

Sistemas RFID aplicados al control de grandes inventarios

RFID systems for the control of large inventories

Elkin D. Ramírez Cerpa* y Farid A. Meléndez Pertuz**

RESUMEN

El surgimiento de nuevas necesidades en el consumo ciertos productos a partir del crecimiento de la población mundial, ha traído consigo la implementación de tecnologías que no habían sido tomadas en cuenta para el mejoramiento de los procesos que implican el control de grandes inventarios dentro de las diferentes industrias. Este trabajo tiene como objetivo mostrar como es el funcionamiento básico de los sistemas de identificación por radiofrecuencias (RFID) y las características que influyen en su uso para el control de grandes inventarios. Así mismo, se realiza una breve descripción de la tecnología RFID y de sus componentes.

Palabras clave: Etiquetas, logística de inventarios, identificación por radiofrecuencias, sistemas.

ABSTRACT

The development of new consumption needs certain products from global population growth, this has led to the implementation of technologies that were not taken into account for the improvement of processes involving the control of large inventories within different industries. This work aims to demonstrate the basic operation of radio frequency identification systems (RFID) and the characteristics that affect their use for the control of large inventories. Also, there is a brief description of RFID technology and its components.

Keywords: Tags, inventory logistics, radio frequency identification, systems.

Fecha Recibido: Mayo 24 de 2014

Fecha Aceptado: Junio 10 de 2014

* *Ingeniero Electrónico, Docente tiempo Completo, Universidad de la Costa (CUC),
eramirez1@cuc.edu.co*

** *Ingeniero Electrónico, Docente tiempo Completo, Universidad de la Costa (CUC),
fmelende1@cuc.edu.co.*



1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, los sistemas de RFID permiten un amplio campo de aplicaciones y se prevé su continua diversificación hacia otras soluciones comerciales [1]. Estas aplicaciones pueden ser agrupadas en 4 sectores: control de acceso a edificaciones o zonas restringidas, servicios prepagados (transporte público, peajes y telefonía celular), autenticidad de productos o documentos y control de inventarios, personas o animales mediante la identificación, ubicación y monitorización de los mismos [2]. Según Texas Instruments, “con la tecnología RFID, el seguimiento de bienes asciende a un nuevo nivel. Los usuarios finales disfrutan de transacciones más rápidas e integradas, que son más seguras que los sistemas que se usan en la actualidad. Las bibliotecas, farmacias y centros de espectáculos que adoptan la tecnología de identificación por radiofrecuencia pueden aprovechar las ventajas de las transacciones de transferencia inalámbrica seguras, que generan un gran retorno de la inversión” [3].

Estos sistemas han tenido gran aceptación en el control de inventarios debido a su capacidad de identificación y trazabilidad automática [4]. “En términos de la Asociación Española de Codificación Comercial (AECOC): desde el punto de vista de la gestión de la información, la trazabilidad consiste en asociar sistemáticamente un flujo de información a un flujo físico de mercancías de manera que se pueda recuperar en un instante de tiempo determinado la información requerida relativa a los lotes o grupos de productos determinados” [5]. En trabajos anteriores, se manifiesta que es posible diseñar a partir de cada uno de los elementos del sistema, un sistema RFID [6] que cumpla con todos los requerimientos para llevar a cabo la trazabilidad en el control de grandes inventarios, tal como se describe en la definición de AECOC, esto se logra teniendo en cuenta las especificaciones del estándar que será detallado más adelante.

Las grandes cadenas de producción de la actualidad no permiten espacio para pérdidas en el inventario, precisamente la tecnología RFID ayuda a que estos inconvenientes se reduzcan y

aumentan la eficiencia y velocidad de los procesos, mediante el manejo preciso y exacto de la información [6]. Una aplicación ejemplar donde se denota lo anterior, es en portales interrogadores [7], donde la movilidad y el rápido acceso a la información del inventario, permite que fluya con normalidad las actividades.

Dentro de la cadena de suministro se puede establecer según diversos estudios que los aspectos más relevantes en los cuales intervienen los sistemas RFID de manera satisfactoria son durante la gestión del inventario, la logística y transporte, la fabricación y ensamblado, seguimiento de activos y localización de objetos, en sensores ambientales (para el monitoreo de la temperatura de los inventarios, usados comúnmente en la industria farmacéutica y de alimentos), entre otros [8].

2. SISTEMAS DE CONTROL DE GRANDES INVENTARIOS

La implementación de un sistema de identificación por radiofrecuencia dentro del control de grandes inventarios de las empresas es una herramienta de gran utilidad para el desarrollo de nuevas formas de seguimiento de los productos, tales como la gestión de almacenes, gestión de transporte, programación de la producción, gestión de pedidos, gestión de inventario y los sistemas de gestión de activos [6]. Esto es posible debido a que esta tecnología permite identificar la posición de un objeto en todo momento sin tener que hacer detenciones para encontrar su ubicación.

Un sistema RFID es aquel que permite identificar objetos, animales o hasta personas para diversas aplicaciones, esto por medio de una codificación numérica transmitida a través de señales de radio. Esta tecnología inalámbrica permite que la comunicación se establezca entre un lector y una etiqueta a cierta distancia de separación entre ellos, como también almacena información en sus etiquetas para su posterior lectura o escritura sobre estas. Este tipo de información puede contener datos importantes de identificación como nombre, peso, altura, contenido interno, entre otros, esta se encuentra almacenada dentro de la memoria de las etiquetas [9].

Otra definición que se puede encontrar de los sistemas RFID según un trabajo de tesis de grado de la universidad Politécnica de Catalunya es la siguiente: “los sistemas de RFID no son del todo nuevos, aparecen en los años 80 en sistemas de identificación, pero sí es cierto que actualmente están recibiendo una especial atención en muchos campos de la industria, lo que permite grandes avances en esta tecnología. Por ese motivo aparecen continuos estándares, aplicaciones e innovaciones” [9].

El sistema RFID se ha definido a través de diversas investigaciones y aplicaciones como: “la tecnología inalámbrica que nos permite, la comunicación entre un lector y una etiqueta. Generalmente, como se muestra en la Fig. 1, los sistemas de RFID están compuestos por un transponder, denominado también tag o etiqueta (ver Fig. 2), el equipo lector, la antena y las herramientas de software que almacenan y procesan la información del objeto. Estos sistemas permiten almacenar información en sus etiquetas mediante comunicaciones de radiofrecuencia. Esta información puede ir desde un Bit hasta KBytes, dependiendo principalmente del sistema de almacenamiento que posea el transponder” [9].

A. Componentes de un sistema RFID

1) Etiquetas

El transponder (transmitter-responder) como elemento esencial de los sistemas RFID recibe la información proveniente del equipo lector y la transmite, utilizando como fuente de energía la señal de radiofrecuencias (RF) enviada por el lector o con ayuda de una alimentación externa. Según el origen de la fuente de energía utilizada por el transponder este se puede clasificar en pasivo, semipasivo o activo. A continuación se hará una breve descripción de estas etiquetas:

- Etiquetas pasivas: Estas se usan en aplicaciones en donde se requiera que las etiquetas no estén a más de 10 metros de distancia del elemento lector. Su fuente de alimentación proviene directamente desde la señal de transmisión [11].
- Etiquetas semipasivas: estas etiquetas utilizan baterías internas como fuente de acti-

vación de su circuito integrado, por lo cual mejora su rango de comunicación al utilizar la energía de la señal de transmisión proveniente del lector sólo en la transmisión de su propia señal [11].

- Etiquetas activas: Son de mayor alcance que las dos anteriores y posee mayor capacidad de almacenamiento esto se debe a que posee una fuente de alimentación interna capaz de alimentar el circuito integrado y de transmisión [11].

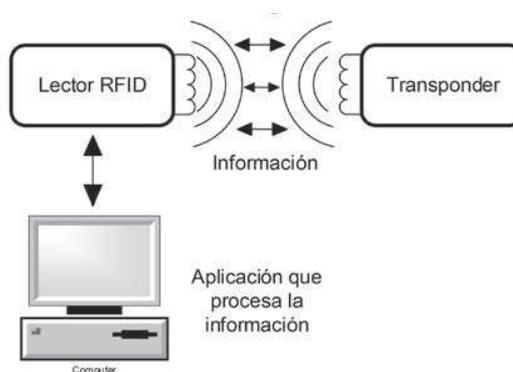


Figura 1. Esquema de un sistema RFID [9].

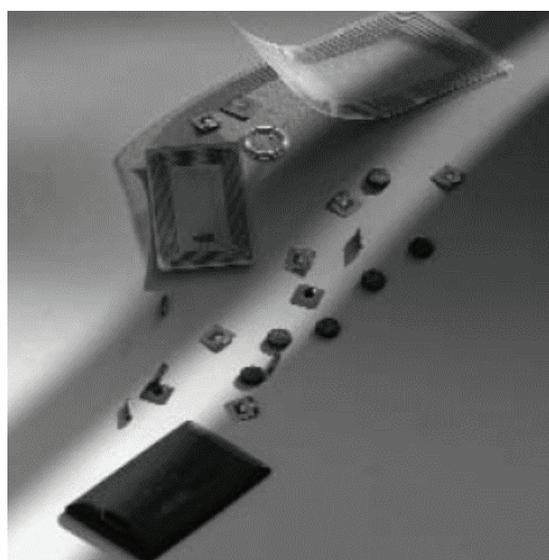


Figura 2. Etiquetas o tags de un sistema RFID [10]

Al momento de referirse a los factores que afectan el rendimiento de las etiquetas pasivas dentro de un sistema RFID generalmente se suele decir que dependen en gran medida al rango de

comunicación y velocidad de identificación entre el lector y la etiqueta, además de esto existen otros factores de importancia que afectan estos indicadores de rendimiento dentro del sistema y a su vez al momento en que interactúan simultáneamente entre sí, puede ser complejo la forma en que afectan el rendimiento dentro del sistema. Algunos de estos factores que influyen en los índices de lectura son: las frecuencias de funcionamiento, el número de etiquetas en el campo, los obstáculos en la ambiente, la humedad, la temperatura, las frecuencias RF de interferencias de radio (ruido), la polarización, la sección transversal radar eficaz y el separación entre la etiqueta y el lector, los desajustes de algoritmo de identificación del lector” [12].

2) Lectores

Los lectores RFID (ver Fig. 3) son aquellos dispositivos electrónicos que permiten identificar la presencia del tag. Estos lectores envían periódicamente la señal de radiofrecuencia detectada por el tag, en un rango de acción determinado y al ser detectada la etiqueta se extrae la información contenida en el chip y se transmite al sistema de procesamiento de datos. Estos lectores pueden ser de 2 tipos:



Figura 3. Lector RFID Ultra High Frequency (UHF) [10].

- Lectores con sistemas de bobina simple, que sirven para transmitir tanto energía como los datos, son sencillos, económicos y de poco alcance [13].

- Lectores con sistemas interrogadores, depende del transpondedor, son sofisticados, acondicionan, detectan y corrigen errores, trabajan a mayor frecuencia [13].

Internamente los lectores están compuestos por un transcriptor de señales de radio similar al que posee las etiquetas RFID, lo que permite transmitir y recibir señales de radio mediante la combinación de una serie de sistemas de radiofrecuencias y comunicaciones inalámbricas, lo cual permite que los lectores sean exactos, eficientes y flexibles, con un bajo ruido de radiación. Además de esto, “los lectores cuentan con sistemas diseñados para integrar sus funciones con distintos lenguajes de programación (Net, Java, XML, etc.) haciendo el sistema una aplicación sencilla para poder manipular los datos de lectura y escritura” [13].

3) Antenas

Las antenas son medio por el cual los tags y los lectores intercambian información a través del aire, estas adecuan la señal de tal forma que esta pueda llegar a su receptor y a su vez transmiten a recogen la energía.

Para los tags que operan en alta frecuencia o High Frequency (HF) (ver Fig. 4), el diseño de las antenas consiste en una bobina de material conductivo, esto conlleva a que la distancia de lectura sea dependiente al tamaño y longitud de la antena. En el caso de las antenas que operan en Ultra alta Frecuencia o Ultra High Frequency (UHF), estas son dipolos (ver Fig. 5), lo cual abre posibilidades a múltiples diseños, siempre teniendo en cuenta factores que influyen en la comunicación como el rendimiento, distancia de lectura, eficiencia en la transferencia de energía y el costo [10].

Las antenas de los tags se diseñan a partir de varios factores a tener en cuenta, que determinarán su forma y tamaño según el objetivo de la aplicación o solución, alguno de estos factores son: distancia de lectura, sensibilidad a la orientación, características del entorno (metal, líquido, madera, etc.), polarización del sistema y especificaciones concretas del objeto a etiquetar [10].

B. Características de los sistemas RFID

Los sistemas RFID se caracterizan por tener ciertas facilidades que le permiten adaptarse a los diferentes entornos donde su uso común los convierte en una importante herramienta dentro de la cadena de procesos en las diferentes industrias, estas características en conjunto permiten mejorar la trazabilidad, precisión, eficiencia y velocidad de los procesos en la cadena de suministro, por otro lado, son utilizados como parte esencial de los diferentes mecanismos de seguridad dentro de almacenes y bodegas para proteger sus productos o insumos, como también permiten la facilidad de paso o ingreso de personas u objetos a través de ciertos lugares tales como peajes, universidades, colegios, empresas privadas o gubernamentales, entre otros. De igual manera, los beneficios que proporciona se extienden a otros campos relacionados con la identificación de procesos, algunos de estos son presentados en la tabla 1.



Figura 4. Tag High Frequency (HF) [10].

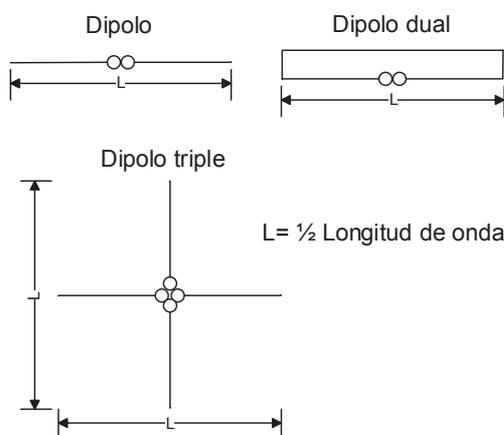


Figura 5: Tipos de dipolos usados como antenas para los sistemas RFID [14]

Tabla 1. características principales de las etiquetas RFID [14].

Beneficios	Descripción
Almacenamiento	Permite un gran volumen de almacenamiento de datos mediante un mecanismo de reducidas proporciones.
Automático	Automatiza los procesos para mantener la trazabilidad y permite incluir una mayor cantidad de información a la etiqueta, reduciendo así los errores humanos.
Seguridad	Facilita la ocultación y colocación de las etiquetas en los productos (en el caso de las etiquetas pasivas) para evitar su visibilidad en caso de intento de robo.
Enlace	Permite almacenar datos sin tener contacto directo con las etiquetas.
Robustez	Asegura el funcionamiento en el caso de sufrir condiciones adversas (suciedad, humedad, temperaturas elevadas, etc.).
Costos	Reduce los costes operativos ya que las operaciones de escaneo no son necesarias para identificar los productos que dispongan de esta tecnología.
Identificación	Identifica unívocamente los productos.
Actualización	Posibilita la actualización sencilla de la información almacenada en la etiqueta en el caso de que ésta sea de lectura/escritura.
Manejabilidad	Mayor facilidad de retirada de un determinado producto del mercado en caso de que se manifieste un peligro para la seguridad.
Acceso Lectura/ Escritura	Posibilita la reescritura para así añadir y eliminar información las veces deseadas en el caso de que la etiqueta sea de lectura/escritura (a diferencia del código de barras que sólo se puede escribir una vez).

C. Estándar EPC y sus características

EPC hace referencia a las siglas en inglés Electronic Product Code, traducido al español es Código Electrónico del producto que indica una clave de identificación única para cada producto lo que permite detallar cierta información sobre éste en cualquier momento y lugar dentro de cualquier proceso. Teniendo en cuenta esto se debe conocer cuáles son las características principales de funcionamiento de los sistemas que funcionan a partir de etiquetas pasivas y activas, en la tabla 2 se presentan algunas de estas características.

D. Clases EPC

Las diferentes clases EPC han surgido debido a las diferentes necesidades presentadas en los diversos campos de aplicación o necesidades específicas dentro de cada proceso de control de inventarios o en otras aplicaciones convenientes. EPC global como órgano de estandarización para la RFID en su uso con EPC ha organizado las etiquetas en 6 clases [16]. En la TABLA III se hará una breve descripción de estas clases.

Tabla 2. Características principales de las etiquetas RFID [13]

Características	Circuito Pasivo	Circuito Activo
Alcance	0.01 – 10 Metros.	10 – 100 Metros.
Alimentación	Campo magnético (RF).	Batería.
Tiempo de vida	Ilimitado.	Limitado por la batería.
Costo	Aproximadamente USD \$9.75.	Aproximadamente USD \$40.00.
Dimensiones	Pequeño y muy pequeño	Grande (depende de la batería).
Tipo de comunicación	Señalización pasiva	Señalización activa.
Ejemplos	Rastreo de animales, tarjetas inteligentes, inventario de objetos.	Contenedores de transportes, utilización en humanos.

Tabla 3. Clases EPC

Clase	Descripción
0	Solamente lectura (el número EPC se codifica en la etiqueta durante el proceso de fabricación), etiquetas de identificación pasiva.
1	Escritura una sola vez y lecturas indefinidas (se fabrican sin número y se incorpora a la etiqueta más tarde), etiquetas de identificación pasiva.
2	Escritura una sola vez y lecturas indefinidas (se fabrican sin número y se incorpora a la etiqueta más tarde), etiquetas de identificación pasiva.
3	Capacidades de la clase 2 más la fuente de alimentación que proporciona un incremento en el rango y funcionalidades avanzadas, etiquetas semipasivas.
4	Capacidades de la clase 3 más una comunicación activa con la posibilidad de comunicar con otras etiquetas activas.
5	Capacidades de la clase 4 más la posibilidad de poder comunicar también a etiquetas pasivas.

E. Aplicaciones de RFID

A pesar de que la identificación por radiofrecuencia no es una tecnología reciente, esta no ha tenido un desarrollo inmediato y prolongado en las primeras décadas de sus inicios, otras tecnologías como la identificación por códigos de barra han demostrado una gran capacidad para mantener inventarios en condiciones óptimas para los debidos procesos de trazabilidad en conjunto con otros procesos manuales. Se entiende trazabilidad como el conjunto de aquellos procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto o lote de productos a lo largo de la cadena de suministros en un momento dado, a través de unas herramientas determinadas [5].

Los sistemas de RFID entran en acción cuando las grandes empresas se han visto en la necesidad de mejorar la rapidez y eficiencia de los procesos dentro de la cadena de suministro, y esta tecnología permite facilitar ciertos procesos de manera automática y con otras características

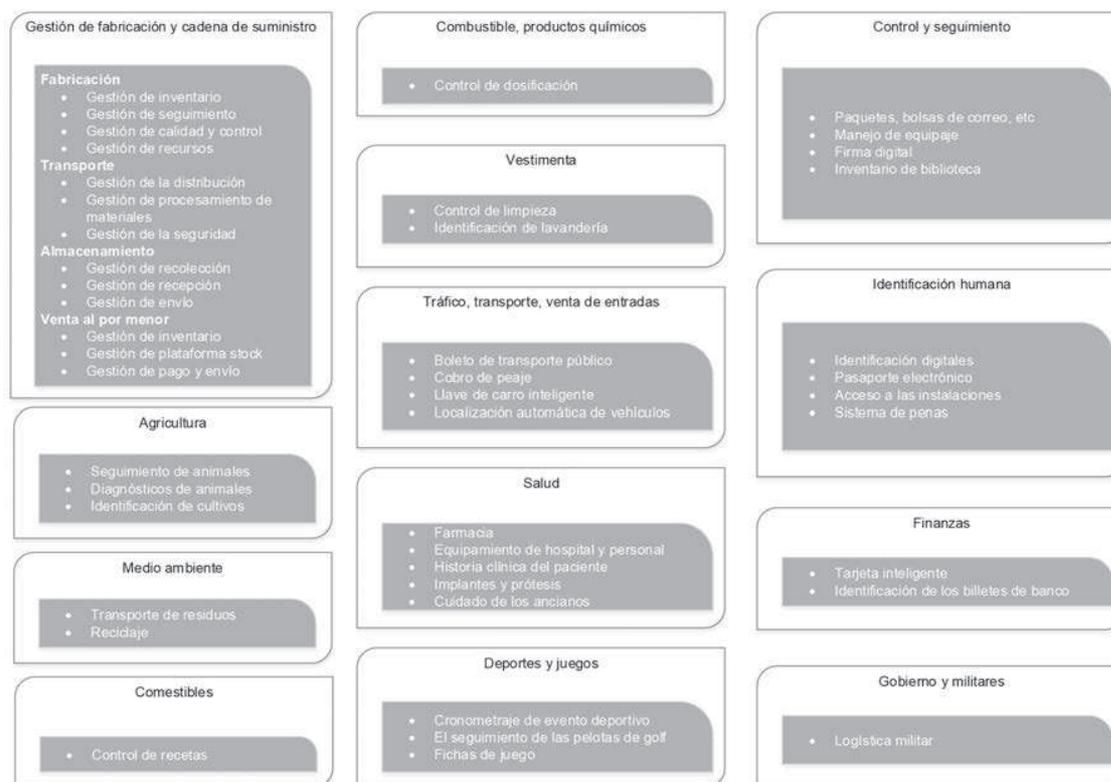


Figura 6: Áreas de aplicación de los sistemas RFID [17].

anteriormente mencionadas que sólo podía hacer de forma manual o no era posible con el sistema de identificación por códigos de barra. Estas funciones o aplicaciones se pueden segmentar en diferentes áreas para tener un mejor panorama de los beneficios de los sistemas RFID, en la Fig. 6 se muestra segmentado las actividades o procesos en diferentes áreas de aplicación que muestran algún beneficio mediante la implementación de los sistemas RFID.

3. TECNOLOGÍA DE LOS SISTEMAS RFID

A. Clasificación de los sistemas RFID

Estos sistemas pueden ser clasificados según varios parámetros (ver Fig. 7) los cuales son presentados a continuación:

1) Según su frecuencia de operación

Estos usualmente operan en los siguientes rangos de frecuencia: en baja frecuencia o Low

Frequency (LF) ubicada entre los 120 KHz-134 KHz, alta frecuencia o High Frequency HF en la banda de los 13.56 MHz, ultra alta frecuencia o Ultra High Frequency UHF entre los 868-956 MHz y Microondas en la banda de los 4.5 GHz [9].

2) Según la alimentación de los transponders

Estos pueden clasificarse en pasivos, semipasivos y activos [9].

3) Según el principio de funcionamiento

Pueden basarse en diferentes principios de funcionamiento tales como: acoplamiento inductivo, backscatters y microondas [9].

4) Según las capacidades del transponder

Pueden valorarse desde distintas características como: el sistema de memoria que incorpora el transponder, el rango de información y la capacidad de procesamiento que tiene el éste o el procedimiento de comunicación que se realiza entre la etiqueta y el lector [9].

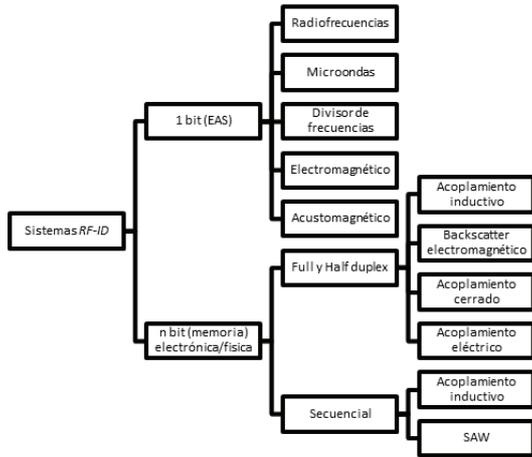


Figura 7: Esquema de los diferentes principios de operación de los sistemas RFID [9].

B. Esquema de transmisión y recepción por radiofrecuencias

El sistema de transmisión por radiofrecuencias se encuentra definido en el mundo de las telecomunicaciones como aquel sistema que permite la comunicación entre 2 o varios nodos a través de ondas de radio. Estas ondas de radio son propagadas por cierto medio, en este caso el aire, por lo cual es propenso a tener ciertos inconvenientes que pueden ser solucionados de diversas formas. El uso del medio implica tener ciertas reglas para el que el uso de éste se dé de la manera más adecuada, por lo cual se reconoce dentro del sistema de RFID las siguientes formas de comunicación (ver Fig. 8.):

1) Dúplex completo

Cuando se habla de comunicaciones dúplex completo, se hace referencia a que el tipo de comunicación es bidireccional y puede haber transmisiones en ambas direcciones al mismo tiempo [18].

2) Semi-Dúplex

Este tipo de comunicación se efectúa cuando se establece la transmisión de datos fluyen de un terminal a otro, sin embargo, no de manera simultánea [18].

3) Secuencial

En este tipo de sistemas sólo existe transferencia de energía cuando se realiza la transferencia de datos [10].

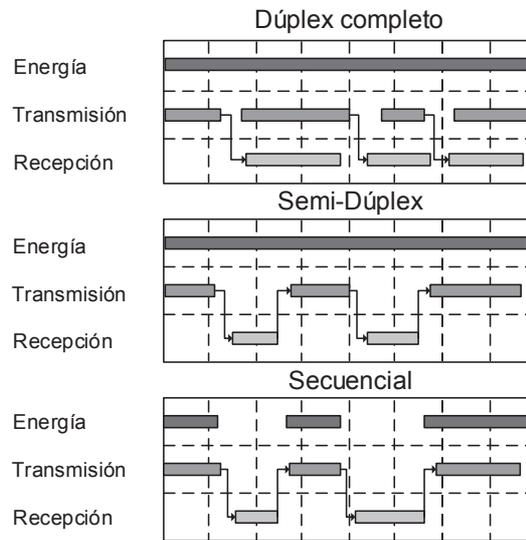


Figura 8: Formas de comunicación [10].

C. Modulación

El sistema de transmisión por radiofrecuencias se encuentra definido en el mundo de las telecomunicaciones como aquel sistema que permite la comunicación entre 2 o varios nodos a través de ondas de radio. Estas ondas de radio son propagadas por cierto medio, en este caso el aire, por lo cual es propenso a tener ciertos inconvenientes que pueden ser solucionados de diversas formas. Una de estas problemáticas se presenta en el uso del medio, por lo cual se reconoce dentro del sistema de RFID las siguientes formas de comunicación:

1) ASK (Amplitud Shift Keying)

Este tipo de modulación modifica la amplitud con la señal portadora completa y doble banda lateral (ver Fig. 9.) [18],[19].

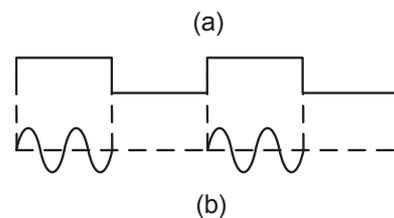


Figura 9: Modulación digital de amplitud: (a) entrada binaria; (b) forma de onda de salida OOK (On Off Keying, Todo o nada) [18].

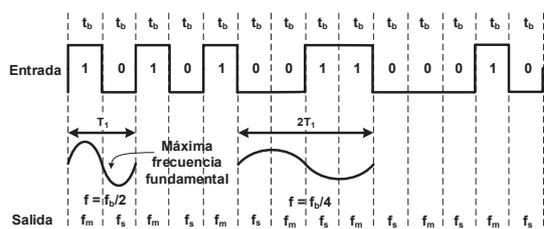


Figura 10: Formas de onda de entrada y salida binaria FSK [18].

2) FSK (Frequency Shift Keying)

La manipulación por desplazamiento de frecuencia (ver Fig. 10) es una forma de modulación del ángulo, de amplitud constante, parecido a la modulación en frecuencia (FM) pero con la diferencia que en este caso la señal moduladora es una señal binarias que varía entre dos valores discretos de voltaje [18],[19].

3) PSK (Phase Shift Keying)

La manipulación por desplazamiento de fase es otra forma de modulación digital angular de amplitud constante, parecida a la modulación convencional de fase, excepto que en la modulación PSK la entrada es una señal digital binaria, y es posible tener una cantidad limitada de fases de salida [18],[19].

D. Método de transmisión

El principio de funcionamiento de un sistema RFID permite la comunicación bidireccional entre dos elementos finales del sistema, para que esto suceda es necesario que la señal transmitida este en un nivel de voltaje admitido por las antenas receptoras del sistema. A continuación se realiza una breve descripción del funcionamiento y características de estos sistemas bajo los diferentes tipos de acoplamiento.

1) Acoplamiento inductivo

El acoplamiento inductivo es similar al funcionamiento de los transformadores, es decir, que en los extremos del cada transmisor y receptor existe una antena de tipo inductiva, la cual es capaz de generar un campo electromagnético en su elemento emisor y de igual manera recibir la información en su antena receptora (ver Fig. 11) [13].

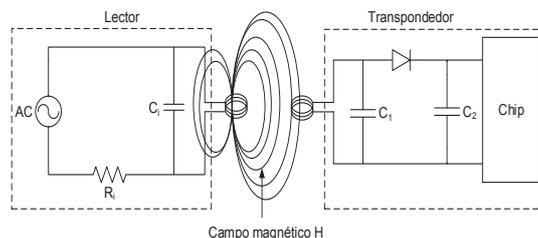


Figura 11: Esquema del acoplamiento inductivo entre el lector y el transponder [9].

2) Acoplamiento Backscatter

Backscatter proveniente de la palabra en inglés, Scatter, significa dispersar y describe la forma en que las ondas de radiofrecuencias se desplazan a través del medio transmitidas por el lector y que son devueltas por el tag mediante dispersión (ver Fig. 12). “El término backscatter es usado para describir que los tags reflejan la señal con la misma frecuencia emitida por el lector pero cambiando la información contenida en ella. El acoplamiento consiste en reflejar la señal para enviarla al origen” [10]. Este acoplamiento es usualmente utilizado en los sistemas que utilizan UHF como señal de radiofrecuencias.

3) Acoplamiento magnético

Este tipo de acoplamiento es muy similar al acoplamiento inductivo debido a que el tag y el lector utilizan el mismo principio de funciona-

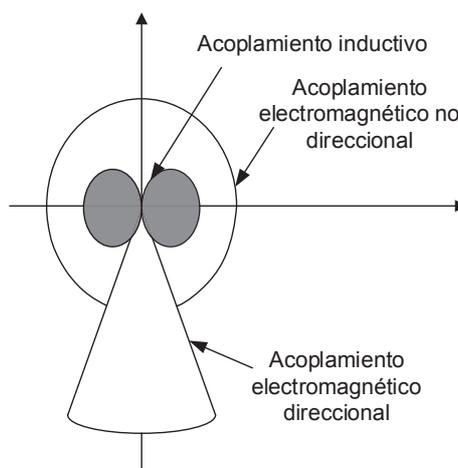


Figura 12: Distancias aproximadas para cada tipo de acoplamiento [10].

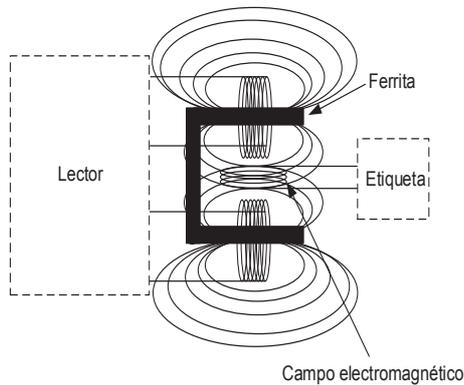


Figura 13: Esquema del acoplamiento magnético entre el lector y el transponder [10].

miento de las inductancias, formando un par de transformadores mediante bobinas. “La principal diferencia se encuentra en la antena del lector que consiste en una bobina enrollada en una pieza de ferrita con los dos extremos al aire (ver Fig. 13). El sistema está diseñado para unos rangos de lectura entre 0,1 cm y 1 cm” [10].

4. MODELO DEL SISTEMA RFID

Dentro del ejercicio de investigación para esta temática se dispuso a realizar un modelo de sistema RFID implementado en la plataforma de National Instruments PXI, esta sigla hace referencia a PCI eXtensions for Instrumentation, (PCI: Peripheral Component Interface), mediante el desarrollo de instrumentos virtuales (VI) que simula el proceso que se lleva a cabo en este sistema. Para ello se describe puntualmente los elementos que intervienen en este modelo (Ver Fig. 14).

Los VI's utilizados para realizar las secuencias de lectura, escritura y acceso a la información de la base de datos del sistema RFID se muestran la Fig. 15, estas secuencias son implementadas mediante instrumentos virtuales y Sub-VI's contenidos dentro de cada una, cabe destacar que en la internet existe una gran fuente de información para compartir VI's libremente, útiles para implementar sistemas propios que deben ser adaptados a los requerimientos que necesitan estos sistemas.

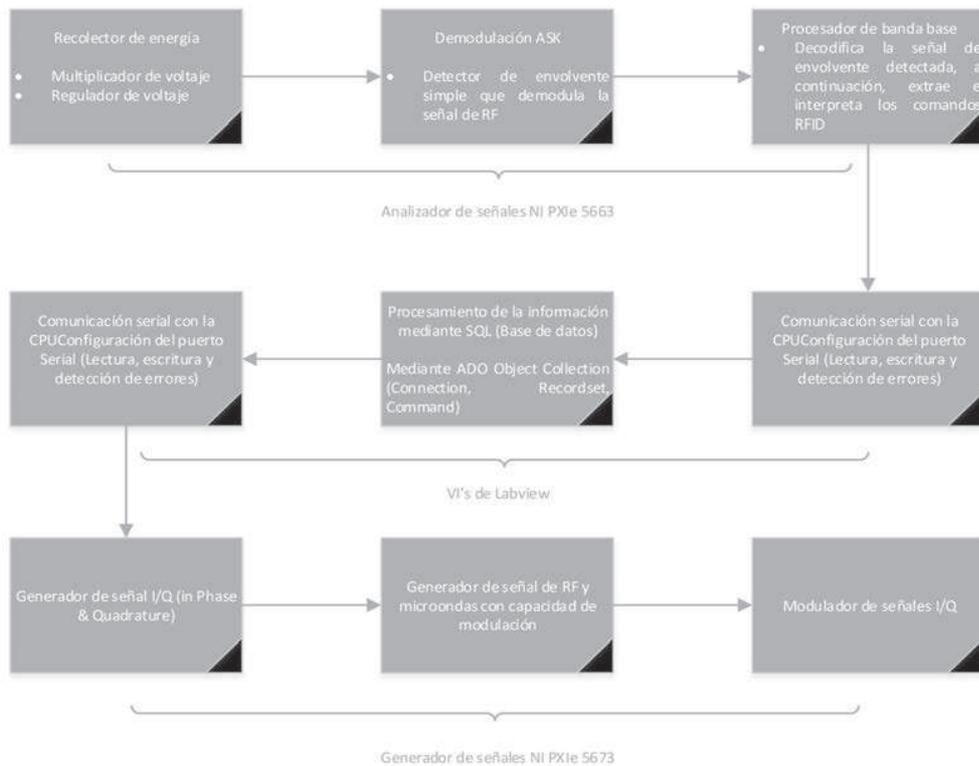


Figura 14: Diagrama de bloques del sistema RFID.

5. MODELO DE PRUEBAS DEL SISTEMA RFID

Los modelos de pruebas pueden ser plasmados de diferentes maneras. Para obtener resultados confiables, se necesita desarrollar una fase de pruebas, que tiene como objetivo encontrar errores de los siguientes tipos [20]:

- Procesos incorrectos o inexistentes.
- Errores en estructuras de datos o en la base de datos.
- Errores en el rendimiento.
- Errores de inicialización o terminación.

Estas pruebas, se deben realizar sobre las funciones principales del sistema, para de este modo verificar el correcto funcionamiento de cada una de las acciones que ejecuta el software creado. Las funciones que se verifican generalmente son de consultas de: versión del software datos del creador y nombre de la aplicación, versión del lector (Firmware), temperatura del lector, comportamiento en un Soft Reset y lectura de una etiqueta almacenada o no almacenada en la base de datos [20].

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones se toma como modelo de prueba el que se muestra en la Fig. 16, cuyo diseño se encuentra modelado en Lenguaje Unificado de Modelado (UML) y básicamente muestra los elementos de pruebas para validar el funcionamiento del sistema.

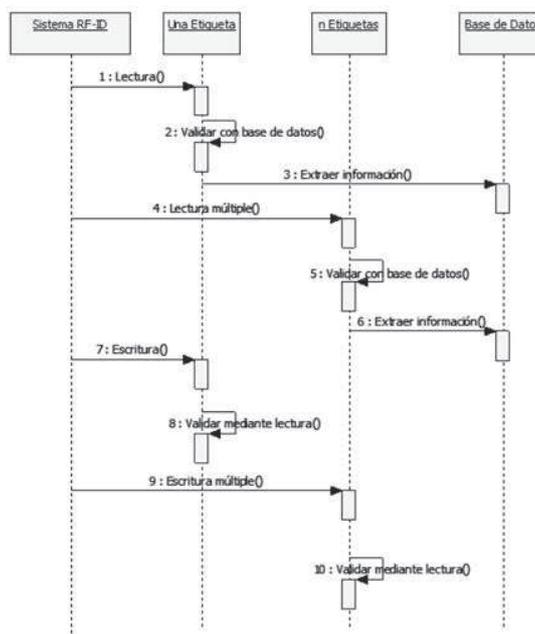


Figura 16: Modelo de pruebas UML del sistema RFID.

CONCLUSIONES

En el trabajo se plasma como se beneficia la trazabilidad, la precisión, la eficiencia y la velocidad con los sistemas RFID y las posibilidades que poseen estos para el desarrollo de los procesos dentro del control de grandes inventarios, tales como, gestión de almacenes, gestión de transporte, programación de la producción, gestión de pedidos, gestión de inventario y los sistemas de gestión de activos.

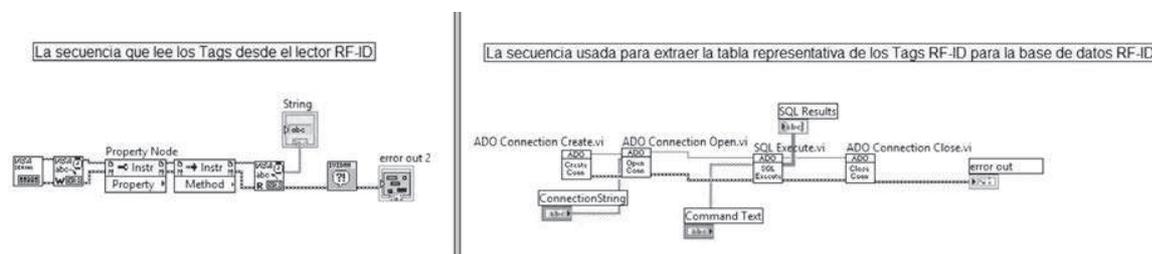


Figura 15: VI's de secuencias de lectura, escritura y acceso a la información de la base de datos del sistema RFID¹.

¹ Tomado de las siguientes fuentes: Ecsdn, URL: <http://www.ecsdn.com/d-2dtK.html>; y Makula, URL: <http://forums.ni.com/t5/LabVIEW/LABVIEW- RFID-AND-MICROSOFT-ACCESS/m-p/1573554>

La importancia del uso de las etiquetas y la tecnología RFID radica en su bajo costo para su aplicación y en el código único de cada etiqueta (EPC), fundamentales en aplicaciones RFID. Teniendo en cuenta la aplicación que se dará al sistema, el estándar establecido por EPC Global para la gestión y control de cadena de suministros es el EPC UHF Clase 1 Generación 2, adecuado para el tipo de funcionalidad que se requieren en la temática centrada en este artículo, el control de grandes inventarios.

Para el caso de esta investigación las herramientas que presenta National Instrument con LabVIEW y Teststand resultan bastante útiles para unificar, sincronizar e integrar con varios lenguajes de programación al momento de establecer el sistema RFID y el desarrollo de las pruebas.

Para finalizar se resalta que lo presentado en el apartado IV y V, se pondrá a prueba posteriormente y presentado en futuras publicaciones como resultados de investigación.

REFERENCIAS

- [1] E. W. T. Ngai, K. K. L. Moon, F. J. Riggins, y C. Y. Yi, "Research: An academic literature review (1995–2005) and future research directions", *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 112, No. 2, pp. 510-520, Abril 2008.
- [2] Tecnología, Aplicaciones y Perspectivas, 2010. [online]. <http://www.libera.net/productos/libera--library-system>. [Accessed: 30-may-2013].
- [3] Etiquetas, Productos, Lectores - Identificación por radiofrecuencia. [online], 2013. http://www.ti.com/ww/mx/prod_.html. [Accessed: 04-nov-2013].
- [4] R. Glidden y J. Schroeter, "Bringing long-range UHF tags into mainstream supply chain applications", *RF DESIGN*, Vol 28, No7, pp 24, jul-2005.
- [5] L. C. Lorenzo, *Auditoría del sistema APPCC: Cómo verificar los sistemas de gestión de inocuidad alimentaria HACCP*. Ediciones Díaz de Santos, 2008.
- [6] A. Sarac, N. Absi, y S. Dauzère-Pérès, "A literature review on the impact of technologies on supply chain management", *Int. J. Prod. Econ.*, Vol. 128, No. 1, pp. 77-95, nov. 2010.
- [7] U. Muehlmann, G. Manzi, G. Wiednig, M. Buchmann, "Modeling and Performance Characterization of UHF Portal Applications", *IEEE Trans On Microw. Theory Tech.*, Vol. 57, No. 7, pp. 1700 -1706, jul. 2009.
- [8] G. M. Gaukler, R.W. Seifert. "Applications of RFID in supply chains", in *Trends in supply chain design and management : technologies and methodologies*, Springer London, 2007, pp. 29-48
- [9] J. M. Ciudad, E. Samá, *Estudio, diseño y simulación de un sistema de basado en EPC.*, Master Thesis, Universidad Politecnica Catalunya. 2005.
- [10] G. A. Montenegro, A. E. Marchesin, *Nuevas Tecnologías: Sistemas de identificación por radiofrecuencias (RFID)*, Ira ed. Buenos Aires, Argentina, 2007.
- [11] L. Bolotnyy, G. Robins, "The Case for Multi-Tag Systems", *International Conference on Wireless Algorithms, Systems and Applications*, 2007. WASA 2007, 2007, pp. 174-186.
- [12] Arumugam, D.D., Engels, D.W., "Characterization of RF Propagation in Helical and Toroidal Metal Pipes for Passive RFID Systems" *IEEE International Conference on RFID, 2008*, pp.269,276, April 2008
- [13] R.Urbina Ruiz. *Tutorial sobre circuitos RFID*. Bachelor's Thesis. Ingeniería en Electrónica y Computadoras. Departamento de Computación, Electrónica y Mecatrónica, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla. 2011.
- [14] Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación (INTECO), *Guía sobre seguridad y privacidad de la tecnología*, España, may-2010.
- [15] J. Bateman, C. Cortés, P. Cruz, H. Paz-Penagos "Diseño de un protocolo de identificación por radiofrecuencia (RFID) propietario para una aplicación específica". *Ingeniería y Universidad*, Vol 13, No 2, pp 325-339, 2009.
- [16] J. V. Hernández, *Diseño de antenas UHF para aplicaciones*, Bachelor's Thesis, Universitat Autònoma de Barcelona, 2009.
- [17] E. Ilie-Zudor, Z. Kemény, P. Egri, L. Monostori, "The technology and its current applications", *In proceedings of The Modern Information Technology in the Innovation Processes of the Industrial Enterprises-MITIP 2006*, pp. 29-36, 2004.
- [18] W. Tomasi, G. Mata Hernández, V. García Bisogno, *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. México: Pearson Educación, 2003.
- [19] S. S. Haykin, *Digital communications systems*. Hoboken, N.J.: Wiley, 2014.
- [20] R. Hernández, *Identificación de vehiculos empleando Radiofrecuencia (-EPC)*, Masters Thesis, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F., 2007