente cada uno de los diferentes pedidos a un muelle de envío, y la aplicación interfaz filtraba los pedidos que habían sido asignados al muelle RFID y los clasificaba como pedidos RFID. Para cada pedido RFID, cargaba los códigos de todos los palets incluidos en el pedido, códigos que posteriormente tenían que ser detectados por el pórtico RFID durante la carga de los camiones. Los palets ya cargados eran marcados en la lista de la orden de carga, y una vez que todos los códigos de palets de la orden de carga habían sido marcados, ésta quedaba eliminada de la lista de órdenes pendientes de ejecutar.

El módulo de detección de paso consistía en dos sensores fotoeléctricos en paralelo, usados para identificar no sólo el paso de un palet cargado, sino también la dirección (de

entrada o salida) que se seguía. Además de los sensores RFID, en el pórtico se instalaron unos avisadores luminosos, que se encendían con luz verde, cuando un palet era detectado como correcto, y con luz roja, cuando era detectado como incorrecto, además de un avisador acústico utilizado para indicar que se había producido una detección de palet. Una detección de palet correcto significaba que se detectaba un palet cuyo código estaba incluido en el pedido que se estaba cargando, mientras que una detección de palet incorrecto correspondía a la detección de un palet cuyo código no estaba en el pedido. La carga de palets sin etiqueta RFID por el muelle RFID, lógicamente, no producía ninguna interacción con el sistema.

El etiquetado de palets RFID se llevó a cabo mediante una etiquetadora automática RFID, instalada en el acceso de los palets a las playas de la zona de expediciones. Esta etiquetadora, también gobernada por la aplicación interfaz, recibía la indicación de etiquetar un palet cuando el sistema detectaba que había sido asignado al muelle RFID. Finalmente, el módulo RFID consistía en el lector RFID y en las sensores conectados a él, encargados de leer la información contenida en las etiquetas RFID y de transmitirla a la aplicación middleware para procesarla. Las Figuras 1 y 2 muestran una descripción de la arquitectura del sistema y el pórtico RFID con los sensores, antenas y señales luminosas.

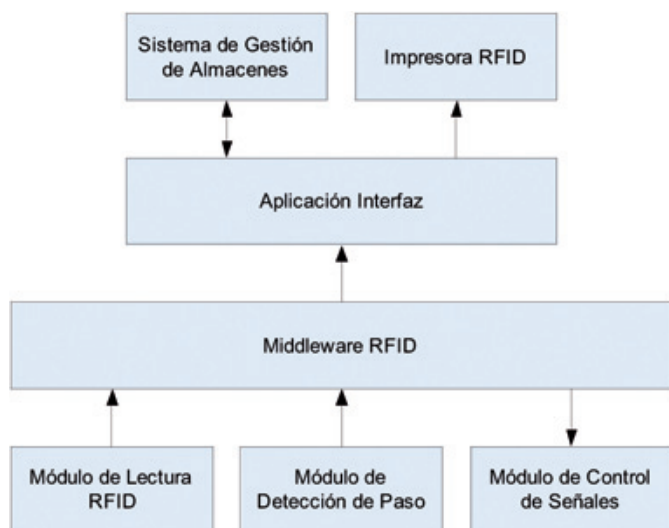


Figura 1: Estructura de las aplicaciones establecidas en el proyecto piloto RFID

Los pedidos que salen de las expediciones de la planta son cargados en los camiones por el personal de expediciones, que está obligado, una vez concluida la carga del pedido, a comprobar junto con el transportista que los palets cargados en el camión corresponden efectivamente a los previstos en el pedido. Para ayudar en este control de la carga al personal de expediciones, se habilitó una PDA con una aplicación conectada con la aplicación de interfaz. De esta manera, en la PDA se mostraba el listado de códigos de palets que correspondían al pedido que se estaba cargando en ese

momento, y a medida que el pórtico iba detectando el paso de palets, éstos se iban descontando también de ese listado.

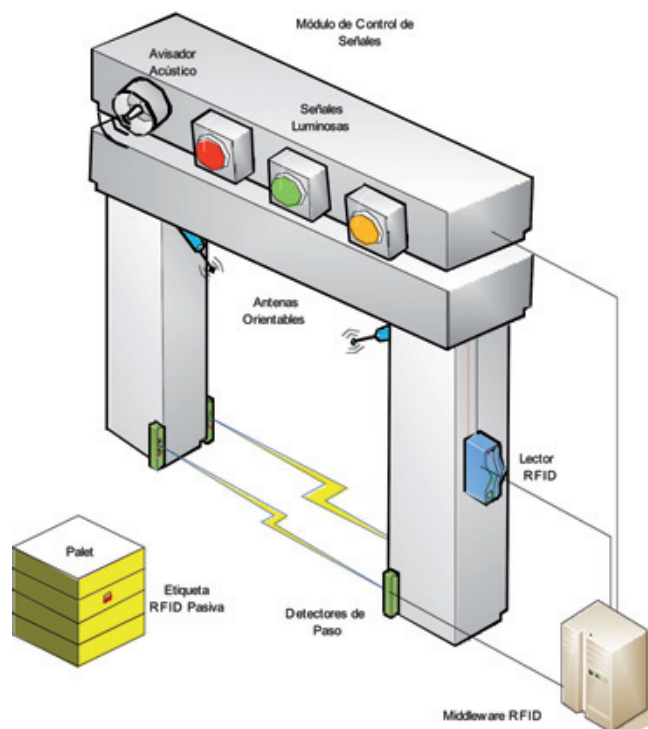


Figura 2: Configuración del pórtico RFID

4. INCIDENCIAS REGISTRADAS DURANTE EL PILOTO

Durante el periodo de pilotaje, se identificaron una serie de incidencias en el funcionamiento normal del sistema, que implicaron directamente que no se consiguiera completar ningún pedido totalmente libre de incidencias durante el pilotaje. En muchos casos estas incidencias vinieron provocadas por deficiencias en la detección RFID, que sigue siendo uno de los principales inconvenientes técnicos de este tipo de sistemas (Lodewijks et al, 2006; Potdar et al, 2007), aunque también se produjeron numerosos contratiempos achacables a la deficiente integración entre sistemas. A continuación se detallan las incidencias más relevantes detectadas durante el pilotaje, y que afectaron al normal funcionamiento de las expediciones de lácteos.

4.1 INCIDENCIAS EN LA DETECCIÓN DE PALETS

La incidencia más habitual identificada en el piloto se debió a la incorrecta detección de palets por parte del pórtico RFID, lo cual ralentizó significativamente la carga de los pedidos. Estas deficiencias de lectura, habituales en las primeras etapas de implantación de sistemas RFID, resultaron especialmente graves cuando se combinaron con deficiencias en el sistema de control de paso. Así, en un mismo pedido, dos veces los sensores no detectaron

que un palet estaba entrando en el camión, y por tanto los avisadores no emitieron señal alguna. Ante ello, se volvió a sacar los palets del camión para probar a pasar una segunda vez, pero en una de estas operaciones falló el módulo de control de paso, y el palet fue leído por el sistema mientras era sacado del camión, mostrándose la correspondiente luz verde. Posteriormente, al volver a pasar bajo el pórtico para cargarlo otra vez en el camión, los sensores lo volvieron a detectar, aunque en esta ocasión, al haber sido detectado ya anteriormente, había sido borrado por el sistema interfaz de la lista de palets pendientes para el pedido en curso, por lo que fue detectado como un palet equivocado, y el avisador emitió la correspondiente luz roja. A pesar de haber sido completado correctamente, el pedido quedó almacenado en la base de datos como erróneo.

4.2 INCIDENCIAS RELACIONADAS CON LA POSICIÓN DE LA ETIQUETA

Los palets manejados en la planta de lácteos son europalets de madera, de 800x1200 mm. A la hora de cargar esta clase de palets en un camión de medidas estándar, con una caja de 2.50 metros de ancho, se puede hacer enfrentando su cara más larga, con lo que caben de dos en dos, o la más corta, de tres en tres. Esto quiere decir que el transpalet utilizado para cargar los palets puede cogerlos por la cara más larga o por la más corta. Y, dado que la etiqueta RFID se pega en uno de los laterales de la carga del palet, por su lado más largo, puede ocurrir que esta etiqueta, al pasar el palet bajo el pórtico, vaya mirando hacia un lateral, que es lo deseable para ser detectada, en caso de que el palet haya sido cogido por una de sus caras cortas, o que vaya mirando hacia delante o hacia atrás, en caso de que haya sido cogido por una de sus caras largas. En caso de que vaya hacia atrás, la etiqueta va apoyada contra el transpalet, lo cual dificulta su detección. En principio, el sistema está diseñado para detectar las etiquetas incluso en este caso, pero gran parte de los errores de lectura identificados en el piloto se produjeron en casos en los que la etiqueta iba colocada hacia atrás. En el piloto, se optó por solucionar este hecho solicitando al personal de expediciones que se asegurara de que la etiqueta estaba colocada hacia delante o en un lateral del palet durante su carga en el camión.

4.3 DUPLICACIÓN DE BASES DE DATOS

Ante la imposibilidad de modificar desde el sistema RFID la base de datos del SGA, la aplicación interfaz se limitaba a importar desde ella listados de códigos de palets que debían cargarse en cada pedido. Posteriormente, una vez que los sensores detectaban el paso de cada palet, lo marcaba como cargado, pero no eliminaba el registro de la base de datos. Así, la base de datos de la aplicación interfaz iba creciendo indefinidamente a medida que se realizaban cargas de nuevos pedidos. A efectos de no tener esta información duplicada (ya se almacena en la base de datos del sistema de gestión del almacén), el ideal sería que el sistema RFID leyera directamente los códigos de los palets de la base de

datos del SGA y reflejara en esa misma base de datos cuáles son los palets que se van cargando. Pero para ello sería necesario integrar completamente ambos sistemas, lo cual plantea problemas técnicos y económicos de mucha mayor envergadura.

4.4 LECTURA DISCRETA DE INFORMACIÓN

Debido a que se trataba de un sistema externo al existente en la empresa, la lectura de información del SGA al sistema interfaz no podía realizarse de manera continua, y se realizaba cada 5 minutos, capturando los códigos de palets que en el instante de cada lectura se encontraban asignados al muelle RFID. Sin embargo, este diseño del software interfaz presentaba el inconveniente de que a veces se partían pedidos por la mitad, cuando el pedido contenía varias líneas de producto y la lectura se producía justo cuando ya se habían asignado al muelle RFID algunas de ellas, quedando todavía pendiente el resto. En esos casos, la aplicación interfaz identificaba el pedido como compuesto únicamente por los palets que ya estaban asignados, sin añadirle los demás en la siguiente lectura. La consecuencia es que al cargar el pedido completo, el sistema RFID identificaba correctamente los palets que habían sido asignados antes de la lectura y daba un aviso de error cuando se cargaban los otros, quedando el pedido registrado como erróneo. Adicionalmente, si se terminaba de asignar un pedido en SGA e inmediatamente se consultaba al sistema interfaz, se obtenía que la orden de carga aparecía todavía como pendiente, porque el sistema interfaz no tenía constancia de ello hasta que no realizaba la siguiente lectura programada.

4.5 MODIFICACIONES EN TIEMPO REAL

Adicionales necesidades de integración entre los sistemas existentes y el sistema RFID incluyen la posibilidad de modificar el pedido en tiempo real, además de poder visualizar su estado, en la PDA. Esto obligaría a introducir tecnología adicional de software y comunicaciones, pero que resulta imprescindible para una correcta operación del sistema, con la adecuada flexibilidad. Por ejemplo, si un pedido incluye 27 palets pero al llegar el camión se comprueba que sólo tiene capacidad para 24, por limitaciones en peso o en volumen, se cargarían 24 palets, y los 3 restantes se dejarían para una orden de carga futura, bien solos o bien agrupados a otros palets del próximo pedido del mismo cliente. La entrega de pedidos incompletos es habitual, o al menos admisible, pero en la configuración con un sistema interfaz subordinado al SGA ese pedido quedaría permanentemente registrado como incompleto.

Una situación parecida se produciría si al salir un pedido por la playa de la zona de expediciones se comprueba que un palet está defectuoso, y no es por tanto apto para el envío. En ese caso, se sustituye el palet por otro de similares características, y el anterior se desecha y la parte de la mercancía aprovechable se recupera para componer un nuevo palet. Sin embargo, el sistema interfaz ya ha registrado el código del palet antiguo como perteneciente a

ese pedido, y ya no es posible introducir una modificación para sustituirlo por el código nuevo. De esta manera, al cargar el nuevo palet el sistema RFID marcaría un error, y el pedido quedaría registrado como incompleto porque el código del palet sustituido nunca llegó a cargarse. Este tipo de situaciones también serían fácilmente gestionables si existiera la posibilidad de retocar el pedido en tiempo real desde el ordenador de expediciones o la PDA.

4.6 HERRAMIENTA DE COMPROBACIÓN DE ÓRDENES DE CARGA

Como se ha dicho, la aplicación interfaz funcionaba marcando como cargados, para cada pedido, los palets que iban siendo detectados por el pórtico. En el momento en que todos los palets del pedido habían sido cargados, el pedido aparecía como completo y desaparecía del listado de órdenes de carga pendientes. Este sistema de funcionamiento resultaba adecuado mientras que la carga no tuviera ninguna anomalía. Sin embargo, si esa anomalía se producía (alguno de los palets cargados no había sido detectado por el pórtico, el código del palet era diferente al que se esperaba, se había cargado algún palet de más o de menos,...) no existía una herramienta para comprobar qué había fallado. La única manera de acceder a esa información era exportarla directamente del registro de sucesos o de la base de datos, con una lentitud y dificultad considerables en cada caso. Parece por tanto necesario disponer de un sistema más sencillo, que para cada pedido permita visualizar el listado de palets previstos y el de palets efectivamente detectados, con el objeto de poder constatar de manera inmediata cuál ha sido el error o anomalía que se haya producido.

5. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL PILOTO

La experiencia fue evaluada mediante una serie de indicadores asociados a las operaciones de Expedición, que tuvieron que ser específicamente diseñados y medidos, dado que la compañía no disponía de registros históricos anteriores. Para la evaluación del piloto se utilizaron los indicadores de eficiencia, referidos al tiempo necesario para completar las operaciones, ante la necesidad de una mayor perspectiva temporal para percibir variaciones en el porcentaje de pedidos con fallos, retrasos o daños a la carga, y la dificultad de asociar costes directos a estas magnitudes. Esta dificultad de evaluar los efectos directos e indirectos y los beneficios y costes asociados es una constante en el análisis de implantaciones RFID (Baars et al, 2009).

La Tabla 2 resume las variaciones estimadas a partir del piloto en la necesidad de recursos humanos en la zona de Expediciones de la empresa, variaciones que se muestran de forma gráfica en la Figura 3, que presenta la clásica forma de Palo de Hockey (Young, 2006). Se trata de una evolución habitual desde que se completa la implantación hasta que el funcionamiento del sistema se estabiliza, dando como resultado un periodo en el que la nueva tecnología provoca

la aparición de ineficiencias en el funcionamiento normal de la empresa, y cuya duración dependerá del tiempo que tardan en resolverse los defectos técnicos asociados. En cualquier caso, es importante resaltar que la introducción de RFID en la logística de las empresas raramente puede llevarse a cabo sin afectar a la normalidad en las operaciones logísticas (Hellstrom, 2009).

5.1 CARGA DE PALETS

La operación de recoger un palet en la playa de expediciones utilizando un transpalet y colocarlo en el interior de la caja de un camión consume en la empresa analizada en torno a 1 minuto por palet, dependiendo del tamaño del camión y del número de palets de la orden de carga (los últimos palets tardan menos en cargarse que los primeros, al tener que recorrer menos distancia dentro de la caja del camión). La implantación de un sistema RFID no reduciría este tiempo de carga de palets en los camiones, pero sí podría incrementarlo mientras persisten los fallos en las lecturas experimentados durante el piloto. Estos fallos, que generaban la necesidad de volver a sacar y meter el palet en el camión, con el consiguiente retraso en el proceso, incrementaron el tiempo de carga de los pedidos en un 5% por término medio, según las mediciones del piloto. Así, en caso de extender el uso del RFID a todos los 20.000 palets de leche enviados mensualmente por la empresa, la necesidad adicional de recursos humanos en la zona de expediciones aumentaría en unas 17 horas/mes.

5.2 VERIFICACIÓN DEL PEDIDO

Esta operación, que se lleva a cabo tras completarse la carga del pedido y que consiste en la comprobación visual de que los palets cargados corresponden a la orden de carga, consume entre 1 y 2 minutos, dependiendo del número de palets del pedido. Este indicador sí podría verse significativamente reducido en caso de una implantación definitiva y libre de errores del RFID, ya que sería el propio sistema el que indicaría en tiempo real si se ha completado la orden de carga, y si se ha cargado algún palet incorrecto. A razón de unos 20 palets por pedido, se realizan en la planta de lácteos de la compañía del orden de 1.000 órdenes de carga mensuales. Por tanto, en caso de eliminar los tiempos de comprobación, se podría llegar a liberar un promedio de 25 horas mensuales, durante las cuales se podría dedicar al personal de expediciones, que ahora emplea parte de su tiempo en la tarea de comprobación, a otras tareas. En cualquier caso, durante los primeros meses posteriores a la implantación definitiva de RFID en toda la planta, sería necesario continuar llevando a cabo el proceso de comprobación de la carga, en paralelo con la detección RFID.

5.3 FIRMA DEL ALBARÁN

Este proceso consume actualmente en torno a 2 minutos, y posiblemente no se vería demasiado afectado por la implantación definitiva de RFID en la planta. El transportista

seguiría probablemente comprobando el albarán, y el empleado de expediciones de la compañía debería cotejarlo visualmente con la orden de carga del pedido. La única reducción de tiempo que cabría esperar aquí sería la correspondiente al cierre del pedido y generación del albarán, en caso de que se llegara a su generación automática por parte del sistema una vez que se hubiera completado la orden de carga. Para unos 1.000 pedidos mensuales, como se ha comentado antes, esta reducción equivaldría a entre 8 y 10 horas al mes.

Operación	Variación a corto plazo	Variación a largo plazo
Carga	+17 horas/mes	-
Verificación del pedido	-	-25 horas/mes
Firma albarán	-	-8/10 horas/mes

Tabla 2: Variaciones de la necesidad de recursos humanos en Expediciones a corto y largo plazo tras la implantación completa del RFID.

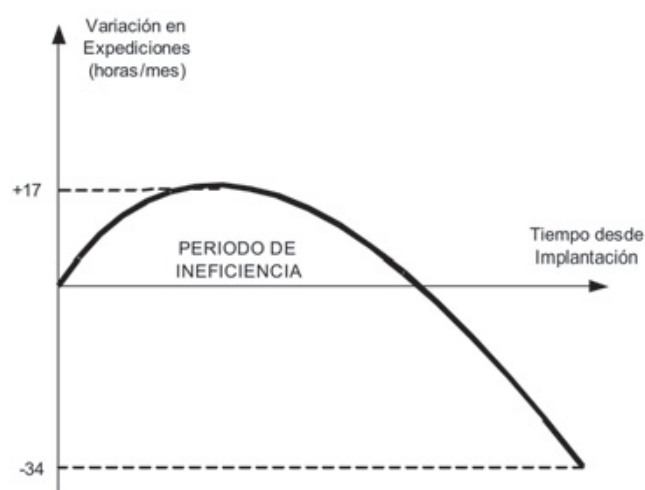


Figura 3: Evolución de la necesidad de recursos en Expediciones tras la implantación completa del RFID

6. CONCLUSIONES

Los beneficios del RFID a largo plazo están bien documentados en la literatura, cubriendo diversas áreas de la gestión de la cadena de suministro, donde la fiabilidad de la información en tiempo real y la eliminación de errores humanos son activos a valorar. Hemos analizado aquí la introducción de esta tecnología innovadora en las expediciones de una distribuidora láctea, lo cual posicionaría a la compañía como puntera a nivel nacional. De cualquier modo, lo que hemos intentado registrar aquí es la serie de problemas e inconvenientes, aparte del puramente económico, que pueden acompañar a la introducción de RFID en los procesos logísticos de una empresa. El hecho

de que esta tecnología no pueda todavía ser 100% fiable, además de diversas incidencias provocadas por el diseño del sistema y los problemas de integración, pueden causar que, bajo ciertas circunstancias, los errores humanos puedan simplemente ser reemplazados, o incluso amplificados, por errores causados por el RFID.

Durante la primera etapa de implementación, las compañías tendrían que seguir repitiendo las mismas operaciones, incluso introduciendo a veces algo más de trabajo manual y visual que antes, con lo cual incurrirán en costes adicionales e ineficiencias que también tienen que tenerse en cuenta. Los tiempos de procesamiento, la gestión de datos, las operaciones en tiempo real, la estructura del sistema y los defectos de información tienen que ser controlados de cerca, utilizando los indicadores correspondientes, para asegurar que todas las configuraciones son correctas y que la nueva tecnología no interfiere o restringe de ninguna forma el funcionamiento normal de la cadena de suministro.

De acuerdo con las experiencias documentadas en la literatura, que coinciden con lo comprobado en el piloto analizado aquí, es prácticamente inevitable sufrir un periodo de ineficiencia más o menos prolongado. El acortar este periodo lo más posible es una responsabilidad conjunta del correcto diseño del sistema RFID, de su integración con los sistemas existentes, y de su fiabilidad técnica. La tendencia a la introducción de RFID sin duda continuará en el futuro, pero las empresas tienen que ser conscientes de que, como en los casos de los ERP o los SGA, la dificultad principal radica en el periodo transitorio de adaptación del nuevo sistema, y en el salto tecnológico y organizativo que es necesario acometer.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Angeles R. (2005) RFID Technologies: Supply-Chain Applications and Implementation Issues. Information Systems Management, 22(1), 51 – 65. (<http://dx.doi.org/10.1201/1078/44912.22.1.20051201/85739.7>)
- [2] Asif Z y Mandviwalla M. (2005) Integrating the Supply Chain with RFID: An In-Depth Technical and Business Analysis. Communications of AIS, Volume 15, Article 24.
- [3] Baars H, Gille D y Strüker J. (2009) Evaluation of RFID applications for logistics: a framework for identifying, forecasting and assessing benefits. European Journal of Information Systems, 18, 578–591. (<http://dx.doi.org/10.1057/ejis.2009.32>)
- [4] Becker J, Vilkov L, Weiss B et al. (2010) A model based approach for calculating the process driven business value of RFID investments. International Journal of Production Economics, 127(2), 358–371. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.08.025>)

- [5] Bendavid Y, Lefebvre E, Lefebvre et al. (2009) Key performance indicators for the evaluation of RFID-enabled B-to-B e-commerce applications: the case of a five-layer supply chain. *Inf Syst E-Bus Manage*, 7, 1-20. (<http://dx.doi.org/10.1007/s10257-008-0092-2>)
- [6] Chan FTS y Qi HJ. (2003) An innovative performance measurement method for supply chain management. *Supply Chain Management*, 8(23), 209-223. (<http://dx.doi.org/10.1108/13598540310484618>)
- [7] Chao CC, Yang JM and Jen WY. (2007) Determining technology trends and forecasts of RFID by a historical review and bibliometric analysis from 1991 to 2005. *Technovation*, 27, 268-279. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.technovation.2006.09.003>)
- [8] Curtin J, Kauffman RJ y Riggins FJ. (2007) Making the 'MOST' out of RFID technology: a research agenda for the study of the adoption, usage and impact of RFID. *Inf Technol Manage*, 8, 87-110. (<http://dx.doi.org/10.1007/s10799-007-0010-1>)
- [9] Gunasekaran A, Patel C y McGaughey RE. (2004), "A framework for supply chain performance measurement" , *International Journal of Production Economics*, 87(3), 333-347. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.08.003>)
- [10] Hellström D. (2009) The cost and process of implementing RFID technology to manage and control returnable transport items. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 12(1), 1-21. (<http://dx.doi.org/10.1080/13675560802168526>)
- [11] Hingley M, Taylor S y Ellis C. (2007) Radio frequency identification tagging: Supplier attitudes to implementation in the grocery retail sector. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 35(10), 803-820. (<http://dx.doi.org/10.1108/09590550710820685>)
- [12] Hou JL y Huang CH. (2006) Quantitative performance evaluation of RFID applications in the supply chain of the printing industry. *Industrial Management & Data Systems*, 106(1), 96-120. (<http://dx.doi.org/10.1108/02635570610641013>)
- [13] Kelepouris T, Pramataris K y Doukidis G. (2007) RFID-enabled traceability in the food supply chain. *Industrial Management & Data Systems*, 107(2), 183-200. (<http://dx.doi.org/10.1108/02635570710723804>)
- [14] Lodewijks G, Veeke HMP and López de la Cruz AM. (2006) Reliability of RFID in logistic systems. In *Proceedings of the IEEE International Conference of Service Operations, Logistics and Informatics (SOLI'2006)*, Shanghai, China, 971-976.
- [15] Matta V y Moberg C. (2006) The Development of a Research Agenda for RFID Adoption and Effectiveness in Supply Chains. *Issues in Information Systems*, 7(2), 246-251.
- [16] Michael K y McCathie L. (2005) The pros and cons of RFID in supply chain management. *Proceedings of the International Conference on Mobile Business*, Sydney, 623-629.
- [17] Miragliotta G, Perego A. and Tumino A. (2009) A quantitative model for the introduction of RFID in the fast moving consumer goods supply chain. Are there any profits? *International Journal of Operations & Production Management*, 29(10), 1049-1082. (<http://dx.doi.org/10.1108/01443570910993483>)
- [18] Muñozuri J, Beltrán J, Rivas MA et al. (2009) Logistics management systems: an approach for the evaluation, integration and improvement of logistics processes. *Int. J. Procurement Management*, 2(4), 358-376. (<http://dx.doi.org/10.1504/IJPM.2009.026068>)
- [19] Ngai EWT, Moon KKL, Riggins FJ et al. (2008) RFID research: An academic literature review (1995-2005) and future research directions. *Int. J. Production Economics* 112, 510-520. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.05.004>)
- [20] Potdar V, Hayati P and Chang E. (2007) Improving RFID read rate reliability by a systematic error detection approach. *Proceedings of RFID Eurasia*, Istanbul, 1-5. (<http://dx.doi.org/10.1109/RFIDEURASIA.2007.4368118>)
- [21] Spekman RE y Sweeney PJ. (2006) RFID: from concept to implementation. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 36(10), 736-754. (<http://dx.doi.org/10.1108/09600030610714571>)
- [22] Tzeng SF, Chen WH. y Pai FY. (2008) Evaluating the Business Value of RFID: Evidence from Five Case Studies. *Int. J. Production Economics* 112, 601-613. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.05.009>)
- [23] Young JB. (2006) *Selecting, Buying, Installing and Using a Modern Warehouse Management System*. Lulu.com. page 53.