

Análisis de posibles aplicaciones de la tecnología RFID en la cadena de suministros del sector agroalimentario: caso del control de expediciones

**Alejandro Escudero Santana¹, Jesús Muñozuri Sanz¹, M^a del Carmen Delgado Román¹,
José Guadix Martín¹**

¹ Dpto. de Ingeniería de Organización. Escuela Superior Ingenieros. Universidad de Sevilla. Avd. Descubrimientos s/n 41092. Sevilla. aescudero@esi.us.es, munuzuri@esi.us.es, mdelgado@esi.us.es, guadix@esi.us.es

Resumen

Los sistemas RFID son sistemas de IDentificación por RadioFrecuencia. Un correcto uso de la identificación por radio frecuencia puede ser de gran ayuda en la gestión de la cadena de suministro agroalimentaria y dar un gran valor añadido a los productos que esta industria provee. Para constatar las benevolencias de la tecnología en un entorno real se desarrollo el proyecto SIRECA, dando como resultado un previsible ahorro de tiempo y errores en el control de expediciones, gracias a un sistema RFID.

Palabras clave: Identificación por radio frecuencia (RFID), gestión de la cadena de suministros (SCM), control de expediciones.

1. Introducción.

Siendo la industria agroalimentaria de las primeras en surgir, es cierto que ha sido de las industrias más tardías en incorporar las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) a su cadena productiva. Sin embargo, las nuevas exigencias comunitarias en materia de identificación y trazabilidad han provocado que estas tecnologías estén experimentando un gran auge.

Dentro de estas nuevas tecnologías, se encuentran los sistemas RFID (Carrasco *et al*, 2006). El término RFID (Radio Frequency Identification) se utiliza para referirse de forma genérica a un conjunto de tecnologías utilizadas para identificar personas, animales y objetos basadas en la comunicación sin hilos utilizando las ondas de radio.

La tecnología RFID presenta una serie de atributos y características especiales frente a otras tecnologías de identificación existentes. En primer lugar, la identificación RFID, por tratarse de una tecnología de radiofrecuencia, no requiere una línea de visión directa entre el lector y la etiqueta. Los chips RFID pueden ser leídos a través de empaquetados (por ejemplo, contenedores de cartón y envolturas plásticas usadas para el sellado de palets). En segundo lugar, las etiquetas RFID posibilitan no sólo su lectura sino también su escritura, con lo cual puede incorporarse información al producto a lo largo de su desplazamiento dentro de la cadena de suministro. Este hecho lleva a la tecnología a ser de gran utilidad en materia de trazabilidad. Por último, lectores RFID tienen la capacidad de realizar lecturas de gran número de etiquetas de forma simultánea, proporcionando una flexibilidad adicional para las

operaciones de manipulación, empaquetado y clasificación de materiales, elevando en gran medida el grado de automatización de las tareas.

Estos atributos hacen que la tecnología RFID tenga una serie de ventajas, añadiendo valores a la mera identificación de otras tecnologías. RFID puede aplicarse a muchos de los procesos de la industria agroalimentaria. Algunas de las ventajas que se prevé que proporcione RFID son la mejora en la eficiencia y en el grado de automatización de los procesos de la cadena de suministro, la reducción de los costes asociados, y un aumento en la integración con los agentes del sector, principalmente proveedores y, en mayor medida, clientes

La incorporación de la tecnología RFID en la cadena de suministros de la industria agroalimentaria, va a suponer un gran impacto. La identificación por radio frecuencia afectará a muchos aspectos internos de la empresa. La industria tendrá la necesidad de adaptarse a los cambios que la nueva tecnología va a suponer, buscando las ventajas competitivas que de ella pueden generar. Sin embargo, estos sistemas se encuentran en una fase previa a su constatación en casos reales, por lo tanto es necesario hacer un esfuerzo en adquirir conocimientos y en diseñar los nuevos procesos que permitirán hacer más competitivas a las empresas que la incorporen. Con este objetivo, dentro del proyecto SIRECA (Sistema de Identificado por Radiofrecuencia en el proceso de Expediciones de la Cadena de suministro del sector Agroalimentario) se desarrollo un piloto para el control de expediciones a través de RFID.

En el siguiente epígrafe, se explicará el proyecto de implantación de RFID en el control de expediciones. Además se comentan las mejoras necesarias a realizar en el caso de una implantación definitiva de la tecnología. En el epígrafe 3 se verán otras posibles aplicaciones de RFID dentro de la industria agroalimentaria. Por ultimo, se expondrán las conclusiones a las que se ha llegado durante el proyecto.

2. Aplicación de RFID en el control de expediciones: el proyecto SIRECA.

El proyecto SIRECA se desarrollo por la necesidad de una preparación hacia el futuro cambio que se prevé en las empresas cuando adopten RFID como tecnología de identificación. El proyecto centró sus esfuerzos en la investigación sobre el estado del arte de la tecnología RFID y su aplicación al sector agroalimentario. Además, incluyó la simulación en un entorno real, en concreto en los procesos de control de expediciones de una mancomunidad agroalimentaria, como primera generación del conocimiento en el uso de estas nuevas tecnologías y su impacto en los procesos productivos y comerciales de la cadena de suministro. Para ello, fue necesario integrar los componentes tecnológicos RFID en los procesos actuales y en los Sistemas de Información, y constatar el nivel de aportación de la nueva tecnología como herramienta eficaz para agilizar, detectar y evitar posibles errores en la salida de mercancías. El conocimiento generado permitió facilitar la toma de decisiones para la aplicación de la tecnología RFID en otros procesos productivos de la empresa.

2.1. Simulación en entorno real

Para poder comprobar los posibles beneficios de la tecnología RFID en el control de expediciones, se desarrollo un piloto en la planta de lácteos de la empresa. Este piloto fue llevado a cabo durante un mes. Durante este periodo se han podido identificar las carencias fundamentales del sistema utilizado, que habría que subsanar en una implantación definitiva, así como los beneficios del mismo.

Durante la prueba piloto se han etiquetado con RFID todos los palets de leche. Los palets etiquetados con RFID eran asignados al muelle 1 de carga (ver Figura 1), en el que se montó el pórtico con los sensores RFID (ver Figura 2).

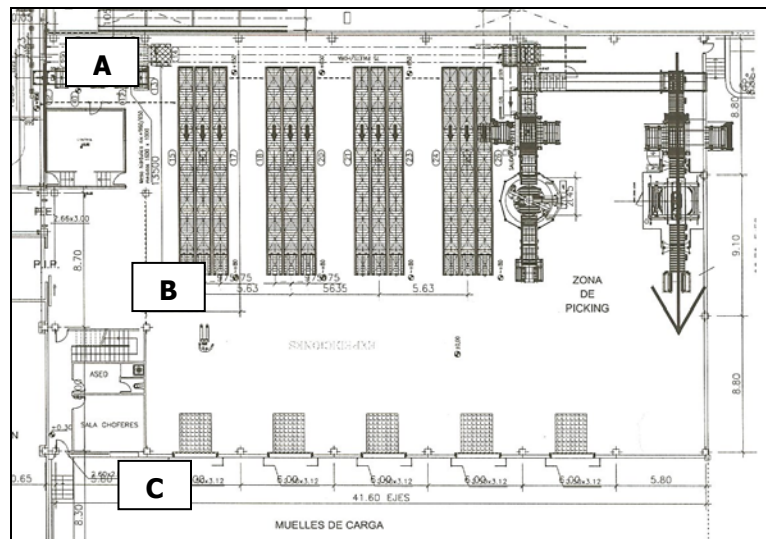


Figura 1: Zona de expediciones de la planta de lácteos (A: punto en el que se instaló la etiquetadora automática RFID; B: playa de palets asignados al muelle 1; C: muelle de carga 1, en el que se instaló el pórtico con los sensores RFID y los avisadores acústicos y luminosos).

El sistema RFID era controlado por una aplicación, a la que en adelante se llamará aplicación Sireca, que recibía información de la aplicación Siemens-Dematic, encargada de controlar el almacén automático y las expediciones de la planta de lácteos. A través de la aplicación Dematic, los encargados de expediciones asignan el muelle de salida a los diferentes pedidos, y durante el pilotaje asignaron todos los pedidos de leche compuestos por palets enteros al muelle 1. Los pedidos que contuvieran medios palets o cualquier otro producto lácteo que no fuera leche fueron excluidos del pilotaje por simplificación.

Por su parte, la aplicación Sireca filtraba los pedidos que habían sido asignados a ese muelle, y los consideraba 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.



Figura 2: Pórtico RFID

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 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 1, solamente producía la iteración de una alarma de detección de paso.

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 el sistema Dematic, recibía la indicación de etiquetar un palet cuando el sistema detectaba que había sido asignado al muelle 1.

En la mayor parte de las ocasiones, los pedidos que salen de las expediciones son cargados en los camiones por los propios transportistas. En esos casos, el personal propio de la planta de expediciones está obligado, una vez concluida la carga del pedido, a comprobar 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 Sireca. 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.

2.2. Resultados y beneficios del sistema

Los resultados que se describirán del pilote serán aquellos que versan sobre las ventajas previstas de la introducción de la tecnología RFID en el control de expediciones.

Uno de los motivos principales para la incorporación de la tecnología RFID en el control de expediciones era la reducción del tiempo de los procesos involucrados. Para tal fin se midieron dichos tiempos como indicadores. Los procesos involucrados son los siguientes:

a.1) Carga de palets:

Este proceso consume 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). En caso de implantarse la tecnología RFID en todas las expediciones, este indicador no se vería reducido, sino en todo caso aumentado.

Cuando hacemos referencia a que el tiempo podría verse aumentado es debido a que en el caso de no detectarse el palet al pasar por el pórtico RFID, sería necesario volver a sacar y meter el palet en el camión, con el consiguiente retraso en el proceso. Esta situación se ha producido en algunas ocasiones durante el pilotaje. Por tanto, una implantación definitiva requeriría, con vistas a no empeorar el indicador de tiempo de carga por palet, garantizar la detección correcta de los palets en los muelles.

a.2) Comprobación de los palets cargados:

Este proceso, 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 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.

Donde podría llegar a producirse un gran ahorro de tiempo en la expedición sería en el caso que al comprobar la carga, identificaríamos un palet erróneo. El tiempo que supondría corregir tal error podría llegar a ser cercano a la hora en el caso que el palet erróneo fuese el primero introducido en el camión. Con el inconveniente añadido de la congestión que podría a llegar a producirse en la zona de expediciones. El sistema RFID atajaría tal situación.

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 visual de la carga, ante la posibilidad de que se produjeran errores en el etiquetado de los palets o en la propia detección RFID. Sólo se podría eliminar completamente el proceso cuando el sistema hubiera demostrado la completa ausencia de errores.

a.3) Cierre del pedido y comprobación y 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 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.

Además de mejorar la logística interna en cuanto a reducir los indicadores temporales de expediciones, la tecnología RFID tendría un impacto significativo en otros eslabones de la cadena de suministros de la planta de lácteos que analizamos. Dada la configuración automática de su proceso productivo y almacenamiento, los impactos más inmediatos serían sobre el servicio a clientes, en cuanto a la reducción de errores en las entregas, y la reducción de errores de inventario en almacén.

b.1) Reducción de errores en las entregas:

Estos errores, comunes en cualquier cadena de suministros, se producen por la entrega de referencias erróneas dentro de un pedido, o por la entrega de pedidos incompletos o en exceso.

Los indicadores empleados para realizar el seguimiento de estas incidencias son:

- Porcentaje de pedidos entregados erróneos

- Tipos de errores en pedidos

En el caso de empresa en cuestión, no realizaba ningún seguimiento de estos indicadores y no tiene registros en sus bases de datos para contabilizar este tipo de incidencias. Además, en el caso de este proyecto piloto, la reducida cantidad de pedidos involucrados y la inspección exhaustiva que se realizaba en esos pedidos para detectar posibles fallos en el sistema RFID han hecho que no se considerara relevante la cuantificación de la contribución de la tecnología a la mejora de los indicadores de errores en la entrega. De todas formas un seguimiento de los indicadores mencionados está recomendado por los manuales de procedimientos de gestión logística basados en procesos, desde una perspectiva de la mejora continua del servicio al cliente.

b.2) Reducción de errores de inventario

Este error se refiere a la existencia de descuadres entre las cantidades de cada referencia que existen en el almacén en la realidad y las que existen según el sistema de información. El indicador logístico en este caso es el siguiente:

$$\text{Porcentaje de errores en inventario} = \frac{\text{Nº de unidades de más o de menos contabilizadas por el sistema}}{\text{Nº de unidades totales en inventario}}$$

La empresa tampoco realiza un seguimiento de este indicador dentro de su gestión logística, por lo que no es posible evaluar el efecto de la implantación del RFID. En cualquier caso, el etiquetado RFID de todos los palets previamente a su introducción en el almacén y la instalación de sensores RFID en los transelevadores del mismo posibilitarían un control prácticamente en tiempo real del inventario total del almacén, que se podría además contrastar con el previsto por el sistema Dematic, identificando rápidamente cualquier descuadre que pudiera producirse.

2.3. Incidencias del piloto y posibles mejoras

En general, la experiencia piloto puede calificarse de positiva, ya que la mayoría de pruebas realizadas dieron como resultado que los palets se etiquetaban correctamente, que eran detectados al ser cargados en los camiones, y que el pórtico mostraba las señales apropiadas. Por su parte, el sistema Sireca interactuaba según lo esperado con la base de datos Dematic cargando pedidos RFID y códigos de palets, y controlaba de forma adecuada que los pedidos se completaran.

Sin embargo, durante el periodo de pilotaje se identificaron una serie de incidencias en el funcionamiento normal del sistema. En algunos casos se trata de problemas cuya causa está localizada, y que precisarían únicamente de leves ajustes para ser solucionados. En otros casos, por el contrario, la causa de estas incidencias no está clara, por lo que se requeriría un análisis más en profundidad. Es importante recalcar que estas incidencias en muchos casos afectaron un número reducido de palets, esto es, a una fracción pequeña del total de palets incluidos en cada pedido RFID, si bien es cierto que, por causas diferentes en cada caso, no se consiguió completar ningún pedido totalmente libre de incidencias durante el pilotaje.

Las incidencias más relevantes detectadas durante el pilotaje, y que afectaron al normal funcionamiento del sistema fueron se podrían agrupar en dos grandes grupos. Las provocadas por lecturas irregulares de las etiquetas RFID, y las provocadas por deficiencias de la propia aplicación y que podrían ser cuestión de mejoras en caso de una implantación definitiva.

Dentro de las incidencias debido a la lectura incorrecta de las etiquetas RFID fueron algunos los motivos que las provocaron. Se comprobó durante el pilotaje que la posición de la etiqueta en el palet era de gran importancia para su correcta detección. Por lo tanto una mala posición de la etiqueta RFID al tránsito por el pórtico de detección o un incorrecto pegado de la etiqueta, podía provocar la no-lectura de la misma. Otro de los errores detectados fue la escritura incorrecta del código del palet, de esta manera, aunque los palets se habían cargado correctamente, el pedido aparecía como no completado, ya que los palets con código equivocado se habían señalado como erróneos, mientras que en el sistema no constaba que los palets correctos hubieran sido cargados.

La aplicación Sireca fue diseñada específicamente para este proyecto piloto, con el objeto de comprobar la viabilidad del sistema RFID en la gestión de las expediciones. A pesar de que la aplicación ha mostrado su consistencia y fiabilidad para llevar a cabo las tareas para las que fue concebida, durante el pilotaje se han identificado posibles mejoras a introducir, que mejorarían la utilidad de la aplicación con vistas a una implantación definitiva de la tecnología RFID en las expediciones.

Entre las mejoras consideradas se encuentra un cambio en la forma de importar la información a la aplicación Sireca. Durante el piloto Sireca importa la información sobre pedidos RFID desde la base de datos de la aplicación Dematic. A efectos de no tener esta información duplicada (ya se almacena en la base de datos de Dematic), el ideal sería que el sistema RFID leyera directamente los códigos de los palets de la base de datos Oracle de la aplicación Dematic. Otra mejora sería que la aplicación Sireca además de poder visualizar en tiempo real el progreso de la carga de los pedidos, también pudiera deshacer o cambiar el pedido en tiempo real. Esto resta flexibilidad a las operaciones de expediciones, que muchas veces se ven obligadas a modificar los pedidos sobre la marcha. En definitiva, la posibilidad de interactuar con la aplicación Sireca para modificar órdenes de carga en tiempo real es imprescindible para mantener la flexibilidad de las expediciones en caso de una implantación definitiva. Esta interactividad en tiempo real sería conveniente que también pudiera ser realizada desde el dispositivo portátil (PDA), debido al considerable ahorro de tiempo que ello supondría. Sin embargo, estas mejoras quedaron fuera de la definición del proyecto.

3. Aplicaciones RFID en la industria agroalimentaria.

Durante el proyecto se realizó también un estudio sobre las posibilidades que RFID podría tener en la empresa bajo estudio en el caso de una implantación definitiva del sistema, y cuyo análisis podría ser extensible a otras empresas agroalimentarias.

La empresa agroalimentaria en la que se desarrolló el pilotaje, además de dedicarse a la producción y distribución de productos lácteos, donde se desarrolló el piloto Sireca, tiene otras instalaciones (almacén de piensos, cebaderos y matadero-secadero) y otros procesos donde la implantación de RFID podría ser de gran interés.

Dentro de la planta de lácteos, además de para el control de expediciones, RFID podría ser utilizada para el control del inventario como ya se indicó en el apartado 2.2.

La empresa en cuestión cuenta con un almacén de piensos y su correspondiente zona de expediciones. RFID podría ser aplicada de la misma forma que en control de expediciones de lácteos.

Otra de las instalaciones con las que cuenta la empresa son unos cebaderos de ganado. En este el aporte que RFID tendría diferiría un poco de lo visto anteriormente. La principal aportación que podría realizar la tecnología RFID a la gestión de las operaciones en los cebaderos consistiría en el registro y acceso a la información en tiempo real, además de la eliminación de errores de identificación de reses. Para ello, las reses podrían ser identificadas con un tag RFID.

La combinación de la identificación mediante RFID del ganado con la incorporación de terminales móviles (PDAs) para el personal de los corrales, proporcionaría un acceso a la información de las reses de manera inmediata, y así poder actualizarla sin necesidad de llamar a administración. Esto facilitaría enormemente la gestión de los cebaderos, además de contribuir a eliminar gran parte de los errores que actualmente se producen en ellos (Geers, 1994).

La identificación del ganado a través de tags RFID hace posible registrar todo el historial (vacunaciones, alimentación, etc.) de la res, con lo que la información sería directamente suministrada al matadero sin necesidad de componer la hoja veterinaria. Por otra el sistema RFID para la identificación del ganado junto con un buen sistema centralizado de almacenamiento de datos y monitorización ofrece al ganadero una serie de valores añadidos (Nardone y Valfrè, 1999). Frost *et al* (1997) asegura que una base de datos centralizada puede permitir estudios sobre la influencia que tiene en la producción la comida suministrada al animal o las condiciones climáticas. Otra importante aplicación puede ser la detección de periodos de máxima fertilidad (Eradus y Jansen, 1999).

La utilidad del RFID en la producción de jamones, lomos y embutidos que la empresa lleva a cabo en su matadero-secadero está relacionada en todo momento con el mantenimiento de la trazabilidad. Esta trazabilidad, además, tiene un doble sentido: no sólo se trata de mantener la información sobre la vida del producto para el cliente final, como corresponde a cualquier producto alimentario, sino además, debido a que el pago a los socios proveedores se realiza en función de la calidad final de los resultados, es necesario registrar los orígenes de cada producto final a efectos de remuneración.

Por tanto, en lo referente a la trazabilidad alimentaria, las potencialidades del uso de la tecnología RFID son muy altas y un uso extensivo de la misma permitiría facilitar el control y reducir los tiempos de gestión de las crisis alimentarias.

4. Conclusiones

Con todo lo expuesto anteriormente, podemos concluir que la tecnología RFID cuenta con grandes posibilidades dentro de las empresas agroalimentarias. Una correcta introducción de RFID puede ayudar a la agilización de muchos procesos y por tanto al ahorro de tiempo en la cadena logística. Además una introducción total de RFID en la logística agroalimentaria tendría grandes beneficios para el desarrollo de una trazabilidad total de la cadena. Aunque para una trazabilidad completa, sería necesaria una estandarización a nivel mundial de la tecnología.

Además de los beneficios mencionados anteriormente, cuantificables mediante los indicadores correspondientes, existen otros efectos esperables de más difícil cuantificación, aunque deban claramente ser tenidos en cuenta a la hora de decidir sobre una eventual implantación definitiva del sistema RFID. En primer lugar, se trata de una tecnología innovadora en el sector, cuya aplicación posicionaría a la empresa bajo análisis como empresa

tecnológicamente puntera a nivel nacional. En segundo lugar, la ventaja competitiva de la que dispondría la empresa al ser pionera en la introducción del RFID, colocándose en una posición de privilegio ante sus clientes. El hecho de disponer de esta tecnología podría inducir a algunos de ellos a adoptarla, ante la automatización de procesos logísticos y de la trazabilidad asociada que proporciona. La evidencia, prácticamente sin discusión hoy en día, de que todas las cadenas de suministro terminarán por introducir el RFID en mayor o menor medida, es un incentivo.

Indudablemente, existen costes asociados que la empresa debe valorar antes de proceder a implantar el RFID de manera masiva. Estos costes se refieren por un lado al precio de adquisición de las etiquetas RFID y por otro al pago de la licencia anual por el uso del código RFID correspondiente. Mientras el segundo es un coste que no parece proclive a variar significativamente con el paso del tiempo, al primero sí cabe suponerle una tendencia clara de reducción a medida que la tecnología se vaya extendiendo y con ello vayan aumentando los volúmenes de producción de etiquetas.

Además, la empresa tendría que adaptar sus procesos a la nueva tecnología para que esta pudiera desplegar todas sus posibilidades, con el coste asociado que ello supondría. Tengamos en cuenta, que si los procesos de la empresa no son los adecuados o no están bien definidos, posiblemente RFID no mejoraría la situación.

Agradecimientos

A la Corporación Tecnológica de Andalucía (CTA) y la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía a través del Plan de Innovación y Modernización de Andalucía (PIMA)

Referencias

Carrasco Gallego, R.; Rodríguez Monroy, C. (2006). "Consideraciones estratégicas ante la implantación de un sistema de identificación por radiofrecuencia (RFID)". *Proceedings of the I International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*. Madrid.

Eradus, W.J.; Jansen, M.B. (1999). "Animal identification and monitoring". *Computers and Electronics in Agriculture*, 24:91-98.

Frost, A.R.; Schofield, C.P.; Beulah, S.A.; Mottram, T.T.; Lines, J.A.; Wathes, C.M. (1997). "A review of livestock monitoring and the need for integrated systems". *Computers and Electronics in Agriculture*, 17(2): -159.

Geers, R. (1994). "Electronic monitoring of farm animals: a review of research and development requirements and expected benefits". *Computers and Electronics in Agriculture*, 10(1):1-9.

Nardone, A.; Valfrè, F. (1999). "Effects of changing production methods on quality of meat, milk and eggs". *Livestock Production Science*, 59:165-182.

