

SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA, CÓDIGO DE BARRAS Y SU RELACIÓN CON LA GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

ALEXANDER CORREA ESPINAL *

Ph.D. en Estadística e Investigación de operaciones, Universidad Politécnica de Cataluña, España.
Profesor Escuela de Ingeniería de la Organización, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
Grupo de investigación "GIMGO", afiliado a la Universidad Nacional de Colombia.
Dirigir correspondencia a: Carrera 80 No 65-223 Bloque M8B-208 - Facultad de Minas, Bogotá, Colombia.
alcorrea@unal.edu.co

CARLOS ESTEBAN ÁLVAREZ LÓPEZ

Ingeniero Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
Investigador, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
Grupo de investigación "GIMGO", afiliado a la Universidad Nacional de Colombia.
cealvarl@unal.edu.co

RODRIGO ANDRÉS GÓMEZ MONTOYA

Ingeniero Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
Profesor Ingeniería Industrial, Corporación Universitaria Lasallista, Colombia.
Dirigir correspondencia a: Carrera 51 No. 118 Sur 57. Caldas, Antioquia, Colombia.
rogomez@lasallista.edu.co

Fecha de recepción: 16-03-2009

Fecha de corrección: 11-05-2009

Fecha de aceptación: 23-07-2010

RESUMEN

El artículo muestra, a través del análisis de libros, artículos científicos y algunos estudios existentes, el estado del arte y la relación entre los sistemas de identificación (código de barras y radiofrecuencia) y la gestión de la cadena de suministro, en aplicaciones significativas a nivel mundial y de Colombia. Para ello, se compilan conceptos generales de los sistemas de identificación presentando sus definiciones, componentes de hardware/software, aplicaciones en la cadena de suministro y el uso que grandes, medianas y pequeñas empresas le otorgan. El estudio pone en evidencia la importancia que estas tecnologías tienen para mejorar el desempeño y la trazabilidad, simplificar operaciones, reducir costos y agilizar los flujos de información en la cadena de suministro.

PALABRAS CLAVE

Sistemas de identificación, código de barras, radiofrecuencia, gestión de la cadena de suministro.

Clasificación JEL: L24, L69, M15

* Autor para correspondencia.

ABSTRACT

Identification systems that use radiofrequency and barcodes and their relation with supply chain management

This article provides a bibliographic review that shows the state-of-the-art and the relation between identification systems (barcode and radiofrequency based) with the supply chain management in significant applications worldwide and in Colombian industry, based on an analysis of books, papers, and case studies available. To do this, a compilation was made of general concepts of identification systems, emphasizing barcode and radio frequency-based systems. It includes definitions, hardware/software components, their applications in the supply chain and its use by small, medium-sized and large companies in the country. This provides evidence of the importance of these technologies to improve performance and traceability, simplify operations, reduce costs, and streamline information flows in the supply chain.

KEYWORDS

Identification systems, barcode, radiofrequency, supply chain management.

RESUMO

Sistemas de identificação por radiofrequência ou código de barras e sua relação com a gestão da cadeia de fornecimento

Este artigo de revisão bibliográfica mostra o estado da arte e a relação entre os sistemas de identificação (código de barras e radiofrequência), com a gestão da cadeia de abastecimento, em aplicações significativas a nível mundial e na Colômbia, através da análise de livros, artigos científicos e alguns estudos existentes. Para isso, foram compilados conceitos gerais dos sistemas de identificação, apresentando as suas definições, componentes de hardware/software, aplicações na cadeia de abastecimento e o uso que as grandes, médias e pequenas empresas lhes concedem no país. Pondo em evidência a importância que estas tecnologias têm para melhorar o desempenho, a rastreabilidade, simplificar operações, reduzir custos, e agilizar os fluxos de informação na cadeia de abastecimento.

PALAVRAS CHAVE

Sistemas de identificação, código de barras, radiofrequência, gestão da cadeia de abastecimento.

INTRODUCCIÓN

La identificación de productos a través de la cadena de suministro ha adquirido relevancia en el ámbito empresarial debido a que cada vez se presentan mayor cantidad de transacciones, se requiere información para la planeación y control de las operaciones de los actores participantes de la cadena (proveedores, productores, transportadores, distribuidores y clientes) y se ofrece la trazabilidad del producto como valor agregado y medio para satisfacer normas y requerimientos legales de operación.

Por este motivo, este artículo de revisión bibliográfica busca describir los sistemas de identificación de código de barras y radiofrecuencia en cuanto a sus conceptos generales y revisión de aplicaciones significativas a nivel mundial y en Colombia con el objetivo que profesionales y población académica conozcan y se interesen en la utilización y desarrollo de la investigación alrededor de estas tecnologías.

La selección de esta metodología basada en revisión bibliográfica se justifica desde la perspectiva que permite identificar, describir y sintetizar cómo los conceptos de radiofrecuencia y código de barras han sido desarrollados conceptualmente en diferentes libros (Brewer, Button. y Hensher, 2001; Frazelle, 2001; GS1 Colombia, 2008a; Meyers y Stephens, 2006; Singer, 2006); revistas científicas indexadas (Lee, Cheng y Leung, 2009), y estudios de entidades relacionadas con la logística como GS1 y SENA, entre otros. De otra parte, a partir de los resultados que ofrece este tipo de metodología se pueden sacar conclusiones o plantear agendas de investigación que permitan identifi-

car su enfoque actual y aplicaciones en la cadena de suministro nacional e internacional, académico y empresarial, lo cual puede convertirse en la base de investigaciones científicas primarias alrededor del tema, en proyectos de implementación en ámbitos empresariales o en la base de estudios sectoriales para diagnosticar sus aplicaciones en diferentes sectores económicos en Colombia.

El artículo se encuentra dividido en dos partes. La primera se compone de conceptos generales sobre los sistemas de identificación, el código de barras y radiofrecuencia, hasta incluir aspectos particulares como sus diferencias, aplicaciones en la cadena de suministro, hardware/software. En tanto, la segunda parte incluye la revisión de revistas científicas/comerciales y estudios especializados desarrollados en el mundo y en Colombia que describen su aplicación.

1. GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

La gestión de la cadena de suministro (o *Supply Chain Management* –SCM por sus siglas en inglés), puede ser considerada como un concepto clave en el ámbito empresarial ya que permite coordinar y sincronizar los procesos logísticos críticos a través de flujos de información y productos, los cuales facilitan la integración y colaboración de los actores de la cadena de suministro y la generación de ventaja competitiva a sus clientes. Por su parte, las tecnologías de código de barras y radiofrecuencia son sistemas de identificación de productos y captura de datos que contribuyen a que los flujos de información en la gestión de la cadena de suministro se

realicen de manera eficiente y ágil, de ahí que en este numeral se describa la relación entre estos conceptos.

La gestión de la cadena de suministro es definida por Frazelle (2001) como el medio que permite la administración y orientación de las operaciones en la cadena de suministro, a través de planes que facilitan la colaboración, integración y coordinación entre sus actores (proveedores, productores, distribuidores y clientes). Adicionalmente, Gunasekarana, Laib y Chenge (2008) describen que “una efectiva gestión de la cadena de suministro implica el intercambio de información y productos, entre proveedores y clientes, incluyendo fabricantes, distribuidores, y otras empresas que participan en el funcionamiento de la cadena de suministro” (p. 550). Por su parte, Waters (2007) indica que la gestión de la cadena de suministro busca minimizar costos, aumentar valor al cliente final, eliminar cuellos de botella en los procesos logísticos, mejorar los tiempos de respuesta al consumidor y facilitar la trazabilidad, visibilidad e identificación de los productos a través de la cadena de suministro. Además, dentro de esta se identifica como elemento clave el intercambio de información entre sus participantes, cobrando especial importancia los sistemas de identificación de productos tales como el código de barras, la radiofrecuencia, los sistemas de biometría, entre otros, que facilitan el intercambio de información, trazabilidad y visibilidad de los productos y transacciones en la cadena de suministro.

Finalmente, se puede indicar que a través del artículo se hará una revisión bibliográfica que permita conocer la relación y aplicaciones de los siste-

mas de identificación en la gestión de la cadena de suministro, con mayor énfasis en los sistemas de código de barras y radiofrecuencia.

2. SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO

En el mercado hay diferentes sistemas que permiten la identificación de los productos a nivel manual y automático, en diferentes ámbitos de aplicación como la cadena de suministro, los servicios, el sector manufacturero etc. Según Cervera (2003) estos sistemas suelen componerse de un elemento portador de la información, un lector y un sistema de información. Por este motivo, a continuación se presentan los principales sistemas de identificación de productos y los estándares diseñados para su uso, los cuales fueron observados durante la revisión bibliográfica.

Clases de sistemas de identificación

En el ámbito empresarial existen diferentes sistemas de identificación que pueden ser utilizados según las necesidades y capacidades de las empresas. A continuación, se listan y describen algunos de estos sistemas que pueden emplearse en la cadena de suministro:

- **Sistemas de visión:** utilizan cámaras de videos o imágenes fotoeléctricas conectadas a software que permiten la identificación de productos a través de sus características, formas o especificaciones (Cervera, 2003).
- **Reconocimiento óptico de caracteres:** los cuales están compuestos

por formas impresas sobre los productos y son reconocidos por haz de luces que son traducidos por algoritmos computacionales, para obtener la información contenida (Marshall, 1991).

- El reconocimiento de voz humana: es un sistema de identificación para reconocer palabras que conlleva obtener información de objetos y/o personas (Monsó, 1994)
- Sistemas de radiofrecuencia o RFID (*Radio Frequency Identification* por sus siglas en inglés): los cuales usan el principio de ondas de radio para identificar los productos con capacidades de almacenamiento de información variable y actualizable a través de la cadena de suministro (GS1 Colombia, 2008a).
- Código de barras: es un sistema compuesto de líneas y espacios que sirve para la captura de información de los productos (GS1 Colombia, 2008a).

Finalmente, se debe indicar que el código de barras y RFID suelen ser los sistemas de identificación más referenciados en la gestión de la cadena de suministro, debido a que su aplicación puede ser estandarizada a través de los lineamientos establecidos por GS1 mundial. En el desarrollo del artículo se profundizará en las generalidades, usos y componentes de estos sistemas en la cadena de suministro.

3. SISTEMA DE CÓDIGO DE BARRAS

3.1. Generalidades del código de barras

Según Myerson (2006) el código de barras es una etiqueta electrónica

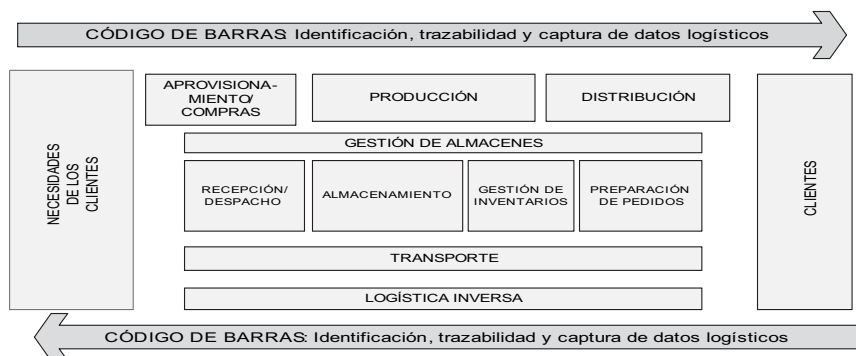
leíble, pegada a los productos o contenedores, que proporciona información tal como origen, destino, tipo de producto, información de la factura, entre otros aspectos claves en la identificación del producto. Por su parte, GS1 Colombia (2008a) lo define como una herramienta que sirve para capturar información relacionada con los números de identificación de artículos comerciales, unidades logísticas y localizaciones de manera automática e inequívoca en cualquier punto de la red de valor. Además, puede ser utilizado en la identificación y control de documentos, personas u objetos en procesos de intercambio de información y productos, tomando igual importancia tanto para quien entrega como para quien recibe, incluyendo el mejoramiento de la trazabilidad.

Finalmente, se puede indicar que el código de barras suele ser considerado uno de los sistemas de identificación de productos y captura de datos en los procesos logísticos y la cadena de suministro más utilizados por sus costos, facilidad de implementación y variedad de aplicaciones que van desde el proceso de compras hasta la distribución, inventarios e información, entre otros procesos que serán descritos en el próximo subnumeral.

3.2. Aplicaciones en la cadena de suministro

El código de barras presenta un conjunto de aplicaciones en la gestión de la cadena de suministro y la logística e incluye aspectos generales como: identificación de productos y unidades logísticas, su trazabilidad y visibilidad (Myerson, 2006) y captura de datos en diversos procesos (ver Gráfico 1).

Gráfico1. Cadena de suministro y código de barras



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el Gráfico 1, el código de barras puede ser aplicado a través de la cadena de suministro y la logística, en procesos tales como el aprovisionamiento/compras, la gestión de almacenes, administración de inventarios, producción, transporte, distribución y el cliente. Adicionalmente, se debe indicar que su configuración y utilización puede variar según las necesidades y características de las empresas o cadena de suministro y los impactos en productividad a generar. Algunas aplicaciones puntuales del código de barras en los procesos enunciados con anterioridad son:

- En el proceso de aprovisionamiento y compras, puede ser utilizado para la identificación y seguimiento de órdenes, documentos de proveedores e identificación de los productos en los catálogos de compra (Muller, 2003). Adicionalmente, puede ser coordinado con el sistema de administración de inventarios para emitir órdenes de compra automáticas, basadas en puntos de reorden predeterminados en el proceso (Meyers y Stephens, 2006).
- En procesamiento de pedidos se utiliza para la recopilación electrónica de información de los productos, lo cual puede acelerar y mejorar la precisión en las operaciones (Ballou, 2004).
- En la gestión de almacenes suele ser usado en la identificación de productos, estanterías y ubicaciones, alimentación del sistema de información logístico de la empresa, actividades de preparación de pedidos o picking y trazabilidad, las cuales suelen ser críticas para atender adecuadamente las necesidades de los clientes (Lambert, 2008).
- En los procesos de producción puede ser utilizado para identificar y realizar trazabilidad a los productos y capturar datos de listas de materiales, números de *SKU* (*Stock Keep Unit*),¹ inventario en proceso, cantidad de desperdicios, máquinas y opera-

¹ Sistema de numeración que hace a un producto o artículo discernible de todos los otros.

rios utilizados en la fabricación, y número de trabajo ejecutado (Muller, 2003).

- En los procesos de despacho, transporte y distribución, suele ser utilizado para el registro y salida de mercancía de los almacenes y la trazabilidad de los productos a través de sus medios de transporte, desde los puntos de venta y canales de distribución hasta el cliente final (Rahman y Raisinghani, 2000).

Finalmente, se puede concluir que el código de barras es un sistema de identificación posicionado en el medio empresarial con diversas aplicaciones que impactan procesos de la cadena de suministro desde el aprovisionamiento, pasando por la preparación de pedidos y producción, hasta la gestión de almacenes, control de inventarios, distribución y transporte. Adicionalmente, se debe considerar que algunos de estos usos tienden a ser reemplazados y/o complementados por sistemas de radiofrecuencia (RFID), el cual ofrece beneficios tales como información en tiempo real y trazabilidad.

3.3. Software/hardware y proveedores de los códigos de barras

Un sistema de código de barras sue-

le estar compuesto por un software (S) y hardware (H), los cuales son indispensables para su adecuada operación.

En el Gráfico 2 se puede observar que el código de barras se compone de cuatro elementos, los cuales operan de la siguiente manera: primero, se selecciona la etiqueta, se imprime y se adhiere a los productos u objeto a identificar; posteriormente, cuando requiere utilizar sistema, se lee la etiqueta con el lector, lo cual activa el sistema de información, recupera y registra la información relacionada.

Para detallar la funcionalidad de cada uno de los componentes, a continuación se describen sus generalidades:

- El código es el número de identificación asignado a los productos, activos, contenedores, unidades logísticas, documentos u objetos a identificar. Adicionalmente, GS1 Internacional ha aprobado seis tipos de códigos de barras los cuales varían según la aplicación y cantidad de información a almacenar. En la Tabla 1 se ilustran dichos códigos, características y aplicaciones, en donde se observan algunos de los códigos de barras que pueden ser utilizados en la cadena de suministro. Por su variedad y

Gráfico 2. Componentes del sistema de código de barras

Fuente: Adaptado de Maximumdata (2009).

Tabla 1. Tipos de códigos de barras

EAN(European Article Number)
· Usado en retail o tiendas minoristas. · Los más comunes son el EAN-13 y el EAN-8.
RSS (Reduced Space Symbology).
· Usado para productos de pequeño tamaño o difícil de marcar. · Puede ser leído en punto de venta. · Menor tamaño que el EAN. · Facilita la trazabilidad y autenticación de productos.
ITF-14
· Usado solamente para cajas de cartón corrugado. · No puede usarse en el punto de venta.
GS1 DataBar
· Escaneable en puntos de venta. · Menor tamaño que el EAN. · Aplicaciones sector salud.
GS1-128 o EAN-128
· Puede contener todas las características y atributos de identificación del producto. · No puede usarse en el punto de venta. · Uso para almacenamiento y control de inventario.
GS1 DataMatrix
· Es el único símbolo de matriz 2D. · Ampliamente utilizado en el sector salud.

Fuente: Elaboración propia a partir de información de GS1 Colombia (2008a).

restricción de aplicaciones, antes de seleccionarlos se debe analizar en qué y dónde serán utilizados, con el fin de aprovechar al máximo sus beneficios y garantizar su adecuada operación.

- El lector o escáner es un aparato electro-óptico que lee los caracteres y espacios del código. Se debe garantizar que este rayo no sea más ancho que los caracteres porque puede leer varios al mismo tiempo y causar errores (Muller, 2003).
- En cuanto a la impresión de las etiquetas se utilizan diferentes tipos de impresoras tales como: térmicas, de punto, tinta y láser (Muller, 2003).
- Los sistemas de información son alimentados por los datos contenidos en el código de barras que

son capturados por medio del escáner, el cual minimiza los errores de digitación (Amaya, 2002). Adicionalmente, estos sistemas permiten almacenar y realizar la operación de análisis sobre los datos logísticos recolectados.

En síntesis, el código de barras es una herramienta que permite la identificación de productos y diversas aplicaciones en la cadena de suministro, basándose en software y hardware como etiquetas, impresoras, lectoras y sistemas de información. Adicionalmente se debe indicar que han comenzado a surgir nuevas tecnologías de identificación como el RFID, el cual presenta mayores ventajas operativas como velocidad y disminución de errores en la identificación de los productos, pero desventajas como altos costos de implementación respecto al código de barras, en el cual

suelen predominar bajas inversiones para su implementación, madurez operacional, simplicidad y confiabilidad de uso.

4. SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA (RFID)

El sistema de identificación por radiofrecuencia (RFID) suele ser uno de los más utilizados en la gestión de la cadena de suministro por los beneficios que puede ofrecer en la captura de información en tiempo real y en minimizar los errores en la identificación de los productos, lo cual puede agilizar y mejorar algunos procesos de la cadena de suministro a través de la trazabilidad, visibilidad y toma de decisiones en tiempo real. Por este motivo, en el presente numeral se describirá el RFID desde sus generalidades, que incluyen su definición, usos y ventajas/desventajas hasta aspectos particulares como aplicaciones en la cadena de suministro y sus componentes de software y hardware.

4.1. Generalidades de RFID

El RFID es una tecnología que usa ondas de radio para identificar productos de forma automática, involucrando etiquetas o TAGS que emiten señales de radio a unos dispositivos llamados lectores, encargados de recoger las señales. Por su parte, Brewer *et al.* (2001) lo definen como una tecnología que permite administrar, identificar y realizar trazabilidad a productos y objetos a través del uso de etiquetas. En tanto, según Er, Lian y Lian (2008), el RFID puede ser utilizado para identificar y seguir una variedad de objetos por medio de aplicaciones estáticas o dinámicas, tales como el

control de activos y la trazabilidad logística, respectivamente.

En cuanto a las principales ventajas de utilización del RFID, Singer (2006) identifica algunas como: capacidad de almacenamiento de datos; la información contenida en los tags puede ser variable; las etiquetas pueden ser leídas de forma simultánea; no es necesario el contacto visual entre el lector y la etiqueta (GS1 Colombia, 2008b); las actualizaciones del inventario y las ubicaciones de los productos se pueden realizar en tiempo real; identificación única del producto a través de la cadena de suministro (Hines, 2004); el incremento de la visibilidad y trazabilidad del producto; y la reducción de costos e incremento en la exactitud y agilidad en las operaciones de manipulación e identificación de productos en la cadena de suministro (Singer, 2006).

Entre las desventajas en el uso de sistemas RFID se encuentran los altos costos iniciales de implementación, especialmente por los tags; la reestructuración de procesos, el entrenamiento del personal y la existencia de sistemas de información compatibles. Otra desventaja es que en la actualidad puede representar baja exactitud en la lectura para identificación de productos debido al nivel de madurez de la tecnología, por ejemplo, Glover y Bhatt (2006) indican en un estudio realizado, que esta se encontraba entre el 80% y 99%, la cual es baja y genera una mala gestión logística.

4.2. Aplicaciones en la cadena de suministro

Según Myerson (2006) la cadena de suministro con RFID busca ofrecer

visibilidad y trazabilidad a través de los diferentes procesos involucrados. Adicionalmente, Lee *et al.* (2009) indican que el RFID permite eliminar errores en el registro de inventarios, disminuir actividades y mejorar el aseguramiento de los inventarios. Estas definiciones muestran el alcance e impacto que puede tener el RFID en la cadena de suministro como medio de mejoramiento de operaciones, identificación y captura de información de los productos en tiempo real a través de las funciones involucradas en su gestión como la planeación, control, programación etc. Adicionalmente, Kumar (2007) indica que el RFID contribuye a la mejora de la eficiencia en la cadena de suministro debido a la simplificación en

operaciones, reducción de roturas de inventario y costos. En la Tabla 2 se muestra el impacto del RFID en la cadena de suministro.

En la Tabla 2 se observa cómo el RFID impacta en los diferentes procesos que intervienen en la cadena de suministro especialmente en la trazabilidad y visibilidad de los productos, lo cual es la base para mejorar la productividad y reducir costos. En el Gráfico 3 se aprecian las contribuciones específicas por proceso logístico, considerando un impacto alto y medio.

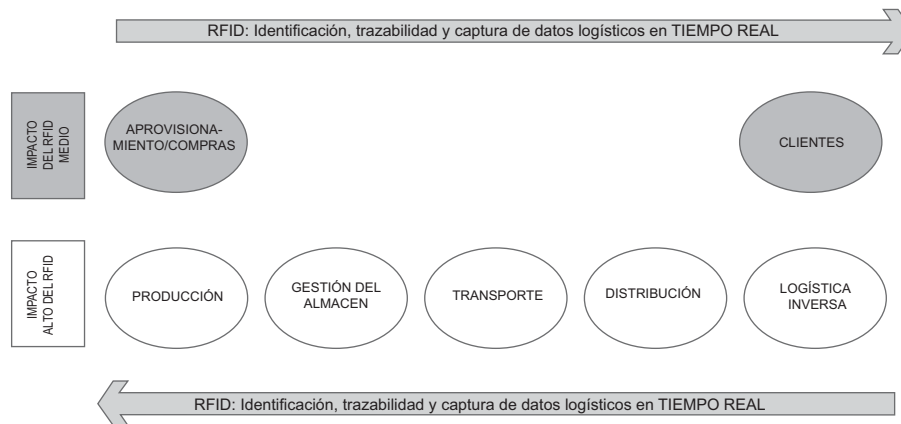
Igualmente, se observa que el RFID puede ser utilizado en diversos procesos de la cadena de suministro, presentando un impacto diferente en cada uno de ellos. Para ampliar su

Tabla 2. Impacto del RFID en la cadena de suministro

SCO (Supply Chain Optimization)
El RFID y la investigación de operaciones permiten:
· Optimización de las operaciones en la cadena de suministro. · Mejoramiento en la programación de actividades. · Reducción de cuellos de botella. · Maximización de la trazabilidad de los productos.
SCIV (Supply Chain Inventory Visibility).
El RFID lo reemplaza debido a que permite realizar la trazabilidad y rastreo de los inventarios en tiempo real.
SCV (Supply Chain Visibility)
· Aumento de la visibilidad de los productos en la cadena de suministro por medio de RFID. · Mejoramiento del control y seguimiento del inventario.
SCPM (Supply Chain Process Management)
· Identificación y resolución de problemas en tiempo real. · Generación de alertas cuando no se cumplen las actividades o se alcanzan los niveles de rendimiento planeados.
SCE(Supply Chain Execution)
El RFID impacta en la ejecución en la cadena de suministro debido a que permite conocer información en tiempo real sobre la ubicación de productos, personal, entre otros.

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. Cadena de suministro y RFID



Fuente: Elaboración propia.

descripción, a continuación se describe su uso en algunos procesos:

- El aprovisionamiento puede ser impactado por el RFID cuando es usado para compartir información de inventarios y proveedores, lo cual puede contribuir a que este proceso sea más eficiente y eficaz (Cavinato, Flynn y Kauffman, 2006).
- En la gestión de almacenes el RFID contribuye a la mejora de la trazabilidad, actualización de inventarios en tiempo real, automatización de actividades y registro de información de los productos (Brewer *et al.*, 2001).
- Según Dehoratius y Raman (2004) el RFID permite mejorar la gestión de inventarios debido a que ayuda a aumentar la confiabilidad de sus registros, lo cual puede permitir la mejora en la toma de decisiones relacionadas con el reabastecimiento y reducción de costos de operación (Brown, Inman y Calloway, 2001).
- En el proceso de distribución el RFID puede permitir el aumento de su eficiencia, debido a la agilización de la entrega de productos o materias primas y la implementación de prácticas de justo a tiempo, que permitan la eliminación de operaciones que no generan valor y la automatización de operaciones de recepción, lo cual puede aumentar la eficiencia y la eficacia (Tompkins y Harme-link, 2004).
- En la gestión del transporte la tecnología de RFID suele ser empleada en los camiones, peajes y en la administración de flotas para monitorear la entrada y/o salida de terminales de las cargas, su ubicación y estado en el medio de transporte, lo que permite una trazabilidad en tiempo real (Hunt, Puglia y Puglia, 2007).
- En relación con el cliente el RFID puede ofrecer visibilidad e información del producto (proveedor, fecha y lugar de fabricación, etc.)

en cualquier punto de la cadena de suministro. Adicionalmente, posee la capacidad de interacción con sistemas de pago lo cual facilita las operaciones al usuario y mejora el flujo de dinero a través de la cadena de suministro (Hines, 2004).

- La logística inversa con RFID puede proporcionar información del producto y facilitar así su recuperación para su disposición, tratamiento, cambio y/o sus operaciones necesarias (Kumar, 2007). De lo anterior se puede indicar que esta tecnología ofrece beneficios a productos con restricciones ambientales como las baterías o desechos, que una vez terminan su ciclo de vida deben ser recuperados.

De otra parte, para aumentar el aprovechamiento de este sistema de identificación se recomienda el uso del EPC (*Electronic Product Code*), el cual es un estándar utilizado con los sistemas RFID que permite identificar cada unidad de producto de manera única a nivel mundial por medio de la asignación de un código a la etiqueta; de esta manera, ofrece trazabilidad y visibilidad en la cadena de suministro y mejora su gestión y control (EPCGlobal, 2010). Se debe aclarar que un sistema de RFID sin el uso del EPC permite identificar productos pero no de manera única en la cadena de suministro.

Finalmente, a partir del análisis de las aplicaciones del RFID en la cadena de suministro, se observa que este contribuye a aumentar su eficiencia y eficacia a través de actividades de trazabilidad en tiempo real, aumento en la satisfacción del cliente, reducción de costos por simplificación de

operaciones y mejoramiento en la gestión de inventarios, lo cual conlleva a una planeación de demandas y necesidades más ajustadas. Sin embargo, se debe indicar que en su uso se identifican algunos inconvenientes como la falta de masificación de la tecnología, lo cual supone altos costos de implementación y procesos logísticos mal estructurados debido a la madurez.

4.3. Software/hardware y funcionamiento

El RFID se soporta en un conjunto de software y hardware que será descrito en el presente subnumeral, acompañado de la identificación de algunos de sus proveedores en el país, con el fin de mostrar sus componentes técnicos de operación.

Según Ernie (2004) un sistema típico de RFID está compuesto de hardware como un tag o etiqueta, una antena, un lector (reader) que se comunica con la etiqueta y una impresora. En cuanto al software, estos suelen utilizar decodificadores o middleware los cuales transmiten y alinean los datos capturados a los sistemas de información de la empresa y/o cadena de suministro. En el Gráfico 4 se presentan los componentes y funcionalidad RFID clasificados por software y hardware. En las Tablas 3 y 4 se describen las generalidades de cada uno de los componentes.

En la Tabla 3 se observa que existen diferentes tipos de etiquetas como las pasivas, activas y semipasivas, su uso puede variar según las aplicaciones, ambiente de operación, capacidad técnica e inversión y las características de los productos o ítemes a identificar.

Gráfico 4. Componentes de un sistema de radiofrecuencia

Etiquetas o tags Lectores y Antenas Middleware Sistemas de información

Impresora

Fuente: Adaptado de Wisys (2009).

Tabla 3. Etiquetas de RFID

Las etiquetas o tags	· Son dispositivos pegados a los productos a identificar y seguir. · Capacidad de transmisión de información de tiempo real (Jones y Cheng, 2007). · Están compuestos de circuitos integrados y antena miniatura.	Clasificación de etiquetas	Activas
			· Alcance hasta de una milla (Haley, Jacobsen y Robkin, 2007).
			· Poseen batería.
			· Mayor costo y menor duración que las pasivas (Ernie, 2004).
			Pasivas
			· No poseen batería y su energía depende de la antena.
			· Mayor vida útil que las activas (Ernie, 2004).
			· Cobertura limitada a la antena y lectores (Shepard, 2005).
			Semipasivas
			· Combinan las capacidades de las dos primeras etiquetas descritas.
			Lectura
			· La información del tag no es modificable (Ernie, 2004).
			Reescribibles
			· Puede modificarse su contenido en los diferentes procesos de la cadena de suministro (Ernie, 2004).

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, en la Tabla 4 se presenta la descripción de conceptos como lectores, antena, impresoras y software. De allí se puede concluir que el RFID está compuesto por un conjunto de hardware y software que se debe configurar según las necesidades y aplicaciones en la cadena de suministro.

Finalmente, se puede indicar que el RFID puede agilizar y ofrecer mayor confiabilidad en algunas operaciones en la cadena de suministro, tales como la trazabilidad, visibilidad, la mejora en la precisión de la planeación de la demanda, el transporte, la producción y los planes de aprovisionamiento, debido a que suministran información

Tabla 4. Componentes del RFID

Lectores o readers (H).	• Son dispositivos que reciben y transmiten las ondas de las etiquetas (Jung, Chen y Jeong, 2007). • Leen los productos que poseen etiquetas. • Permiten la captura e integración de información (Glover y Bhatt, 2006).	Antenas (H)	• Reciben y envían las señales causadas entre la etiqueta y el lector (Jung <i>et al.</i>, 2007). • Su alcance de lectura varía según el tipo de etiqueta utilizada. • Se debe garantizar la no existencia de interferencias como metales o humedad (Haley <i>et al.</i>, 2007).
Impresora (H)	• Permite imprimir la información y los códigos sobre la etiqueta. • La codificación puede ser un código de barras (Glover y Bhatt, 2006).	Middleware (S)	• Sistema computarizado que recoge los datos del lector de RFID, por lo cual es considerado un administrador (Jung <i>et al.</i>, 2007). • Estandariza tráficos de información entre lectores y etiquetas (Glover y Bhatt, 2006).
Sistema de Información (S)	• Se utilizan los datos capturados por medio del sistema RFID para alimentar sistemas de información que tienen funcionalidades de planeación, ejecución y control de procesos empresariales y logísticos, tales como, ERP, WMS (Warehouse Management System), TMS (Transportation Management System), entre otros.		

Fuente: Elaboración propia.

en tiempo real. En cuanto a su uso, puede presentar algunas desventajas como altos costos de implementación debido al valor de sus etiquetas, hardware y software, y problemas en su operación debido al no aseguramiento de la confiabilidad de los niveles de lecturas. Adicionalmente, se observó la complementariedad con otros sistemas de identificación como el código de barras, lo cual está generando mayor capacidad en la identificación y visibilidad de productos en la cadena de suministro.

5. COMPARACIÓN ENTRE CÓDIGO DE BARRAS Y RFID

Como se ha venido describiendo a través del artículo, los principales sistemas de identificación en la gestión de la cadena de suministro son el código de barras y el RFID, los cuales presentan funciones y características particulares que los convierten en alternativas para ser implementados

de forma independiente o conjunta (en cuyo caso se habla de sistemas de identificación híbrida). Para identificar y plantear las complementariedades de estas dos tecnologías se presenta la Tabla 5, donde se consideran aspectos tales como sus definiciones, ventajas/desventajas, hardware/software y aplicaciones en la cadena de suministro.

En la Tabla 5 se puede observar que los sistemas de código de barras y RFID tienen el mismo objetivo que es identificar productos, pero sus diferencias se presentan en las ventajas/desventajas, como por ejemplo, costos de implementación y la confiabilidad en las lecturas de productos del código de barras respecto al nivel que presenta el RFID que varía entre el 80% y el 99% que todavía es bajo para garantizar una adecuada productividad y fiabilidad para desarrollar las operaciones en la cadena de suministro.

Tabla 5. Análisis comparativo entre código de barras y RFID en la cadena de suministro

Código de Barras	Radiofrecuencia
Definición	
· Es una herramienta que permite capturar datos e identificar productos en la red de valor (GS1 Colombia, 2008a).	· Es una tecnología que usa ondas de radio para identificar productos de forma automática por medio de Tags (GS1 Colombia, 2008a).
Aplicaciones e impactos en la cadena de suministro	
· Administración de inventarios.	· Trazabilidad y visibilidad de productos.
· Identificación de productos en procesos logísticos.	· Actualización de inventarios e ubicaciones en tiempo real (Branch, 2008).
· Gestión ubicaciones en centros de almacenamiento.	· Administración y control de actividades de transporte.
· En la gestión del transporte para identificar y registrar las cargas que esta moviliza.	· Mejora los flujos de información en la cadena de suministro.
Ventajas y desventajas	
· Invariabilidad de la información contenida en la etiqueta de código de barras.	· Mayor capacidad de almacenamiento de datos respecto al código de barras.
· Rango de lectura limitado.	· La información de las etiquetas puede ser variable y reutilizable.
· Necesidad de un operador para la lectura de los códigos (Jung <i>et al.</i> , 2007).	· Identificación simultánea de productos.
· Costos de implementación más bajos respecto al RFID.	· No requiere operario para lectura (GS1,2008a).
· Actualmente posee mayor confiabilidad en las lecturas de identificación de productos que el RFID.	· Las actualizaciones de inventario y ubicaciones se realizan en tiempo real.
	· Mayor capacidad de trazabilidad (Hines, 2004).
	· Reducción de costos e incremento en la exactitud y eficiencia en las operaciones de manipulación e identificación de productos (Singer, 2006).
	· Problemas de confiabilidad de lectura por lo nuevo de la tecnología (Glover y Bhatt, 2006).
Hardware**	
Etiqueta, lector o escáner, impresora.	Etiquetas y/o tags, lector o reader, antenas, impresora.
Software**	
Sistemas de información como WMS, ERP, TMS, entre otros.	· Sistemas de información como WMS, ERP, TMS, etc.
	· Middleware o decodificador.
Implementación	
· Comienza con la obtención del prefijo de la compañía en GS1 (GS1, 2008a).	· Identificación de los niveles de eficiencia de los procesos.
· Se determina la simbología de los códigos a emplear según la aplicación y tipo de producto.	· Determinación de tipo de infraestructura y recursos para el desarrollo de sistema de RFID (Schuster, Allen y Brock, 2006).
· La empresa asigna los códigos a los productos.	· Selección del tipo de tags, antenas, lectores y sistemas de información.
· Se selecciona el sistema de impresión de etiquetas y ambiente de escaneo.	· Pruebas pilotos e implementación definitiva del sistema.
· Se verifica calidad y ubicación del código en el producto (Palmer,1995).	
Evaluación de la inversión	
· Se emplean técnicas como el ROI (<i>Return Over Investment</i>) o retorno de la inversión apoyado de la evaluación del valor presente neto.	
· Las medidas permiten evaluar el impacto del sistema en el desarrollo de las actividades logísticas de la empresa y el grado de recuperación de la inversión (Jung <i>et al.</i> , 2007).	

** Para obtener información y descripción del hardware y software del código de barras y RFID se recomienda revisar los numerales 3.3 y 5.3 del presente artículo.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al hardware y software, los dos sistemas presentan diferencias en componentes e inversiones. En el caso del código de barras es sencillo debido a que utiliza una etiqueta o código impreso sobre el producto, impresora, lector y sistemas de información para el tratamiento y análisis de los datos. Por su parte, el RFID muestra mayores componentes de hardware y software como antenas, lectores, impresoras, etiquetas, decodificadores y sistemas de información, lo cual aumenta las inversiones aunque lo más preocupante es el nivel de dificultad en su implementación.

Finalmente, se puede indicar que una tendencia actual es utilizar sistemas híbridos de código de barras y RFID, debido a la masificación y madurez de uso del mercado del primero y las ventajas operacionales e información que ofrece el segundo, lo cual los convierte en complemento en vez de competencia para las empresas que buscan aumentar su productividad y competitividad a través del mejoramiento de los procesos de la cadena de suministro y el fortalecimiento de las relaciones con sus actores y clientes.

6. APLICACIONES SIGNIFICATIVAS DE RFID Y CÓDIGO DE BARRAS EN LA LOGÍSTICA EN EL MUNDO Y EN COLOMBIA

Este numeral tiene como objetivo presentar algunas aplicaciones significativas de los sistemas de código de barras y en especial de la radiofrecuencia en la logística a nivel mundial (Estados Unidos y Europa) y Colombia, por medio de la revisión y análisis de algunos libros, artículos

científicos y estudios. Finalmente, para facilitar la presentación de los resultados el numeral se divide en dos partes, la primera comprende las aplicaciones en el mundo, mientras la segunda muestra la situación colombiana.

6.1. Aplicaciones significativas a nivel mundial

El sistema de códigos de barras es una tecnología que ha sido utilizada aproximadamente desde los años setenta en los países industrializados. Por este motivo, suele ser considerado un sistema de identificación maduro, con variedad de aplicaciones documentadas y conocidas en el medio.

Por otra parte, el RFID/EPC es una tecnología que puede conllevar la reducción de costos y aumento de la productividad de las empresas y su cadena de suministro. En la Tabla 6 se presentan algunos resultados de pruebas pilotos y estudios de investigación desarrollados en el mundo que demuestran estos impactos y beneficios.

A partir de los beneficios de las pruebas pilotos e investigaciones de implementación de RFID en la cadena de suministro, se identifica que este permite reducir costos en las operaciones logísticas a través del mejoramiento de la gestión de inventario, simplificación y automatización de procesos, aprovechamiento del personal, confiabilidad de la información, entre otros aspectos que contribuyen a la productividad de la empresa y la cadena de suministro.

Aparte de los beneficios presentados, a continuación se revisan algunos

Tabla 6. Beneficios de EPC en pruebas pilotos e investigaciones

Véronneau y Roy (2009)
• La implementación de RFID en la cadena de suministro de una corporación global de crucero puede contribuir a la reducción de un 63% de las órdenes de compras no solicitadas que recibe el proceso de recepción, lo que puede representar ahorros de USD\$27.000. • Con las órdenes justificadas, se pueden alcanzar reducción de costos de un 22% que equivalen a USD\$10.000, debido a la automatización de la recepción y visibilidad de los productos. • El RFID también contribuye a la reducción de robos que pueden representar ahorros.
Tajima (2007)
• El RFID permite disminuir en un 40% el tiempo de conteo del inventario y reducción de un 90% de errores humanos en el manejo de materiales en centros de distribución. • En un estudio a 37 supermercados, se identificó que este aumento en un 65% de la confiabilidad de los datos de inventarios, impacta en el mejoramiento de las operaciones de despacho y pronósticos de ventas. • Facilita la colaboración e intercambio de información en la cadena de suministro. • Permite disminuir entre un 50 y 80% de los costos de personal de manejo de materiales. Además, permite automatización de información en operaciones <i>crossdocking</i>² y disminución de errores en actividades de despacho. • Reducción de roturas de inventarios en cadenas de supermercados y mejoramiento de las actividades posventa como manejo de garantías y disposición de productos.

Fuente: Elaboración propia.

casos de aplicación de RFID/EPC a nivel mundial en empresas de diferentes sectores tales como Unilever (consumo masivo), United Biscuits (alimentos), Defensa de los Estados Unidos, Wal-Mart y Metro (retail), lo que permite conocer experiencias prácticas en el área de la cadena de suministro, incluyendo las ventajas y desventajas que estos encontraron en su implementación y uso.

- **Unilever** (Ángeles, 2005): es una empresa mundial que maneja productos de consumo masivo tales como alimentos y cuidado personal entre otros; implementó un sistema de control de movimiento y trazabilidad de pallets en su almacén de producto terminado basado en

RFID/EPC. El impacto de la implementación de la radiofrecuencia en Unilever ha sido el incremento de pallets manipulados por día y la disponibilidad de información logística para la toma de decisiones, lo cual se traduce en reducción de costos y aumento de la eficiencia.

- **United Biscuits** (Ángeles, 2005): es una empresa de alimentos del Reino Unido que implementó RFID/EPC para el control de movimiento de materias primas, el pesaje, mezcla y cocción involucrados en la preparación de tortas, galletas y comidas preparadas. La operación del sistema de radiofrecuencia consiste en la lectura de tags montados en un

² Crossdocking: operación que recibe productos de múltiples proveedores o orígenes con el fin de preparar los pedidos con los materiales entrantes y despacharlos inmediatamente sin incurrir en almacenaje (Chen, Guo, Lim y Rodrigues, 2006).

bin (cubo) que se encuentran en el comienzo del proceso y que permiten verificar que no haya errores. El impacto de la implementación de este sistema se debe a que su ambiente de operación presenta metales y humedad, lo cual se convierte en caso de referencia de empresas que operen en condiciones similares. En cuanto a las mejoras operacionales, debido al uso de la radiofrecuencia, la empresa reporta mejoramiento de la eficiencia, confiabilidad de la información, seguimiento en la trazabilidad de los productos y disminución de errores.

- **Wal-Mart** (Deeb, 2006): es uno de los más grandes retailers en el mundo con ingresos a 2005 de USD\$285 billones. Posee aproximadamente 1,6 millones de empleados, 1.000 tiendas y 70.000 proveedores mundiales. En cuanto al uso de sistemas de RFID/EPC en la logística, se han utilizado para la identificación de productos (lo cual le ha permitido aumentar su rotación en casi 10%); para compartir información con proveedores; para la trazabilidad de cargamentos y pedidos; para que los consumidores puedan revisar información de inventario real acerca de los productos entregados y almacenados en las tiendas; y para desarrollar un sistema de descarga de camiones que permite a los trabajadores conocer dónde y con qué prioridad deben ser ubicadas las cajas en las estanterías. Finalmente, se debe indicar que el uso de radiofrecuencia en Wal-Mart ha permitido que este aumente su eficiencia operacional, nivel de satisfacción del cliente

y la promoción de la difusión de aplicación de dicha tecnología, ya que posee programas de apoyo para que sus proveedores lo implementen mundialmente.

- **Procter y Gamble** (Myerson, 2006): en el 2001 esta empresa implementó un sistema de RFID/EPC para identificación de pallets por medio de tags y antenas. Se buscaba eliminar un cuello de botella en el puerto de carga de camiones, el cual no permitía a los operadores de montacargas realizar sus operaciones adecuadamente lo que conllevaba cometer errores de despacho que impactaban los costos y nivel de servicio a los clientes.
- **Departamento de Defensa de los Estados Unidos** (Hunt *et al.*, 2007): tiene un plan de implementación de sistema de radiofrecuencia para la identificación de las necesidades de aprovisionamiento de productos y sitios de guerra, el cual comenzó a operar con cien proveedores en el 2005. Dentro de los productos a comprar, los proveedores deben colocar una etiqueta de radiofrecuencia pasiva sobre pallets, cajas o productos individuales, tales como: repuestos y componentes de armas, ropa, productos de uso personal, etc. La implementación de dicho plan comenzó en el 2004 y continúa hasta la fecha. Se debe indicar que la implementación de este tipo de sistemas ha permitido a la defensa de los Estados Unidos mejorar la eficiencia y el tiempo de respuesta en las operaciones de aprovisionamiento, los cuales son claves en la guerra.

- **Metro Group** (GS1 Colombia, 2008a): es una cadena de retailers con aproximadamente 2.400 puntos de venta presentes en treinta países. En la actualidad desarrolla un proyecto denominado The Future Store, basado en RFID/EPC, el cual es una integración de las empresas Metro Group, SAP e Intel, para desarrollar un supermercado inteligente a través de la implementación de un tag en todos los productos con el fin de controlar los inventarios en tiempo real, poseer un sistema automático de abastecimiento y un sistema híbrido de código de barras, realizar promociones personalizadas y aumentar la trazabilidad de los clientes, entre otros.

En cuanto a Asia, se identifica la propuesta de Vue, Wu y Bai (2008) la cual consiste en implementar RFID/EPC en la cadena de suministro farmacéutica con el fin de mejorar sus operaciones, realizar trazabilidad y aumentar la seguridad de medicamentos. Adicionalmente, en el mundo se observan otros casos de aplicación de RFID/EPC en la cadena de suministro, tales como TESCO (cadena de retailer mundial), International Paper y Whirlpool, las cuales la emplean para controlar inventarios en tiempo real y realizar trazabilidad de los productos (GS1 Colombia, 2008b).

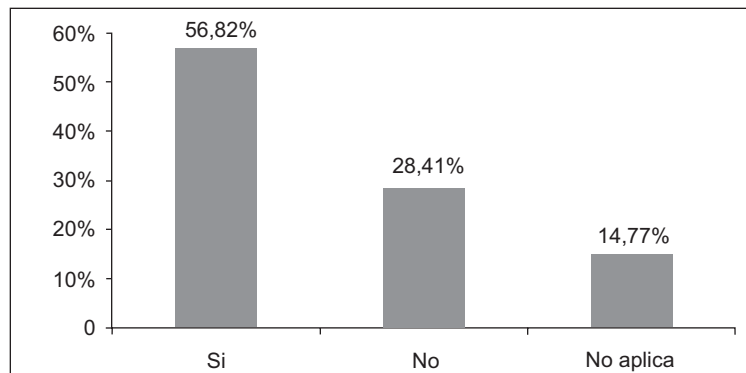
Como se pudo apreciar anteriormente, se está comenzando la implementación de sistemas de radiofrecuencia con aplicaciones en la cadena de suministro y en diferentes sectores en grandes empresas de países industrializados, principalmente de Europa, Estados Unidos y Asia.

Adicionalmente, se identificó que se proyecta el uso de 103 billones de tags en dichos sectores. En cuanto a las aplicaciones revisadas, se observó que estas suelen ser empleadas para identificar los productos de forma única a través del EPC, controlar inventario en tiempo real, realizar trazabilidad de productos, intercambiar información, planear, automatizar y controlar operaciones logísticas (transporte, aprovisionamiento automático, etc.), lo cual permite mejorar la eficiencia y satisfacción del cliente. Finalmente, se debe resaltar que no se identificaron metodologías o casos de aplicación que orientaran y mostraran los beneficios económicos y productivos de la implementación de sistemas de radiofrecuencia en empresas pequeñas y medianas, lo cual puede convertirse en una oportunidad de investigación, si se tiene en cuenta que este tipo de organizaciones son las encargadas de dinamizar la economía y las operaciones de la cadena de suministro en el ámbito internacional.

6.2. Revisión de aplicación en Colombia

En el año 2006, el SENA realizó el estudio *Caracterización de la logística en Colombia* con una muestra de 88 empresas de diferentes sectores y tamaños (30 multinacionales grandes, 34 medianas y 24 pequeñas). Dichas muestras recolectaron información primaria por medio de encuestas enviadas a la población meta, lo que permitió conocer el grado de utilización y necesidad de las tecnologías de identificación de productos (código de barras y radiofrecuencia) (ver Gráfico 5).

Gráfico 5. Nivel de utilización de sistemas de identificación en Colombia



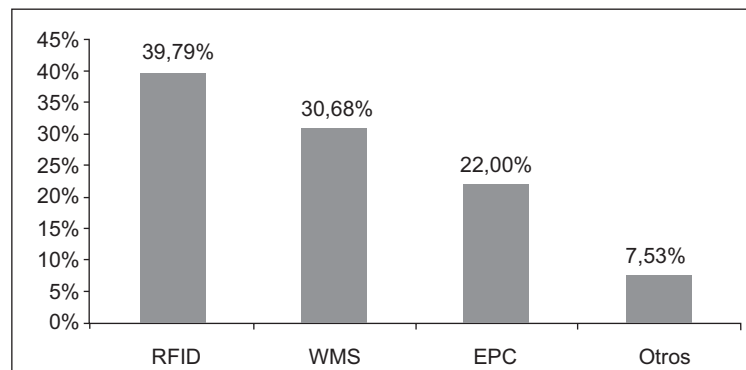
Fuente: Adaptación de Puentes (2006, p. 47).

Como se observa en el Gráfico 5, el 56,82% de las empresas tienen implementados sistemas de codificación, el 28,41% indicó que no lo tenía aunque los necesitara y el 14,77% restante respondió que no aplicaba a las operaciones de su empresa. A partir de estos resultados, se puede inferir que el grado de implementación de estos sistemas de identificación se puede considerar bajo teniendo en cuenta los beneficios e impactos que genera en la cadena de suministro a través de la simplificación de operaciones, facilidad que ofrece a las actividades de colaboración entre sus actores y

los costos moderados de implementación que puede presentar el código de barras.

Adicionalmente, en este mismo estudio se indica que una tendencia de las empresas encuestadas es la implementación de sistemas de identificación por radiofrecuencia utilizando el estándar EPC aplicada en la gestión de almacenes y trazabilidad de los productos en la cadena de suministro, el cual permite identificar los productos de manera única. En el Gráfico 6 se presenta la tendencia de implementación de tecnologías de la

Gráfico 6. Tendencia de utilización de TIC en Colombia



Fuente: Elaboración propia.

información y comunicación (TIC's) en la logística.

En el Gráfico 6 se observa que un 39,79% de las empresas espera implementar un sistema de identificación por medio de RFID y, dentro de este porcentaje, un 22% está interesado en utilizarlo con el estándar internacional del sistema de identificación único de producto (EPC). Estas cifras indican el potencial de utilización en el país.

Según el estudio realizado por Logyca (2008), en el cual tomaron como muestra 21 operadores logísticos del país, se observó que los sistemas de identificación por RFID son utilizados en 57,10% de estos operadores. Dentro de las posibles razones de uso se puede considerar la capacidad de inversión, desarrollo tecnológico, complejidad de las operaciones logísticas que manejan y cultura organizacional enfocada a la utilización de TIC.

GS1 Colombia, administrador de los estándares de código de barras y RFID (EPC) en el mundo con presencia en Colombia, indica que algunas empresas han comenzado con la implementación de este tipo de sistemas con utilización del estándar EPC. Dentro de las empresas identificadas se encuentran: Noel (Alimentos, 2005)³, Hermeco (Textil, 2006), Familia (Papel, 2006), Éxito-Noel (Hipermercado, 2006), Grupo Corona que comprende Hipercentros y Homecenter (Cerámicas, 2007), Federación de Cafeteros (Café, 2007) y la propuesta para el sector transporte. A partir de estos pilotos, GS1 Colombia (2008b) muestra unos indi-

cadores de los beneficios obtenidos de aplicación del sistema EPC:

- Incremento de la productividad y eficiencia en los centros de distribución y bodegas.
- Disminución del 24% en los tiempos de los procesos.
- Disminución hasta del 60% de los costos administrativos generados por errores en despachos.
- Disminución hasta del 30% por tomas de inventarios.
- Incremento de ventas por disponibilidad en góndola.
- Información más exacta y oportuna para reducción del nivel de inventarios.

De lo anterior se puede deducir que los beneficios generados impactan en la productividad de la empresa en cuanto a disminución de costos, reducción de tiempo de procesos, incremento de ventas y disponibilidad de información logística para la toma de decisiones y planificación de actividades. Adicionalmente, se debe considerar que pueden existir otras empresas en proceso de implementación de sistemas de RFID por la popularidad e importancia que ha adquirido dicha tecnología.

Cabe resaltar que las empresas que están en proceso o han implementado EPC son clasificadas como grandes, las posibles razones para que las pequeñas y medianas empresas de Colombia no la implementen pueden ser la falta de conocimiento de la tecnología, altos costos de implementación, bajo desarrollo de su

3 En este párrafo los valores entre paréntesis corresponden al sector al que pertenece la empresa en mención y el año en que ésta implementó el sistema de RFID, respectivamente. Por ejemplo, en este caso, Noel es una empresa de alimentos que implementó el RFID en 2005.

organización logística y ausencia de metodologías científicas o empresariales que describan sus beneficios e impactos económicos y operativos de su implementación a nivel interno y en la cadena de suministro.

La utilización de sistemas de identificación de código de barras se ha masificado en las grandes empresas y en las pymes, debido a sus bajos costos de implementación y al hecho de convertirse en una exigencia para vender a las cadenas de almacenes y minimercados, las cuales los suelen utilizar para control interno de productos, simplificación de sus operaciones logísticas y procesos de pago (Correa y Gómez, 2009).

En cuanto a políticas de orden nacional que promuevan la utilización de este tipo de tecnologías, se encuentra el Plan Nacional de Tecnologías de la Información y Comunicación, el cual promueve el uso y aprovechamiento de las TIC en el sector empresarial para mejorar la productividad y consolidar empresas más competitivas, debido a que un 25% de las pequeñas y medianas empresas utilizan TIC en los procesos productivos (Ministerio de Comunicaciones, 2008), lo cual es un porcentaje bajo respecto a los beneficios en impactos que estos pueden generar para el desarrollo del país.

Finalmente, se puede concluir que en Colombia la implementación de sistemas de identificación de códigos de barras se está masificando en empresas de todos los tamaños debido a sus bajos costos de implementación, facilidad de uso y exigencia por parte de las cadenas de supermercados. Por otra parte, se observó que los proyectos de implementación de EPC

actuales se limitan a grandes empresas u operadores logísticos, tales como Almacénar, Noel, Familia y Corona, con capacidad de inversión y estructura logística para aprovechar los beneficios de dicha tecnología, los cuales se centran, según pilotos realizados, en la reducción de los costos administrativos logísticos, disminución en tiempos de procesos, mejora de la eficiencia operacional, mejora de confiabilidad y rotación de inventarios, etc.

7. CONCLUSIONES

La gestión de la cadena de suministro es un mecanismo que busca la colaboración, integración y coordinación de sus actores y procesos involucrados para satisfacer adecuadamente las necesidades de sus clientes al considerar como elemento clave el intercambio de información y productos, cobrando especial importancia para ello los sistemas de identificación de productos como el código de barras, la radiofrecuencia, el sistema de biometría y el reconocimiento de voz, entre otros, que varían según necesidad y capacidades económicas y técnicas de la empresa y su cadena de suministro, siendo los más conocidos y utilizados el código de barras y el RFID.

Se puede concluir que el código de barras es una tecnología compuesta de etiquetas, lectores y alineación con sistemas de información empresariales/logísticos que permiten la captura de datos e identificación de productos, localizaciones, documentos y unidades logísticas basándose en el uso de simbologías internacionales estandarizadas, tales como: EAN-13, GS1-128, RSS, ITF-14 y DataBar, entre otras, cuyo uso depende de la necesidad de las empresas.

En los últimos años en el medio empresarial, incluyendo a Colombia, se ha popularizado el uso de los sistemas de código de barras ya que presentan bajos costos de adquisición, facilidad de implementación, compatibilidad con sistemas de información, exigencia para vender en el mercado (cadena de supermercados) y variedad de usos que permiten aumentar la productividad, eficiencia y satisfacción de los clientes, dentro de procesos de la cadena de suministro tales como aprovisionamiento, almacenamiento, inventarios, distribución y transporte, entre otros.

Se puede indicar que el RFID es una tecnología basada en ondas de radio compuesta por tags, antenas, lectores, estándar de identificación única de productos (EPC) y software, que pueden agilizar y ofrecer mayor confiabilidad en algunas operaciones en la cadena de suministro tales como trazabilidad, control de inventario, transporte, producción y planes de aprovisionamiento, debido a que suministran información en tiempo real. En cuanto a su uso, puede presentar algunas desventajas como los altos costos de implementación debido al valor de sus etiquetas, la complejidad del software y la confiabilidad en los niveles de lectura debido a la madurez de la tecnología.

Al hablar de la implementación de radiofrecuencia en la cadena mundial de suministro se puede indicar que está siendo utilizada para identificar los productos de forma única a través del EPC, controlar inventario en tiempo real, realizar trazabilidad de productos, intercambio de información, planeación, automatización y control de operaciones logísticas (transporte,

aprovisionamiento automático, etc.), lo cual permite mejorar la eficiencia y satisfacción del cliente. En cuanto a su grado de apropiación son utilizados principalmente en Asia, Europa y Estados Unidos, en sectores tales como retailers, consumo masivo y el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, entre otros.

En el caso colombiano la utilización de RFID/EPC se identificó en la encuesta realizada por el SENA, en donde el 39% de las empresas encuestadas dijo estar interesada en su apropiación. Por otra parte, se observó que los proyectos de implementación de EPC actuales se concentran en grandes empresas u operadores logísticos, tales como Almacénar, Noel, Familia y Corona, con capacidad de inversión y estructura logística para aprovechar los beneficios de dicha tecnología, los cuales se centran en la reducción de los costos administrativos logísticos, en la disminución en tiempos de procesos, en la mejora de la eficiencia operacional, de confiabilidad y rotación de inventarios, etc.

A partir de la información revisada y analizada se identifica como oportunidad de investigación el desarrollo de metodologías que permitan diagnosticar, diseñar e implementar sistemas híbridos de códigos de barras y radiofrecuencia en los procesos logísticos de cadenas de suministro de pequeñas y medianas empresas, ya que las aplicaciones identificadas a nivel científico y estudios, se orientaban a grandes empresas con adecuada capacidad de inversión y organización de sus sistemas logísticos. Este planteamiento implica que las metodologías a proponer consideren la identificación de los procesos

críticos en que deben implementarse estas tecnologías, con el fin que su uso impacte en la productividad interna de la empresa y la cadena de suministro a través de la identificación, trazabilidad y captura de datos de los productos, y además, se realicen adecuadamente las inversiones económicas asociadas.

Otra oportunidad de investigación identificada se relaciona con la elaboración de modelos que describan y permitan establecer cuál es el impacto técnico y económico del uso de las tecnologías de identificación y captura de datos como el código de barras y la radiofrecuencia en el diseño, funcionamiento y mejoramiento de los sistemas de información, como: el ERP, WMS (*Warehouse Management System*), TMS (*Transportation Management System*) entre otras, los cuales son críticas para realizar la planeación y control de las operaciones logísticas en la cadena de suministro, incluyendo la trazabilidad y visibilidad de los productos en tiempo real. De otra parte, este planteamiento se basa en el hecho que la medición del impacto del código de barras y radiofrecuencia se hace generalmente de manera cualitativa y no cuantitativa, como por ejemplo, indicadores potenciales de reducción de costos y aumento de la productividad.

Se identifica la necesidad de realizar estudios nacionales sectoriales que diagnostiquen el uso actual de los sistemas de código de barras y RFID, y proyecten sus impactos potenciales en la productividad y reducción de costos en los procesos logísticos de la cadena de suministro, si llegasen a ser implementados. Adicionalmente, se debe indicar que en la actualidad

existen estudios alrededor de su uso en Colombia, como el desarrollado por el SENA y GS1 Colombia, pero estos tienen como limitaciones una muestra de empresas pequeña (de 88 y 21 empresas, respectivamente), y orientarse a grandes organizaciones, lo cual no permite evaluar su aplicación e impactos en las pymes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amaya, J. (2002). *Sistemas de información (Hardware – Software - Redes, Internet – Diseño)*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
2. Ángeles, R. (2005). RFID Technologies: Supply-Chain Applications and Implementation Issues. *Information Systems Management*, 22, 51-65.
3. Ballou, R. (2004). *Business Logistics management* (4a ed.). New York, NY: Prentice Hall.
4. Branch, A. (2008). *Global Supply Chain Management and International Logistics*. New York, NY: Taylor y Francis.
5. Brewer, A., Button, K. y Hensher, D. (2001). *Handbook of logistics and supply-chain management*. London: Emerald Group Publishing.
6. Brown, K.L., Inman, A. y Callo way, J.A. (2001). Measuring the effect of inventory inaccuracy in MRP inventory and delivery performance. *Production Planning and Control*, 12(1), 46–57.
7. Cavinato, J., Flynn, A. y Kauffman, R. (2006). *The Supply Management Handbook* (7a ed.). Nueva York, NY: McGraw-Hill.
8. Cervera, A. (2003). *Envase y embalaje* (2a ed.). Madrid: ESIC.
9. Chen, P., Guo, Y., Lim, A. y Rodrigues, B. (2006). Multiple

- crossdocking with inventory and windows. *Computers & Operations Research*, 36(43-63), 2-5.
10. Correa, A. y Gómez, R. (2009). Tecnologías de la información en la gestión de la cadena de suministro. *Revista DYNA*, 76(157), 37-48.
 11. Deeb, K. (2006). Efficiency, Privacy, and Security Analysis of Ubiquitous Systems in the Retail Industry. *Innovations in Information Technology*, 10, 1-6.
 12. Dehoratius, N. y Raman, A. (2004). *Inventory record inaccuracy an empirical analysis*. Chicago, IL: University of Chicago.
 13. EPCGlobal (2010). *EPC*. Recuperado el 6 de abril de 2010, de http://www.epcglobalsp.org/epc/faqs/es/document_view
 14. Er, Z., Lian, F. y Lian, J. (2008). *An RFID based Automatic Identification System on Modern Grain Logistics*. Documento presentado en Management of e-Commerce and e-Government, Jiangxi, Enero de 2008, China.
 15. Ernie, J. (2004). *Logistics and Retail Management: Insights into Current Practice and Trends from Leading Experts* (2a ed.). London: GBR Kogan page Publishers.
 16. Finkenzeller, K. y Waddington, R. (2003). *RFID, Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification* (2a ed.). Munich: John Wiley & Sons.
 17. Frazelle, E. (2001). *Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management* (2a ed.). New York, NY: McGraw-Hill Profesional.
 18. Glover, B. y Bhatt, H. (2006). *RFID Essentials*. Atlanta, GE: O'Reilly.
 19. GS1 Colombia (2008a). *Bar Code Types, GS1 International*. Recuperado el 23 de julio de 2008, de <http://www.gs1.org>
 20. GS1 Colombia (2008b). *Importancia de la logística y cadena de abastecimiento en la competitividad*. Recuperado el 23 de enero de 2008, de <http://www.gs1co.org>
 21. Guerrero, F. (2005). *Gestión de Stock* (3a ed.). Madrid: ESIC.
 22. Gunasekarana, A., Laib, K. y Chenge, T. (2008). Responsive supply chain: A competitive strategy in a networked economy. *Omega*, 36(1), 549-564.
 23. Haley, C., Jacobsen, L. y Robkin, S. (2007). *Radiofrequency Identification Handbook*. New York, NY: Libraries Unlimited.
 24. Hines, T. (2004). *Supply Chain Strategies: Customer Driven and Customer Focused*. Chicago, IL: Butterworth-Heinemann.
 25. Hunt, D., Puglia, D. y Puglia, M. (2007). *RFID A Guide to Radiofrequency Identification*. New Jersey, NJ: John Wiley & Sons.
 26. Jones, E. y Cheng, A. (2007). *RFID in Logistics: A Practical Introduction*. Chicago, IL: CRC Press.
 27. Jung, H., Chen, F. y Jeong, B. (2007). *Trends in Supply Chain Design and Management: Technologies and Methodologies*. Boston, MA: Springer.
 28. Kumar, S. (2007). *Connective Technologies in the Supply Chain*. New York, NY: CRC Press.
 29. Lambert, D. (2008). *Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance*. Kansas City, MO: Supply Chain Management Institute.

30. Lee, Y., Cheng, F. y Leung, Y. (2009). A quantitative view on how RFID can improve inventory Management in a supply chain. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 12(1), 23-43.
31. Leonard, E. (1996). *Packaging: Specifications, Purchasing, and Quality Control* (4a ed.). Boston, MA: CRC Press.
32. Leung, Y.T., Cheng, F., Lee, Y. y Hennessy, J. (2007). *A tool set for exploring the value of RFID in a supply chain, Trends in supply chain design and management: technologies and methodologies*. London: Springer.
33. LOGYCA (2008). *Tercecerización en Colombia*. Recuperado el 15 de febrero de 2008, de <http://www.logyca.org/>.
34. Marshall, G. (1991). *Optical Scanning*. Boston, MA: CRC Press.
35. Maximumdata. (2009). *Bar code*. Recuperado el 21 de junio de 2009, de www.maximumdata.com
36. Meyers, F. y Stephens, M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales* (3a ed.). México DF: Pearson Education.
37. Ministerio de Comunicaciones. (2008). *Plan Nacional de Tecnologías de Información y las comunicaciones*. Bogotá: Autor.
38. Monsó, J. (1994). *Sistemas de identificación y control automáticos: Sistemas de control del flujo físico*. Madrid: Marcombo.
39. Muller, M. (2003). *Essential of Inventory Management*. Chicago, IL: Amacon.
40. Myerson, J. (2006). *RFID in the Supply Chain: A Guide to Selection and Implementation*. Boston, MA: CRC Press.
41. Palmer, R. (1995). *The Bar Code Book: Reading, Printing, Specification, and Application of Bar Code and Other Machine Readable Symbols* (3a ed.). New York, NY: Helmers Publication.
42. Poirier, C. y McCollum, D. (2006). *RFID Strategic Implementation and ROI: A Practical Roadmap to Success*. New York, NY: Ross Publishing.
43. Puentes, H. (2006). *Estudio de caracterización de la logística en Colombia*. Medellín, Colombia: Sena.
44. Rahman, S. y Raisinghani, M. (2000). *Electronic Commerce: Opportunity and Challenges*. Atlanta, GE: Idea Group Inc (IGI).
45. Schuster, E., Allen, S. y Brock, D. (2006). *Global RFID: The Value of the EPC global Network for Supply Chain Management*. Boston, MA: Springer.
46. Shepard, S. (2005). *RFID: Radiofrequency Identification*. New York, NY: McGraw-Hill Professional.
47. Singer, T. (2006). *Looking Beyond the Technology on RFID Projects*. Kansas City, MO: Tompkins Associates.
48. Tajima, M. (2007). Strategic value of RFID in supply chain management. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 13, 261-273.
49. Thompkins, J. (2006). *Planeación de Instalaciones* (3a ed.). México: Thomson.
50. Tompkins, A. y Harmelink, D. (2004). *The Supply Chain Hand-*

- book. Atlanta, GE: Tompkins Press.
51. Véronneau, S. y Roy, J. (2009) RFID benefits, costs, and possibilities: The economical analysis of RFID deployment in a cruise corporation global service supply chain International. *Journal of Production Economics*, 122, 692-672.
 52. Vue, D., Wu, X. y Bai, J. (2008). *The Application of RFID Technology in the Warehouse Management Information System*, Presentado en el International Symposium on Electronic Commerce and Security, Guangzhou City, IEEE y ISECS, Agosto 4 de 2008.
 53. Waters, D. (2007). *Global Logistics: New Directions in Supply Chain Management* (5a ed.). London: Kogan Page Publishers.
 53. Wisys. (2009). *Solutions RFID*. Recuperado el 21 de junio de 2009, de www.wisys.co.uk. ☼