

The Radio Frequency Identification in the Supply Chain Management: A View from Logistics Laboratory UIS

E. Acevedo, J. Arias, and J. Ramón

Abstract— in this paper presents the laboratory design for the study of integration of RFID technology in the supply chain, considering the three parties in it: supplier, distribution center, and retailer. As part of the work, the UIS logistics laboratory was built and set technical guidelines that support the basic analysis to understand the concepts related whit the electromagnetic transmission of information. Those aforementioned labors will be use in the curriculum courses in both industrial and electronic engineering. The results obtained are methodologically developed from the student experience to learning by doing.

Key Words — Radiofrequency Identification, Supply Chain, Logistic Processes.

I. INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios, la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) ha sido propuesta como una herramienta en la gestión logística de la cadena de suministro. La integración de los componentes de la cadena de suministro incluye los procesos de planeación y control de flujo, de almacenamiento e información de bienes y servicios desde un punto de origen (proveedor) hasta el consumidor (punto de venta). El laboratorio de RFID para la cadena de suministro ha sido planteado para facilitar las labores de enseñanza e investigación en la comunidad académica; de esta forma se integran los grupos de investigación en Conectividad y Procesado de Señal (CPS) y el grupo de investigación en Optimización y Organización de sistemas Productivos, Administrativos y Logísticos (OPALO) de la Universidad Industrial de Santander. El escenario que se plantea, proporcionará los elementos suficientes para que el sector industrial de la región pueda crear la guía correcta para la implementación de RFID.

Debido a las numerosas ventajas y versatilidad de la tecnología de identificación por radiofrecuencia, en varios países se han creado *testbed* con diferentes finalidades en torno a RFID. Los *testbed* son áreas equipadas con instrumentos y equipos usados en pruebas adyacentes a entornos industriales, que posibilitan el análisis estructurado de una tecnología. Los principales *testbed* RFID han sido focalizados en estudios relacionados con los retos en la implementación de sistemas RFID a lo largo de la cadena de suministro [1].

A nivel internacional, el principal centro de investigación relacionado con RFID es el “*RFID Research Center*” creado en el año 2005 y ubicado en la universidad de Arkansas (USA); ofrece servicios de instrucción e investigación a la comunidad académica en el uso de la tecnología *RFID* y los beneficios para la industria. Para tal propósito, el centro de investigación cuenta con un laboratorio de aproximadamente 1,000 metros cuadrados dotado de muelles de cargue y

descargue, bastidores de almacenamiento, sistemas de bandas transportadoras, una tienda simulada, entre otros elementos necesarios para replicar los procesos relacionados con la trazabilidad de productos a través de la cadena de suministros [3].

Adicionalmente, estudiar los fenómenos asociados con la propagación de ondas electromagnéticas emitidas en la comunicación de RFID en la banda UHF, permite establecer los alcances de la tecnología y fortalecer sus debilidades en entornos que así lo requieren. Los retos técnicos son pieza fundamental en el éxito de la implementación y operación de un sistema RFID y está directamente relacionado con la caracterización del ambiente en términos de la radiofrecuencia y los cálculos de los radioenlaces[4], además, los rangos de lectura están limitados por la habilidad de los *tag* de auto suministrarse energía de la señal portadora del mensaje de interrogación generado por el lector [5].

En este trabajo se presentan los factores esenciales para la integración de la tecnología RFID en la cadena de suministro, iniciando por entender cada uno de los componentes de un sistema básico RFID como se describe en el capítulo II, luego se describe en el capítulo III la importancia de la tecnología dentro de la cadena de suministro, para de esta forma presentar en el capítulo IV los resultados de la propuesta de laboratorio de RFID aplicado a la cadena de suministro.

II. COMPONENTES DE LA TECNOLOGÍA *RFID*

Los sistemas de RFID pueden llegar a ser muy complejos y la implementación varía entre las diferentes industrias y sectores al que pertenecen, es decir, cada estructura de los sistemas RFID tiene diferentes componentes que son personalizados de acuerdo los procesos de negocio. Fundamentalmente, los sistemas RFID están compuestos por tres principales subsistemas que se muestran en la Figura 1.

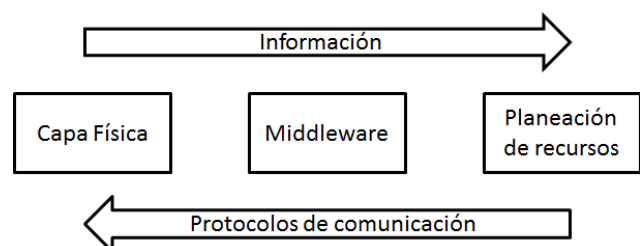


Figura 1. Componentes de la tecnología RFID

A. *Capa física*

La RFID reconoce de forma automática los objetos por medio de señales de radiofrecuencia. La RFID presenta las siguientes ventajas:

- No necesita línea directa de vista para identificar un objeto.
- Puede leer miles de productos en tan solo un segundo.
- Es resistente a condiciones del ambiente.
- Puede manejar altos niveles de seguridad de los datos.
- Se puede reescribir la información contenida.

Por otra parte, presenta desventajas en los siguientes aspectos:

- Los costos de implementación son superiores comparado con otras tecnologías de identificación de producto.
- Es sensible a interferencia electromagnética de otras fuentes y de los materiales que se etiquetan.

En la capa física de un sistema *RFID* se compone principalmente por tres elementos fundamentales: El tag, el dispositivo lector y la frecuencia de operación.

1) El tag

Es un dispositivo capaz de enviar y recibir señales de forma autónoma, está compuesto por un circuito integrado y una antena para comunicación en radiofrecuencia, su diseño puede variar dependiendo de la aplicación y es adherido al objeto que se desea identificar. Los *tags* pueden ser categorizados en general como activos (usan batería para el funcionamiento) y pasivos (no poseen batería y se alimentan usando parte de la energía de la señal que es recibida).

2) Dispositivo lector o reader,

Es el elemento fundamental de la capa física, este dispositivo procesa la señal de respuesta del *tag* recibida a través de la antena lectora y la decodifica para extraer la información que contiene [6],[7].

La antena lectora actúa como puente de comunicación entre el *tag* y el dispositivo lector, esto es posible por medio de una señal de radiofrecuencia que se emite desde el lector hasta el *tag*, el cual al recibir dicha señal responde con otra señal de radiofrecuencia codificada digitalmente con la información guardada en su *chip*.

3) Frecuencia de operación

La frecuencia de operación juega un papel importante en la selección de equipos debido a la regulación del espectro electromagnético en cada país o región mundial. A nivel internacional se encuentran cuatro bandas de frecuencias en las que *RFID* puede ser implementado, reguladas por los estándares *ISO* de la serie 18000 para uso industrial y comercial a nivel mundial [8]. Estos son: las bandas cercanas a los 125 [kHz] o LF (*Low Frequency*) y a los 13.56 [MHz] o HF (*High Frequency*), la banda de 860-960 [MHz] o UHF (*Ultra High Frequency*) y la banda cercana a los 2.4 [GHz] o conocida como la banda de las microondas. El rango de lectura depende directamente de la frecuencia de operación; la distancia de lectura para bandas LF y HF es menor a un metro y para la banda UHF es alrededor de cinco metros [9].

B. Middleware

El objetivo del middleware es procesar la información suministrada por los procesos de adquisición automática de datos. De acuerdo al nivel de complejidad del proyecto, al middleware se le atribuye el éxito de las implementaciones *RFID* debido a que desde esta capa se administran los

diferentes dispositivos de lectura, además, se entregan los datos estructurados al sistema de información de la empresa; incluso en algunas empresas se encarga de sincronizar datos con entidades relacionadas comercialmente con la empresa [10],[11].

C. Sistema de planeación de recursos

El sistema de planeación de recursos conecta el middleware con el sistema que almacena, procesa y analiza los datos adquiridos de los productos en cada transacción para soportar la toma de decisiones en los procesos de negocios [11].

El sistema de planeación de recursos se compone de dos partes:

- El sistema de análisis de aplicaciones se compone de las bases de datos, las aplicaciones de procesamiento de datos y los servidores web que procesan los datos del middleware en los requerimientos del negocio y sus instrucciones.
- La infraestructura de red permite la comunicación entre la capa física y el sistema de planeación de recursos. Las características más importantes de la infraestructura de red incluye la topología física, la lógica de la red y los protocolos de comunicación de datos.

III. RFID EN LA CADENA DE SUMINISTRO

El nivel de impacto de la tecnología *RFID* en los componentes de la cadena de suministro ha sido estudiado en los últimos años a través de simulaciones y estudios en regiones o países [12],[13].

A. La integración de la cadena de suministro

El impacto de la integración de la cadena de suministro se ha evidenciado de forma positiva como se reporta en [10],[14] y [15]. Aunque el manejo de la información para identificar cada producto que fluye desde el fabricante hasta el consumidor puede llegar a ser un problema de alta complejidad, es decir, si cada producto contiene 96 bit que lo identifica y cada día fluye un millón de productos, la ocupación de la base de datos diariamente llegaría a ser de 96 Megabits, mientras que la administración mensual estaría del orden de 2 Gigabits; a medida que aumenta el tamaño de la cadena de suministro aumentará la cantidad de información que se manipula. El problema ha sido resuelto con las aplicaciones desarrolladas para integrar y las que soportan la operación logística de cada empresa, es decir, se utiliza solo la información requerida en lugar de toda la que está contenida en el producto.

Cuando existe una relación asimétrica entre los integrantes de la cadena de suministro, las fluctuaciones en la demanda en el consumidor pueden ser amplificadas en cada componente; este comportamiento es conocido como efecto látigo (*bullwhip effect*) [16]. El factor fundamental en la integración de la cadena de suministro es la transferencia de información en el sentido opuesto al flujo de productos. El intercambio electrónico de datos (EDI) en tiempo real representa la transmisión de documentos estandarizados entre cada colaborador; esto plantea el aumento de la eficiencia en los procesos mediante la reducción en el manejo de documentos físicos, disminución del error humano en la manipulación de

información, la reducción en los tiempos de comprobación de órdenes de pedidos, entre otros [17].

B. RFID en los componentes de la cadena de suministro

Comprender los principales retos que ha superado la tecnología RFID en el sector logístico conduce a un buen diseño del escenario y soporta el impacto positivo que tiene en los escenarios reales.

1) Proveedor

El proveedor puede administrar eficientemente la producción utilizando la realimentación del comportamiento del mercado. Además, se puede lograr la reducción de inventarios y la distribución eficiente del producto, la respuesta eficiente a la demanda, disminución de las pérdidas de los productos en las actividades de transporte y reducción, entre otros [18].

2) Centro de distribución

El nivel de impacto de la tecnología RFID en los grandes centros de distribución ha sido validado. Los sistemas de gestión de almacenes soportados en RFID pueden adquirir, transferir, verificar y manipular grandes volúmenes de datos en intervalos cortos de tiempo [19].

El foco de atención en este escenario es el manejo de inventarios, la tecnología RFID puede superar ampliamente las barreras que se tiene con la tecnología de código de barras.

3) Minorista

El comercio minorista ha declarado el impacto negativo del producto que no se encuentra a la vista del cliente “out of shelf” en el comportamiento del cliente; declarándolo como el principal problema a resolver con la tecnología RFID [15]. Resolviendo la anterior dificultad se puede gestionar el reaprovisionamiento del producto en tiempo real; de tal forma que el cliente tenga siempre a su disposición el producto.

IV. RESULTADOS

El laboratorio de logística RFID de la universidad Industrial de Santander es un escenario para la investigación del impacto de la tecnología de identificación por radiofrecuencia en la integración de la cadena de suministro y en cada uno de sus principales componentes.

Para cumplir con la misión del laboratorio de logística RFID se planearon dos enfoques principales: el enfoque logístico y el enfoque técnico.

A. Enfoque logístico

El objetivo del laboratorio de logística busca comprender el rol de los tres principales eslabones de la cadena de suministro e integrar tecnología RFID en sus principales procesos logísticos para lograrlo se cuenta con los instrumentos necesarios para la captura de información en cada escenario y la integración de tecnologías de información en la comunicación entre ellos.

El laboratorio cuenta con un área aproximada de 130 metros cuadrados, El plano 2D de la distribución del laboratorio Figura 2; en el esquema se observa la ubicación de las secciones y los principales elementos que conforman la cadena de suministro dentro del laboratorio de logística RFID - UIS.



Figura 2. Plano de distribución del laboratorio

El recorrido dentro de la cadena de suministro inicia desde la sección del proveedor, donde se imprimen los *tags* que identifican los productos con los que se abastece la bodega, en cuya entrada se sitúa el portal RFID que controla el ingreso de los productos; y para la inspección en la salida de los mismo se utiliza un túnel interrogador; por último, en el punto de venta se reciben los productos que salen de la bodega y estos son almacenados en la estantería inteligente RFID que mantiene actualizado el inventario en tiempo real.

1) Proveedor

El proveedor cuenta con un espacio de almacenamiento de productos para soportar la demanda de productos.



Figura 3. Escenario del proveedor.

Por otra parte, en este lugar se etiqueta cada uno de los productos que serán enviados al centro de distribución así como el contenedor. En este escenario se entregan elementos que permitan diferenciar los tipos de códigos estandarizados que son utilizados en la cadena de suministro; Para el producto, el código electrónico de producto (EPC) contiene un serial que lo identifica como producto (código EAN-13) adicionando el número único de identificación para cada producto y la fecha de fabricación. El embalaje de los

productos está identificado con el EPC que se identifica con el *Serial Shipping Container Code (SSCC)*; utilizado en la cadena de suministro para identificar las unidades logísticas.

El software de gestión del proveedor analiza el comportamiento de la demanda y genera alarmas de producción de lotes de productos (etiquetas) de más alta demanda.

2) Centro de distribución

El proceso de inspección de las unidades logísticas que ingresan a la bodega se realiza con un portal de entrada; se diseñó y construyó una estructura metálica flexible que proporciona un soporte para antenas lectoras, con la finalidad de configurar un portal lector *RFID* usualmente situados en la entrada y/o salida de bodegas, se destaca la característica de ajustarse a diferentes entornos, además, permite ubicar antenas lectoras en diversas posiciones y orientaciones según se requiera.

En el control de salida de productos se dispone de un túnel interrogador que facilita la lectura de grandes volúmenes de productos confinados; permitiendo de esta forma el análisis de un escenario que puede estar inmerso en la logística minorista.



Figura 4. Portales de entrada (izquierda) y salida (derecha).

Dentro de la bodega se tiene un espacio de acopio donde se estudian los principales beneficios de la tecnología *RFID* en los procesos de almacenamiento, además, se dispone de un dispositivo portátil que facilita las labores de captura de inventario in situ y el proceso de alistamiento de pedidos (*picking*).



Figura 5. Escenario de almacenamiento – bodega

El sistema de gestión del centro de distribución se subdivide en tres principales subsistemas:

- Gestión del centro de distribución es el encargado de planear, ejecutar labores logísticas internas como el alistamiento, almacenamiento y la toma de inventarios.
- El módulo de administración de compras se encarga de analizar la demanda para realizar pedidos al proveedor.
- El Módulo de ventas, realiza transacciones electrónicas con los minoristas.

3) Punto de venta

Para la simulación de procesos de almacenamiento y actualización de inventarios en tiempo real en un punto de venta, se diseñó una estantería de madera donde se tiene incluidas cuatro antenas para el reconocimiento de los productos depositados en ella; a este tipo de estanterías se les reconoce como "estanterías inteligentes".

Por otra parte, se cuenta con un punto de venta dotado con una antena *RFID* que permite la identificación automática de los productos que se venden al consumidor final.



Figura 6. Punto de venta. (Fondo: estantería inteligente. Frente: Punto de pago)

El punto de venta cuenta con un sistema de software que permite llevar con detalle el control de las ventas, un módulo para la gestión comercial, el control de inventarios, clientes, reportes, así como la facturación electrónica.

B. Enfoque técnico

A pesar de las numerosas ventajas brindadas por la implementación de *RFID*, existen ciertos criterios que deben ser considerados al momento de seleccionar los elementos que hacen parte de un sistema de identificación basado en esta tecnología. Factores técnicos y de diseño, el tipo de aplicación que se requiera junto a la inversión económica, influyen directamente. Algunos criterios a tener en cuenta son las condiciones del entorno, la frecuencia de trabajo, los objetos a identificar, potencia emitida y alcance de lectura [20].

La tecnología *RFID* pasiva, es usada comúnmente en aplicaciones en la logística de la cadena de suministro y se destaca por el tamaño de los *tags*. En la selección de los dispositivos de lectura y las antenas se tiene en cuenta la asignación espectral regulada para Colombia; en este país la *RFID* está regulada por el estándar americano que signa el rango de frecuencias entre los 902 a 928 MHz. Por otra parte,

la polarización de las antenas lectoras influye en los rangos de lectura y la sensibilidad en la identificación de los *tags*. El *tag* se cataloga como el elemento clave en un sistema *RFID*, por lo tanto, la correcta elección y el uso adecuado es indispensable para el éxito de la implementación. Las ondas electromagnéticas utilizadas en la comunicación entre el lector y el *tag* pueden o no establecer comunicación entre ellos, esto dependiendo del material con que se fabrica el producto etiquetado.

Teniendo en cuenta las investigaciones relacionadas con los retos técnicos de *RFID*, pruebas efectuadas y resultados obtenidos, se generó un conjunto de guías prácticas dirigidas a los usuarios del laboratorio, con el objetivo de representar escenarios industriales que posibiliten el análisis de la tecnología *RFID* aplicada a la cadena de suministro. La secuencia de trabajo se observa en la Figura 7.

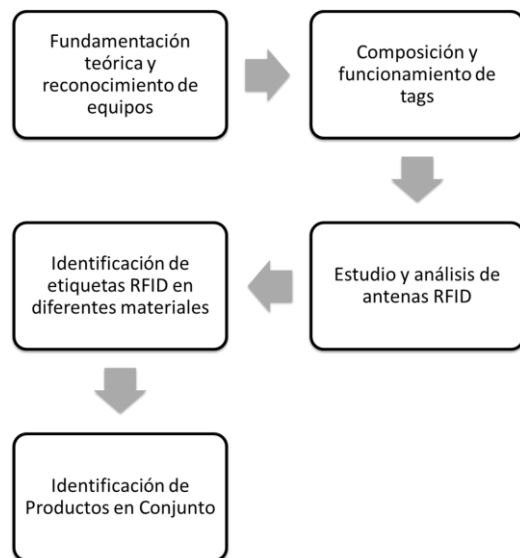


Figura 7. Guías técnicas de *RFID*.

Las guías proyectan inicialmente una idea general de un sistema *RFID*, los elementos que lo conforman, los principales parámetros y/o conceptos; su desarrollo comprende el reconocimiento de distintos *tags* identificando su estructura, configuración y uso dentro del sistema, además, exponen las principales características y parámetros de las antenas lectoras. Consecutivamente, presentan el estudio de los fenómenos que afectan la propagación de las ondas y su reacción al incidir en diferentes materiales, finalizando con la determinación de los problemas que se generan al tratar de identificar varios productos a la vez.

V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se presentan los resultados de diseño de un laboratorio de logística para estudiar la integración de identificación por radiofrecuencia en la gestión de la cadena de suministro; de tal manera que se exponga el escenario que actualmente cuenta la Universidad Industrial de Santander apoyado por los programas de Ingeniería Industrial e Ingeniería Electrónica. El laboratorio de logística soportado en la tecnología de *RFID* permitirá acercar a las empresas en temas relacionados con el impacto logístico y el análisis

técnico de la estrategia a implementar según el producto que se comercializa; es decir, la integración de tecnologías para la gestión de la cadena de suministro no solo implica analizar la gestión logístico, sino que acarrea análisis expertos de la tecnología en el escenario que concierne a su organización.

REFERENCIAS

- [1] Y. Choi, J. U. Won, and J. H. Park, "An experimental testbed for parcel handling with *RFID* technology," *2006 8th International Conference Advanced Communication Technology*, p. 6 pp.–326, 2006.
- [2] R. Khelladi, M. Djeddou, and M. Benssalah, "Design and implementation of passive UHF *RFID* system," *2012 24th International Conference on Microelectronics (ICM)*, no. Icm, pp. 1–4, Dec. 2012.
- [3] J. Patton and B. Hardgrave, "An Overview And Introduction To The *RFID* Research Center At The University of Arkansas," *IEEE APPLICATION & PRACTICES*, pp. 12–13.
- [4] a. a. Goes, P. Cardieri, and M. D. Yacoub, "Characterization of the *RFID* deterministic path loss in manufacturing environments," *2012 IEEE 23rd International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications - (PIMRC)*, pp. 647–652, Sep. 2012.
- [5] M. S. Trotter, J. D. Griffin, and G. D. Durgin, "Power-optimized waveforms for improving the range and reliability of *RFID* systems," *2009 IEEE International Conference on RFID*, pp. 80–87, Apr. 2009.
- [6] F. Xavier, O. K. Hikage, M. S. de Paula Pessôa, and A. L. Fleury, "A view about *RFID* technology in Brazil," *Technology Management for Global Economic Growth (PICMET), 2010 Proceedings of PICMET '10:*, pp. 1–9, 2010.
- [7] Z. Wang, H. Wang, and Y. Pang, "Integration of Logistics Information System and *RFID* Technology," *2009 International Conference on Information Technology and Computer Science*, pp. 138–141, Jul. 2009.
- [8] LIBERA, "RFID: TECNOLOGÍA, APLICACIONES Y PERSPECTIVAS," *WHITE PAPER*, 2010.
- [9] J. Li and C. Tao, "Analysis and Simulation of UHF *RFID* System," *2006 8th international Conference on Signal Processing*, pp. 0–4, 2006.
- [10] L. Liu, Z. Chen, D. Yan, Y. Lu, and H. Wang, "RFID in Supply Chain Management," *2010 International Conference on E-Business and E-Government*, pp. 3279–3282, May 2010.
- [11] J. Hongen and C. Yu, "Business Intelligence and *RFID* in SCM," *2009 International Conference on Management of e-Commerce and e-Government*, pp. 335–338, 2009.
- [12] R. Reddy, "Status of Supply Chain Management in India," *International journal of Emerging technology and advanced Engineering*, vol. 2, no. 7, pp. 429–432, 2012.
- [13] P. Chuang and J. Barnes, "A two-dimensional expectation-perception analysis for *RFID* benefits in supply chain management," *Computers and Industrial ...*, 2010.
- [14] G. Li, H. Yang, L. Sun, and A. S. Sohal, "The impact of IT implementation on supply chain integration and performance," *Intern. Journal of Production Economics*, vol. 120, no. 1, pp. 125–138, 2009.
- [15] D. Chatziantoniou, K. Pramataris, and Y. Sotiropoulos, "Supporting real-time supply chain decisions based on *RFID* data streams," *The Journal of Systems & Software*, vol. 84, no. 4, pp. 700–710, 2011.
- [16] Z. Y. Hua, W. Ke, and Z. Jian, "RFID Integration Re-engineering of Supply Chain," *2010 Third International Symposium on Information Science and Engineering*, pp. 302–305, Dec. 2010.
- [17] B. H. P. J. Vermeer, "How Important is Data Quality for Evaluating the Impact of EDI on Global Supply Chains?," vol. 00, no. c, pp. 1–10, 2000.
- [18] Y. Zang and L. Wu, "Application of *RFID* and RTLS Technology in Supply Chain Enterprise," *2010 International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering*, pp. 1–4, Sep. 2010.
- [19] B. Yan, Y. Chen, and X. Meng, "RFID Technology Applied in Warehouse Management System," *2008 ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management*, pp. 363–367, 2008.