

**SISTEMA DE GESTIÓN, MONITOREO Y FACTURACIÓN DE PARQUEADEROS  
A PARTIR DEL ESTUDIO DE REDES Y PROTOCOLOS DE IDENTIFICACIÓN  
POR RADIOFRECUENCIA (RFID).**

**JAIR ALBERTO SAAVEDRA HERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
GRUPO DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN  
TELEMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2012**

**SISTEMA DE GESTIÓN, MONITOREO Y FACTURACIÓN DE PARQUEADEROS  
A PARTIR DEL ESTUDIO DE REDES Y PROTOCOLOS DE IDENTIFICACIÓN  
POR RADIOFRECUENCIA (RFID).**

**JAIR ALBERTO SAAVEDRA HERNÁNDEZ**

**Trabajo de grado presentado para optar el título de Ingeniero de Sistemas**

**Director**

**Magister Roberto Carvajal Salamanca**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
GRUPO DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN  
TELEMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2012**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Bucaramanga, 31 de Octubre de 2012

*Dedico este proyecto de investigación a mis padres y seres queridos, por el esfuerzo, apoyo y soporte brindado a lo largo de mi vida.*

*También a aquellas personas que están y las que se han ido, que siempre han creído en mis cualidades y me han hecho pensar que las cosas se pueden lograr con esfuerzo y dedicación.*

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	9
1. DEFINICIÓN Y CONCEPTOS BÁSICOS DE RFID	11
1.1 IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA	11
1.1.1 Identificación por radio frecuencia	12
1.1.1 Funcionamiento de la tecnología RFID	13
1.1.2 Esquema del funcionamiento	14
1.1.3 Beneficios de implementar RFID	15
1.2 EPC	16
1.2.1 Elementos de soporte EPC	17
1.2.2 Información necesaria que será almacenada en la Etiqueta	18
1.2.3 Código electrónico del producto	18
1.2.4 Los tags y lectores	18

1.2.5 Etiqueta y su estructura	19
1.2.6 Lectores	25
1.2.7 El software	27
1.3 ESTÁNDARES PARA TECNOLOGÍA RFID	29
1.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS TAGS	31
1.4.1 Interfaz aérea	31
1.5 ASPECTOS FÍSICOS DE LA TECNOLOGIA RFID	32
1.5.1 Parámetros que intervienen en el comportamiento de la etiqueta	32
1.5.2 Aplicaciones actuales	34
1.5.3 Costos asociados a la tecnología	35
1.6 BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN	36
1.7 MERCADO ACTUAL Y MERCADO POTENCIAL	37
1.8 CONTROL DE INVENTARIOS ANTES DE RFID	38
1.9 FUNCIONAMIENTO DE RFID EN AMBIENTES DE BODEGA	40
1.10 RFID APLICADA AL SEGUIMIENTO DE ACTIVOS	41

1.11 IMPLEMENTACIÓN EN SUPERFICIES ABIERTAS	42
1.12 LIMITACIONES Y DIFICULTADES DE LA TECNOLOGÍA RFID	44
1.13 INCONVENIENTES DEL USO DE LA TECNOLOGÍA RFID	44
2. REALIZACIÓN DEL PROTOTIPO FÍSICO.	48
2.1. DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DE LA TOPOLOGÍA FÍSICA.	48
2.1.1 Procedimientos de instalación física de los dispositivos RFID	50
2.1.2 Escenarios	51
3. DESARROLLO DEL PROTOTIPO SOFTWARE DE LA APLICACIÓN	53
3.1 IMPLEMENTANDO RFID – SOFTWARE	53
3.1.1 Descripción de las Capas del Modelo del sistema RFID	54
3.1.2 Descripción Del Prototipo Software	54
3.1.3 Realización Del Prototipo Software	55
4. PROPUESTA FINAL	57

5. CONCLUSIONES	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS	69



## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Funcionamiento RFID.	14
Figura 2. Código Electrónico del Producto	16
Figura 3. Estructura Etiqueta RFID	19
Figura 4. Presentaciones Físicas RFID	21
Figura 5. Presentaciones Físicas Lectoras RFID	26
Figura 6. Topología Física	49
Figura 7. Escenarios	52
Figura 8. Capas del Modelo RFID	53
Figura 9. Características Técnicas OmniWave Antenna Sensormatic	59
Figura 10. Características Técnicas Intermec PM4i RFID Printer	60
Figura 11. Instalaciones Físicas	62
Figura 12. Topología Física	63

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Clases de Etiquetas EPC	24
Tabla 2. Frecuencias RFID	31
Tabla 3. Comportamiento y autenticación en distintos materiales	33
Tabla 4. Características Técnicas Tags RFID	61
Tabla 5. Equipos de cómputo y documentación	64
Tabla 6. Honorarios.	64
Tabla 7. Papelería	64
Tabla 8. Equipos Técnicos	65

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
Anexo A. Diagrama Casos de Uso .....	69
Anexo B. Diagrama Entidad-Relación.....	70
Anexo C. Interface Gráfica del Software.....	71
Anexo D. Interface Gráfica del Software - Middleware. ....	75
Anexo E. Parámetros de configuración Lectora <i>Impinj's Speedway</i> .....	77
Anexo F. Parámetros de configuración Lectora <i>Impinj's Speedway</i> .....	78

## RESUMEN

Las siglas RFID significan Radio Frequency Identification, en español Identificación por Radio Frecuencia. Se trata de un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos que emplea dispositivos denominados etiquetas RFID o tag.

RFID es sin duda un paso más hacia adelante para las tecnologías de identificación automática que cada día se convierte más en la mejor alternativa al código de barras.

El modo de funcionamiento consiste en que una etiqueta RFID que contiene generalmente datos de identificación del objeto al que se encuentra adherido, genera una señal de radiofrecuencia con dichos datos. Esta señal es capturada por un lector RFID, el cual se encarga de leer dicha información y transmitirla a la aplicación específica que utiliza RFID, denominada 'middleware'.

Se trata de un dispositivo similar a una pegatina, que puede ser adherida o simplemente incorporada a un producto, animal o persona. Estos dispositivos disponen de antenas que les permiten recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un receptor RFID.

Las aplicaciones de radiofrecuencia están encaminadas a cualquier sector de la industrial que busque obtener beneficios a través de la aplicación EPC, ya que al

implementar esta tecnología se optimiza los recursos de la empresa y se crean mejoras en los desempeños de cada proceso.

Palabras Clave: RFID, EPC, middleware, trazabilidad.

## INTRODUCCIÓN

La alta demanda en la compra de vehículos y el gran número de personas que acostumbran por necesidad parquear en lugares públicos o privados, hacen de esta actividad una labor tediosa y agotadora, al no encontrar una buena comunicación entre los aparatos, personas, horarios y un buen sistema de registro en las empresas quienes prestan el servicio de parqueadero; aun cuando existen diversas tecnologías que pudieran mejorar el servicio en términos de costo y tiempo.

Este proyecto intenta encontrar a partir del desarrollo de diferentes etapas, la manera de mejorar la calidad, aumentar la seguridad y facilitar la forma con que las empresas dedicadas a ofrecer servicio de parqueadero prestan su función, utilizando RFID como soporte a los sistemas de monitoreo y control.

Para la realización de este proyecto se tuvieron en cuenta los siguientes objetivos:

- 1) Recopilación y filtrado de información, como estándares y protocolos de comunicación
- 2) Realización de un prototipo físico a nivel de laboratorio.
- 3) Desarrollo de un prototipo funcional de la aplicación como soporte al hardware, que permitiera la interacción del usuario con los diferentes elementos físicos.
- 4) Finalmente se propuso la realización de una propuesta como posible opción de solución ante la necesidad de las empresa cuya actividad principal este relacionada con el control vehicular.

El documento de esta investigación contempla 4 capítulos que cubren o muestran el cumplimiento de los objetivos anteriormente propuesto.

Para la realización de este proyecto se contó con la colaboración decidida y desinteresada del GRUPO CONDOR S.A. Empresa consultora y desarrolladora de sistemas de información, que cuenta con expertos en investigación, control y análisis de procesos empresariales, la cual enfoca sus esfuerzos hacia empresas industriales, comerciales y del sector de la construcción.

# 1. DEFINICIÓN Y CONCEPTOS BÁSICOS DE RFID

## 1.1 IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA<sup>1</sup>

La tecnología RFID tiene sus inicios en los años 40 durante la segunda guerra mundial cuando los militares estadounidenses reconocían a distancia los aviones enemigos o amigos. Para los años 60 y 70 su uso se enfocó en la seguridad de materiales nucleares.

Actualmente RFID se emplea para la identificación de paquetes, identificación de ganado, control vehicular, entre otros.

En el año 2003 el Ministerio de Defensa de los Estados Unidos comenzó a requerir a sus proveedores la implementación de esa tecnología. Lo mismo sucedió con la cadena de supermercados Wal Mart, que solicitó a sus principales proveedores la adopción para el año 2005.

El Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) ha creado junto con otras universidades de clase mundial y compañías multinacionales un centro de investigación, conocido con el nombre de Auto-ID. Seis laboratorios componen el grupo Auto-ID Labs, ubicados en los Estados Unidos, Gran Bretaña, Australia, Japón, Suiza y China. Este laboratorio comenzó en el otoño del 2003 a tratar los temas técnicos y de investigación y entre sus objetivos se encuentra definir los estándares para la tecnología RFID.

---

<sup>1</sup> ALVARADO SÁNCHEZ, JORGE Alberto. Sistema de Control de Acceso con RFID. México, D.F., 2008, 43 h. Trabajo de Grado de Maestro en Ciencias En la Especialidad de Ingeniería Eléctrica Opción Computación. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Departamento de Ingeniería Eléctrica Sección de Computación. Disponible en el catálogo en línea: <<http://www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2008/tesisJorgeAlvarado.pdf>>



El “Auto-ID” trabajó durante muchos años desarrollando el concepto RFID y el EPC (Código Electrónico de Producto), que es el contenido e identificador clave del tag RFID.

En Septiembre de 2003 se aprobó la creación de una nueva organización, EPCglobal™, como un empresa conjunta (joint venture) entre EAN International y el Uniform Code Council a fin de respaldar al sector mediante estándares voluntarios y abiertos para esta nueva iniciativa.

El EPC es administrado a nivel mundial por EPCglobal, una organización internacional sin ánimo de lucro encargada de estandarizar, regular, promover y velar por la implementación y adopción del estándar de identificación por radio frecuencia o RFID. En Colombia la organización encargada de administrar este estándar es GS1 Colombia.

**1.1.1 Identificación por radio frecuencia.** La identificación por radio frecuencia o RFID (Radiofrequency Identification) es un método para identificar artículos de manera inequívoca que utiliza ondas de radio. Estas ondas de radio no requieren una línea de lectura y pueden ser captados a través de diversos materiales, como el cartón o el plástico. Esta tecnología usa etiquetas que emiten señales de radio y dispositivos conocidos como lectores que captan la señal.

El RFID es descendiente de la tecnología de radio utilizada durante la Segunda Guerra Mundial para identificar a las aeronaves. No obstante, recientemente ha recibido mayor atención debido a la confluencia de varios hechos, incluyendo el avance tecnológico, una mayor preocupación por los temas de seguridad y un incremento en los controles de costos.

**1.1.2 Funcionamiento de la tecnología RFID<sup>2</sup>.** En el caso de un sistema RFID pasivo, la etiqueta RFID se activa cuando pasa a través del campo de radio frecuencia generado por el lector. La etiqueta envía la información solicitada, como respuesta a la señal emitida por la antena lectora. El lector capta esta información y se la envía al middleware o subsistema de procesamiento de datos.

En un sistema RFID activo, la etiqueta RFID está activa todo el tiempo emitiendo información según el tiempo configurado, capacidad propia del tag dado que lleva en su interior una pila la cual provee de energía al transmisor para enviar la información. El lector capta esta información y se la envía al middleware o subsistema de procesamiento de datos.

Un sistema RFID consta de tres componentes:

**Lector de RFID o Transceptor:** El lector está compuesto por una antena, un transceptor y un decodificador. El lector envía unas señales, cuando éste capta una señal de una etiqueta, extrae la información y se la pasa al subsistema de procesamiento de datos. Estas señales podrían transmitir energía en el caso de que se trate de leer una etiqueta pasiva. Algunos lectores llevan además integrado un módulo programador que les permite escribir información en las etiquetas, si éstas permiten la escritura.

**Subsistema de procesamiento de datos o Middleware:** Proporciona los medios de procesamiento y almacenamiento de datos. Se trata del software que reside en un servidor entre el lector y las aplicaciones empresariales. Filtra datos y permite pasar sólo la información útil hacia dichas aplicaciones. Algunos también pueden gestionar la red de lectores.

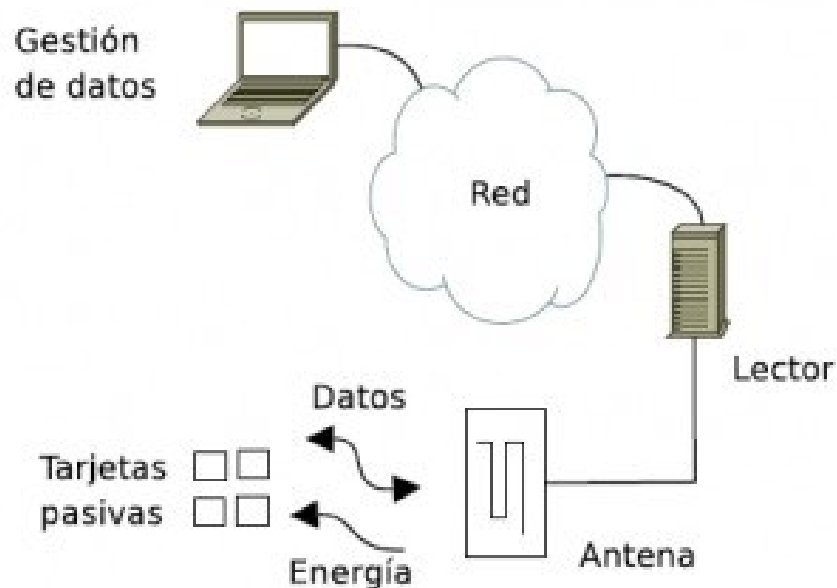
---

<sup>2</sup> Ibíd.

Etiqueta RFID, transpondedor o Tag: La etiqueta RFID está compuesta por una antena, un transductor radio y un microchip. El propósito de la antena es permitir al chip transmitir la información de identificación de la etiqueta. El chip, que es cada vez más imperceptible para el ojo humano, posee una memoria interna para almacenar el número de identificación y en algunos casos datos adicionales cuya capacidad depende del modelo.

### 1.1.3 Esquema del funcionamiento

Figura 1. Funcionamiento RFID.



Fuente: [Funcionamiento RFID]. Recuperado de <http://www.chrome-ingenieria.com.ar/nuestros-servicios/control-de-acceso>

**1.1.4 Beneficios de implementar RFID<sup>3</sup>.** Los beneficios que se muestran a continuación están relacionados particularmente con el uso de la tecnología RFID en escenario de control de activos.

- Rápida respuesta de servicio al cliente, ya que encuentra los artículos en góndola o estanterías o puede saber con exactitud donde se encuentran sus productos dentro del almacén o centro de distribución.
- Trazabilidad del producto, permite saber la ubicación real del producto y/o detectar cuándo un artículo se ha colocado en el lugar equivocado.
- Control exacto del inventario reduciendo así mismo sus niveles, sin que se vea afectada la disponibilidad de productos.
- Disminución en la pérdida o hurto del producto, se calcula en tiempo real las pérdidas de productos, identificando las áreas o procesos vulnerables, con el fin de emplear estrategias de prevención.
- Control de falsificaciones en las etiquetas, actuando como elemento disuasivo para los falsificadores.
- Lecturas rápidas y precisas: se consigue la lectura simultánea de los códigos de identificación de multitud de objetos.
- Retiro en el mercado de productos concretos, en caso de que haya productos averiados o con alerta de crisis, a través de RFID se identifican los artículos afectados y se procede a retirarlos, sin afectar la marca y a la vez reduciendo costos.

---

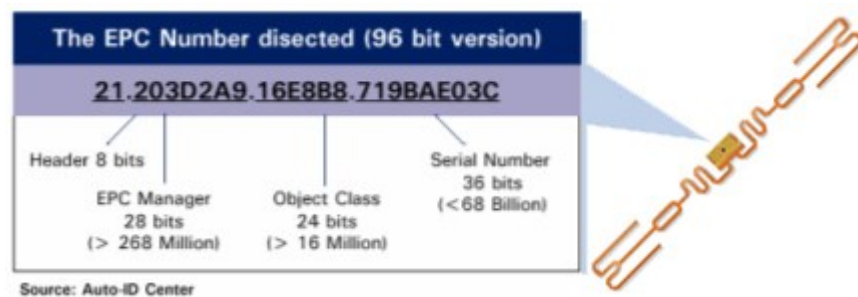
<sup>3</sup> RUIZ PALOMINO, Verenice. SANDOVAL FUENTES, Eduardo. Análisis de la tecnología Rfid: ventajas y limitaciones. instituto politécnico nacional escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica. Noviembre de 2007.

La tecnología RFID se apoya en el Código Electrónico de Producto (EPC), para operar en conjunto y hacer seguimiento a los productos, evitando contratiempos con los mismos y obteniendo información en tiempo real.

## 1.2 EPC

El EPC (Electronic Product Code), es un número único que identifica a un artículo específico. Ha sido denominado la próxima generación de códigos de barra. El número de identificación se inserta dentro de una etiqueta electrónica que puede ser detectada mediante ondas de radio, que combina un chip de silicón y una antena. Una vez que se recupera el EPC de la etiqueta, puede ser asociado con datos dinámicos, como el lugar en donde se originó un artículo o la fecha de su producción.

Figura 1. Código Electrónico del Producto



Fuente: [Código Electrónico del Producto]. Recuperado de <http://www.egomexico.com/epc.htm>

Básicamente el EPC es un esquema de codificación desarrollado por el Auto-ID Center que puede identificar de forma inequívoca un artículo individual, ya sea que

se trate de un artículo de consumo, caja, pallet, bien logístico o virtualmente cualquier otra cosa. A través de este sistema se puede realizar un seguimiento a los productos a lo largo de la cadena de abastecimiento y “leer” estos EPCs a distancia y fuera de la línea directa de lectura.

El objetivo de la red EPC es permitir que las computadoras perciban los productos de manera automática y tomen decisiones inteligentes acerca de ellos.

El número EPC está compuesto por cuatro elementos clave:

- El encabezador, define toda la longitud del número del EPC, incluyendo el número, el tipo, la versión y la longitud de sus partes subsiguientes.
- El administrador EPC es la compañía o entidad responsables de administrar los códigos subsiguientes.
- La clase de objeto, que identifica al artículo, ejemplo la unidad que se guarda en stock o la unidad de consumo.
- El número seriado proporciona un número único e inequívoco para todos los artículos de una clase determinada.

Una de las ventajas fundamentales que aporta el EPC frente al Código de Barras es que este sistema permite la lectura simultánea y en tiempo real de multitud de códigos sin necesidad de visión directa.

**1.2.1 Elementos de soporte EPC.** Además de gozar con un número único de identificación, la red EPC se soporta en los siguientes elementos:

**1.2.2 Información necesaria que será almacenada en la Etiqueta.** Estos datos corresponden al producto, fecha de producción, lugar de ubicación, entre otros.

**1.2.3 Código electrónico del producto.** Mencionado anteriormente como el conjunto de números que identifica de manera única a un artículo dentro de la cadena de abastecimiento.

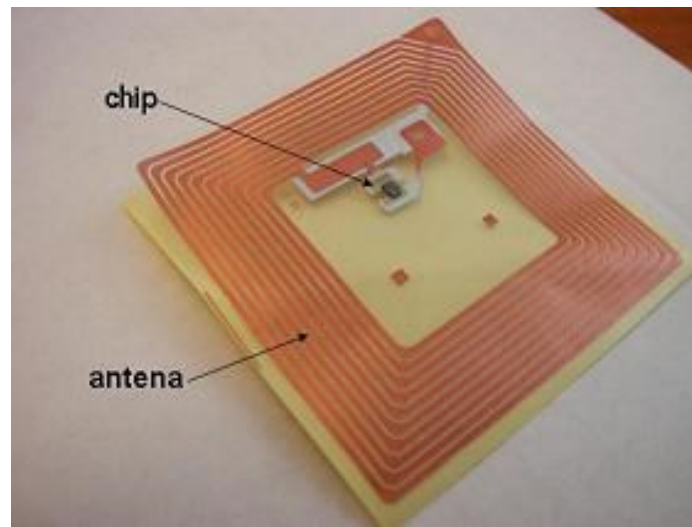
**1.2.4 Los tags y lectores.** Son interoperables, están respaldados por un sistema abierto, mundial basado en estándares.

Los Tags, son receptores de la señal RFID enviada por las antenas, estos contienen un chip semiconductor y un transmisor conectado a una antena. Contiene una identificación única de 96 bits, donde almacena la información del fabricante y del producto, adicionalmente contiene la información del número serial del artículo, lo cual brinda una identificación única para este producto en todo el mundo.

No existe un único modelo de Tag, ya que hay diferentes presentaciones según sus características, como sus mecanismos para almacenar datos o la comunicación que utilizan para transmitir la información. Entre estas presentaciones se encuentra Tags encapsulados o Tags en forma de etiqueta.

A continuación se describe la estructura de una etiqueta electrónica.

**Figura 2. Estructura Etiqueta RFID**



Fuente: [Estructura Etiqueta RFID]. Recuperado de <http://www.nvram.com.ar/viewtopic.php?t=11601>

**1.2.5 Etiqueta y su estructura.** La etiqueta RFID relaciona unos elementos esenciales para su funcionamiento, como son el chip, la antena y el material que uno estos elementos. Figura 3.

1. Chip - almacena la información, ya sea de tipo referencial o acerca del objeto sobre el cual está adherida la etiqueta. Es el responsable de transformar la energía RF (radiofrecuencia) en alimentación eléctrica y de modular la señal de vuelta.
- 2 Antena - el objetivo de la antena es captar las ondas de radio frecuencia y a su vez transmitir al lector la información contenida en el chip.
- 3 Sustrato - es el material que mantiene unido la antena y el chip.



## Ventajas de la Etiqueta

En general, las etiquetas RFID poseen ventajas claves respecto de las etiquetas de códigos de barras que se utilizan a diario:

- Las etiquetas RFID son menos susceptibles a ser dañadas.
- Los sistemas RFID pueden leer etiquetas múltiples en períodos de tiempo extremadamente cortos, sin que tenga una línea de lectura.
- RFID posee el potencial de tener una capacidad de lectura / escritura, permitiendo que las etiquetas puedan volver a utilizarse.
- Pueden ser bloqueadas para evitar que la información sea borrada o modificada.

Estas etiquetas se destacan por su diversidad de características de acuerdo a la aplicación que se le vaya a dar. Entre esas características se encuentran los tipos de memoria.

La memoria de estas etiquetas se puede configurar de diversas maneras:

- RO (read only). Sólo permiten la lectura de la información, la cual se escribe durante el proceso de fabricación de las etiquetas.
- WORM (write once read many). Permite al usuario escribir la información cuando le conviene y una sola vez. Permite múltiples lecturas.

- RW (read-write). La información puede ser escrita y rescrita muchas veces. Permite también múltiples lecturas.

Actualmente los tipos de memoria más utilizados son los read write, porque tienen mayor funcionalidad, permite que el cliente que hace uso de esa etiqueta pueda adicionar información que sea necesaria para sus procesos.

Los Tags también toman diferente forma y tamaño, de acuerdo a donde vayan a emplearse, esto permite un elevado surtido de ellos. Estas etiquetas pueden estar encapsuladas en diferentes tipos de material. Se pueden encapsular en plástico (PVC), en botones, en tarjetas de plástico o láminas de papel. Otra opción es encapsular en cerámica o cristal, que es utilizado generalmente para la trazabilidad animal.

**Figura 3. Presentaciones Físicas RFID.**



Fuente: [Presentaciones Físicas RFID]. Recuperado de [http://rfidlabeling.com/whatis\\_rfid.html](http://rfidlabeling.com/whatis_rfid.html)

Dentro de la clasificación de los Tags, se encuentran diferentes tipos, según la comunicación que tenga con la antena:

- Tags Pasivos, son las más económicas para fabricar. No poseen una fuente de energía en sí misma, ya que dependen de la antena de la etiqueta para extraer energía del lector. Generalmente deben estar dentro de una proximidad determinada, de tres a cinco metros del lector.
- Tags Semi-pasivos, poseen baterías pero permanecen dormidas hasta que reciben una señal proveniente de un lector. Esto conserva la energía de batería y proporciona mayor vida a la etiqueta para los objetos que no requieren un seguimiento constante.
- Tags Activos utilizan una batería para emitir una señal constante que transporta información de identificación. Poseen una vida operativa más corta que las etiquetas pasivas. Tienen mayor alcance y una mayor capacidad de almacenar información adicional aparte del número único de identificación.

Las diferentes etiquetas son clasificadas por clase con el fin de diferenciar los protocolos en los cuales trabajan. Sin embargo, actualmente existen etiquetas y lectores que tienen interoperabilidad entre ellos.

### **Clasificación de la EPC Global<sup>4</sup>**

La EPC Global como órgano de estandarización para la RFID en su uso con EPC ha catalogado las etiquetas en 6 clases.

Clase 0: Sólo lectura. El número EPC (Electronic Product Code) se codifica en la etiqueta durante el proceso de fabricación. Esta es el tipo de etiqueta más simple,

---

<sup>4</sup> Op. cit. ALVARADO SÁNCHEZ

donde el dato, el cual es usualmente un número de identificación, es escrito sólo una vez durante la fabricación. La memoria es deshabilitada para futuras actualizaciones. Clase 0 es también usada para definir una categoría de etiquetas llamadas EAS (Electronic Article Surveillance) o dispositivos antirrobo, los cuales no tienen un identificador, y solamente anuncia su presencia cuando pasan dentro de un rango de acción del campo de una antena.

Clase 1: Escritura una sola vez y lectoras indefinidas (WORM). En este caso la etiqueta es fabricada sin datos en memoria. Los datos pueden ser escritos tanto por el usuario o por el fabricante, pero una sola vez. Seguido de esto no se permiten más escrituras y la etiqueta puede ser solamente leída. Etiquetas de este tipo son usadas siempre como simples identificadoras.

Clase 2: Lectura y escritura. Es el tipo de etiqueta más flexible, pues los usuarios tienen acceso a escribir o leer la etiqueta las veces que sea necesario. Son usados normalmente para identificador de producto, y por tanto pueden contener más información que las anteriores.

Clase 3: Capacidades de la clase 2 más la fuente de alimentación que proporciona un incremento en el rango de lectura y funcionales avanzadas. Esta clase de etiquetas contienen sensores que permiten la grabación de parámetros como temperatura, presión y movimiento, los cuales son almacenados mediante la escritura en la memoria de la etiqueta. Como los sensores deben actuar sin presencia de lectores, las etiquetas pueden ser activas o semi-pasivas.

Clase 4: Capacidades de la clase 3 más una comunicación activa con la posibilidad de comunicar con otras etiquetas activas. Son como dispositivos de radio en miniatura que pueden comunicarse con otros dispositivos o etiquetas sin la presencia de un lector. Esto significa que son activos con su propia fuente de energía.

Clase 5: Capacidades de la clase 4 más la posibilidad de poder comunicar también a etiquetas pasivas.

Tabla 1. Clases de Etiquetas EPC

Clases de Etiquetas EPC	
Clase	Comentarios
Clase 0	Etiquetas de identidad pasiva "Sólo lectura"
Clase I	Etiquetas de identidad pasiva que permite una sola escritura
Clase II	Etiquetas Pasivas con mayor funcionalidad, ejemplo, memoria o mensaje criptográfico
Clase II	Etiquetas RFID semi pasivas
Clase IV	Etiquetas Activas - se comunican con lectores y otras etiquetas en la misma banda de frecuencia
Clase V	Esencialmente 'lectores' –pueden energizar clase I, II y III así como también Clase IV entre sí.

Fuente: [Clases de Etiquetas EPC]. Autor del proyecto

**1.2.6 Lectores**<sup>5</sup>. Los lectores RFID son dispositivos que emiten ondas de radio y esperan que las etiquetas respondan enviando sus datos. El lector transmite ondas de radio y las etiquetas inalámbricas utilizan la energía proveniente de estas ondas para reproducir nuevamente la identificación única o ID único del producto sobre el cual ellas están colocadas.

El lector está compuesto por una antena y un controlador. El controlador codifica, decodifica, verifica y almacena los datos, administra las comunicaciones con las etiquetas y se comunica con la fuente (host). Algunos dispositivos son lectores únicamente, otros tienen la opción de leer y escribir.

Existen dos opciones en la tecnología de lector es según la función o el tipo de trabajo que desea realizar:

**Fijo** – Están en sitios estratégicos como la puerta de acceso, la línea de ensamblaje, entre otros. La antena que se conecta puede tener diferentes tamaños de función del alcance que se quiera obtener.

**Móvil** – diseñados para su manejo manual, la antena forma parte de la unidad misma. Suelen tener doble función: interrogador de tags y lector de código de barras. Su radio de acción va desde 15 cm hasta 3 metros, dependiendo de la frecuencia, la potencia y el tamaño.

Gracias a los lectores para radiofrecuencia, la recepción de mercancía es mucho más rápida, ya que permite conocer el contenido de un panel, identificando el lote, referencia de los productos, hacia que cliente se dirige y los datos adicionales que le pueda agregar un cliente, todo dependiendo del tipo de tag con el que el lector trabaje.

---

<sup>5</sup> GRUPO CONDOR S.A. Trazabilidad de productos en almacén, producto terminado, consumibles, materias primas y despachos realizados en planta, mediante sistemas de información para seguimiento y codificación.

Antenas, dispositivo que utiliza ondas de radio para leer/escribir datos en los Tags y Etiquetas. Algunos sistemas utilizan Antenas y Controladores en un solo dispositivo de lectura, esto quiere decir que están incorporadas al lector. Otros sistemas lo utilizan por separado. Existen diferentes formas y tamaños, según el objetivo de la aplicación o solución. Los diseños de las antenas del Tag dependen de varios factores como son:

- Distancia de lectura
- Sensibilidad a la orientación
- Características del entorno (metal, líquido, madera, entre otros.)
- Polarización del sistema
- Especificaciones concretas del objeto a etiquetar

**Figura 4. Presentaciones Físicas Lectoras RFID.**



Fuente: [Presentaciones Físicas Lectoras RFID]. Recuperado de <http://www.l-com.com/content/redes-inalambricas.html>

**1.2.7 El software<sup>6</sup>.** Es una herramienta fundamental, ya que actúa como interconector entre el lector y las aplicaciones para filtrar los datos EPC y comunicarles a los sistemas de aplicación únicamente la información del movimiento de producto.

Existe un software asociado, como es el caso de Savant, que gestiona la información de lectura básica. Se encuentra en un servidor y proporciona la “inteligencia” a nivel local para controlar e integrar las etiquetas RFID, lectores e infraestructura local.

Es una tecnología diseñada para gestionar y mover la información en una forma que no sobrecargue las redes corporativas y públicas existentes. Savant usa una arquitectura distribuida, lo que significa que corre en diferentes computadoras distribuidas a lo largo de una organización, en lugar de correr desde una computadora central. Los Savants son organizados jerárquicamente y actúan como el sistema nervioso de la nueva Red EPCglobal, administrando el flujo de información.

El Savant interactúa con los lectores a través de una interfase de lectura. También interactúa con aplicaciones a través de un interfase de aplicación. Este software facilita la interacción con otros dispositivos a través de otras interfases especializadas.

El software Savant ayuda a los lectores a gestionar la recopilación y el flujo de datos y la interacción con el servicio ONS (Servicio de nombramiento de objetos). Se puede decir que Savant trabaja como el sistema operativo de la Red.

1. El ONS (Servicio de nombramiento de objetos), es una arquitectura de base de datos que sirve como directorio para números EPC. Es decir, este servicio

---

<sup>6</sup> Ibíd.



de red automático, enlaza los códigos EPC con la información del producto a la dirección del servidor.

2. Junto con este sistema se encuentra el servicio de información EPCIS, que administra y entrega una descripción de lenguaje marcado físico del producto hacia los que solicitan la información. A su vez este sistema suministra información sobre la clase de objeto que se está rastreando y el rumbo que tomó.
- El Lenguaje de Marcado Físico (PML) es un método diseñado por el Auto – ID, el cual retiene datos que ayudan a describir productos usando como referencia los números EPC asignados por los fabricantes. Es un vocabulario de lenguaje de marcado extensible (XML) para describir procesos, sistemas, objetos físicos o entornos asociados a un objeto. El objetivo principal de PML es facilitar un vocabulario común estandarizado para representar y distribuir esta información relacionada con los objetos que utilizan RFID en las aplicaciones y procesos comerciales.
3. El último elemento que complementa la Red EPC, son los Estándares que permiten que las etiquetas y los lectores interoperables estén respaldados por un sistema abierto, de manera que cualquier etiqueta que cumpla con los requisitos establecidos por EPC, pueda ser leída por el lector sin ningún inconveniente y a su vez pueda funcionar sin problemas en otro país.

Las funciones básicas del middleware son la gestión a nivel de control y configuración toda la red de hardware de lectores y etiquetas, recolectar y filtrar datos de las lecturas, y traspasar éstos de manera eficiente a los sistemas de gestión.

El middleware no es necesario en todos los proyectos, sino que éste sólo es importante dentro de los marcos de trabajo en los que se deba interactuar entre el mundo físico que forma la infraestructura RFID y el mundo lógico de la información.

### **1.3 ESTÁNDARES PARA TECNOLOGÍA RFID<sup>7</sup>**

Un estándar es una especificación para hardware, software, o datos que es aceptada o utilizada en forma amplia o sancionada por una organización de estándares. Estos estándares se utilizan para producir estándares técnicos y la manera como se aplican a problemas comerciales específicos. El marco para implementar la Red EPCglobal TM en un sector o los lineamientos para la aplicación física de etiquetas a productos son algunos ejemplos de estándares de aplicación.

Para la tecnología RFID, las entidades relacionadas con los estándares son la Organización Internacional de Estandarización (ISO) y el Auto ID Labs.

EPC Global ha desarrollado estándares para etiquetas RFID clase 1 y clase 2. Estos estándares presentan una desventaja y es que no son compatibles, ni interoperables con los estándares de ISO. Motivo por el cual, EPC Global desarrolló una generación de estándar llamada Generación 2 (Gen2), el cual tiene por objetivo conseguir interoperabilidad con los estándares de ISO. La generación 2, fue desarrollada para superar inquietudes de interferencia y disponibilidad de frecuencias globales. Gen2 especifica una disponibilidad de memoria de 96 a 256 bits en el Tag.

---

<sup>7</sup> Ibíd.

Por lo tanto, ISO (International Organization for Standardization), desarrolló estándares para identificación automática y gestión de objetos, con los estándares 10536, 14443 y 15693.

- 10536 define características generales de tarjetas sin contacto y del tipo de cercanía en particular. Distancia máxima de comunicación no mayor a 1 cm para tarjeta y lector.
- 14443 tiene medio alcance, opera a una frecuencia de 13.56 MHz y una distancia máxima de comunicación de 10 cm. para tarjeta y lector. A su vez especifica la naturaleza y características de los campos de radiofrecuencia usados así como las comunicaciones bidireccionales entre el lector y la tarjeta. Especifica el protocolo half-duplex, que se refiere esa comunicación bidireccional, para saber la transmisión del bloque usado y define la secuencia de activación y desactivación del mismo.
- 15693 define tarjetas de identificación sin contacto operando en vecindad a 13.56 MHz. Tiene largo alcance y una distancia máxima de comunicación de 1 y 1.5 metros para tarjeta y lector. También especifica el protocolo de comunicación y el método anticolidión para detectar y comunicarse con una sola tarjeta de entre las muchas que puede haber en un campo.

Después de estos estándares han surgido otros que buscan interoperabilidad con la tecnología RFID, como lo es la ISO 18000 , que son una serie de estándares considerados para la cadena de abastecimiento, donde se define los parámetros de comunicación para las distintas frecuencias.

## 1.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS TAGS

**1.4.1 Interfaz aérea.** La interfaz aérea de un sistema RFID esta compuesta por la frecuencia de operación, el modo de comunicación, la modulación, la codificación y el acoplamiento entre componentes. Es la característica más importante que se debe dar entre los tag y los lectores ya que es la forma de comunicación entre aplicaciones y facilita el intercambio de datos, garantizando el grado de compatibilidad que hay entre ellos.

La frecuencia de operación, es la frecuencia electromagnética que utiliza el tag y el lector para comunicarse u obtener energía. A continuación se relaciona las frecuencias y las aplicaciones que pueden tener según sea el caso.

**Tabla 2. Frecuencias RFID.**

125KHz LF	13,56MHz HF	800-960MHz UHF	2,4GHz Microondas
<ul style="list-style-type: none"><li>•Baja frecuencia (LF – Low Frequency)</li><li>•Aplicaciones comunes: control de accesos, rastreo y seguimiento de animales y personas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Alta frecuencia (HF - High Frequency)</li><li>•Aplicaciones comunes: control de acceso de edificios, bibliotecas y manejo de equipajes</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Muy alta frecuencia (UHF - Ultra High Frequency)</li><li>•Aplicaciones comunes: peajes, gestión de almacenes, seguimiento de inventario</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Aplicaciones comunes: cadena de suministro, acceso de control de vehículos a distancia y peajes</li></ul>

Fuente: [Frecuencias RFID]. Recuperado de <http://www.tagingenieros.com/?q=node/35>

En cuanto a la comunicación que se da entre el tag y el lector, ésta puede ser de dos formas, full duplex (FDX), donde hay comunicación simultánea y half-duplex (HDX) cuando es necesario turnos para que haya comunicación entre el lector y el tag.

## **1.5 ASPECTOS FÍSICOS DE LA TECNOLOGIA RFID<sup>8</sup>**

### **1.5.1 Parámetros que intervienen en el comportamiento de la etiqueta.**

Existen varios fenómenos físicos que intervienen en el comportamiento de las etiquetas, dependiendo de la frecuencia que se utilice. Estos fenómenos son provocados por diferentes materiales, los cuales afectan a las señales de radiofrecuencia.

- **Absorción:** Algunos materiales absorben la energía propagada en las ondas de radio, provocando que haya menos potencia disponible para que la etiqueta RFID pueda devolver la señal, es decir, responder al lector. Cuando una onda de radio se tropieza con un obstáculo, parte de su energía es absorbida por éste y se convierte en otro tipo de energía, mientras que otra parte se atenúa y sigue propagándose. La atenuación ocurre cuando la energía de una señal de radio se reduce en el momento de la transmisión. Cuando una señal choca con un obstáculo, la atenuación producida depende directamente del tipo de material del que esté constituido el obstáculo.

En este caso, los materiales líquidos, como el agua, el jabón y los medicamentos, son los que provocan absorción. Estos elementos absorben las ondas de radio y reducen la energía transmitida por el lector que es captada por la etiqueta, provocándose por ello una reducción de la fuerza de la señal. No obstante, no

---

<sup>8</sup> Ibíd.

todos los materiales líquidos provocan absorción, ya que el agua se comporta de una manera muy distinta al aceite.

Algún ejemplo del grado de atenuación de los distintos materiales se puede observar en la tabla de a continuación.

**Tabla 3. Comportamiento y autenticación en distintos materiales.**

<b>Material</b>	<b>Grado de atenuación</b>	<b>Ejemplo</b>
<b>Aire</b>	Ninguno	Lectura de tag RFID al aire libre.
<b>Plástico</b>	Bajo	Lectura de tag RFID de un objeto a través de su envoltorio de plástico.
<b>Vidrio</b>	Bajo	Lectura de tag RFID de un objeto encerrado detrás de una vidriera, como puede ser en una joyería.
<b>Agua</b>	Medio	Lectura de tag RFID en un ambiente húmedo.
<b>Seres Vivos</b>	Medio	Lectura de tag RFID incluida en una mascota o un ser humano.
<b>Ladrillos</b>	Media	Lectura de tag RFID a través de una pared de ladrillo.
<b>Metal</b>	Muy Alto	Lectura de tag RFID inducida en el interior de un armario metálico.

Fuente: [Comportamiento y autenticación en distintos materiales]. Autor del proyecto

- Reflexión: En algunas ocasiones, los materiales del entorno de la etiqueta RFID puede reflejar o refractar la onda , lo que provocaría que la etiqueta recibiera además de la onda principal enviada por el lector, ondas reflejadas que son diferentes a la onda principal. Cuando una onda de radio choca contra un obstáculo, parte o la totalidad de la onda se refleja y se observa una pérdida de la intensidad. Una onda de radio es susceptible de propagarse en

varias direcciones. Una señal de origen, después de haberse reflejado varias veces, puede llegar a un mismo punto destino después de tomar muchas rutas diferentes. La diferencia temporal en la propagación entre dos señales que toman diferentes rutas puede provocar que flujos de datos que se reciban se superpongan entre sí, produciendo una interferencia que se incrementa a medida que aumenta la velocidad de transmisión.

La reflexión es provocada principalmente por materiales metálicos, éstos provocan que la energía que proviene del lector no pueda ser absorbida en su totalidad por la etiqueta, que puede provocar una desintonización de la antena.

- Efectos dieléctricos: La concentración de campo magnético cerca de un material dieléctrico se puede multiplicar, provocando por ello una desintonización de la antena de la etiqueta.
- Efectos de propagaciones complejas: Estos efectos se producen debido a dos fenómenos físicos, las ondas diferentes a la directa, y los múltiples caminos causados por las ondas estacionarias que pueden cancelar la onda directa.

Para superar estos efectos, el desarrollo de antenas para etiquetas RFID necesita muchas horas de pruebas e investigación ya que estas antenas deben ser diseñadas para trabajar con entornos especiales, ya sean líquidos, metálicos, entre otros.

**1.5.2 Aplicaciones actuales**<sup>9</sup>. El EPC está diseñado para dar solución global a lo largo de la cadena de suministro, para hacer seguimiento y rastreo a cualquier producto. Actualmente se aplica a la industria y logística, para control acceso y seguridad, control animal y alimentación, control farmacéutica y cuidado de la salud. A nivel mundial existen varias empresas que dominan la tecnología y que

---

<sup>9</sup> Óp. cit. RUIZ PALOMINO. SANDOVAL FUENTES

han mejorado sus procesos a través de esta herramienta, sin embargo falta más reconocimiento de los beneficios que implica hacer uso de esta tecnología. Las aplicaciones más usadas hasta el momento son:

- Industria y logística
- Identificación de palets
- Seguimiento de activos
- Almacenaje y distribución
- Trazabilidad

Acceso y seguridad

- Identificación de personas
- Gestión documental

Transporte de mercancías

- Aplicaciones en librerías
- Transporte público

Farmacéutica

- Control de material hospitalario

**1.5.3 Costos asociados a la tecnología.** Hoy en día la tecnología se ha convertido en una herramienta importante en las empresas que desean alcanzar mayor competitividad. Y para esto deben estar a la vanguardia de los nuevos sistemas de información que se proyectan cada día, ya que el entorno cada vez exige más rapidez y por consiguiente permite mejorar sus procesos productivos. No obstante, el implementar herramientas de comunicación le da un valor



agregado a los productos y así los clientes se ven satisfechos con respuestas oportunas a sus necesidades.

La empresa que decida implementar tecnología de Radio Frecuencia, debe tener en cuenta los costos de implementación, los cuales no son altos, si se tiene presente que al utilizar esta tecnología se reduce costos de mano de obra requerido para capturar y dar seguimiento a la información, aumento de productividad y reducción de costos en el manejo de inventario.

Los costos de mano de obra, se ven reducidos gracias a la ubicación estratégica de los lectores de radiofrecuencia, ya que detectan el movimiento de los artículos dentro y fuera del área y puede proporcionar información sobre otros productos que estén en una zona determinada. Esta tecnología también mejora la conexión de datos entre sistemas ERP (Planificación de los recursos empresariales) y los MRP (Planificación de los requisitos de materiales).

Una etiqueta con chip puede oscilar entre US\$0.19 y US\$0.75 y el costo beneficio resulta tan grande que justifica la inversión. Sin embargo, en la medida en que las empresas implementen esta tecnología, será muchos los que se beneficiarán ya que los costos disminuyen hasta hacerlos accesibles a cualquier empresa. Cabe resaltar que los costos de los Tags aumentan de acuerdo a su capacidad de procesamiento y almacenamiento.

## **1.6 BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN**

Los beneficios que aporta el EPC dependen de la categoría de productos, del nivel de aplicación (palet, caja, producto, entre otros.). Estos beneficios se reflejan en

cada uno de los procesos de la cadena de abastecimiento, desde la fábrica hasta la entrega final al cliente. Entre los que se encuentran:

- Precisión en el inventario en planta
- Información de embarque verificado y enviado al sistema
- Reducción de mano de obra en la recepción, guardado, selección y embarque
- Reducción de los costos de mano de obra
- Mejoras en productividad de la mano de obra

## **1.7 MERCADO ACTUAL Y MERCADO POTENCIAL<sup>10</sup>**

Empresas globales como Wal Mart, Procter & Gamble, Unilever, Metro Stores (Alemania), entre otras, en su constante búsqueda de mejora de la productividad, eficiencia y rentabilidad, se convirtieron en los principales impulsores de la tecnología RFID e iniciaron proyectos de desarrollo e implementación en sus operaciones.

Actualmente el EPC es una realidad y es una solución a los desafíos de gestión en la cadena de abastecimiento, como lo fue en su momento el código de barras. Esta tecnología está diseñada para ser una solución mundial, para múltiples industrias. La RFID está dispuesta a todas las empresas que quieran mejorar la eficiencia en los procesos a través de la comunicación electrónica con sus clientes y proveedores.

Uno de los beneficios de la tecnología RFID es poder probar la autenticidad de sus productos a través del seguimiento y esto aplica más exactamente a la cadena de

---

<sup>10</sup> GOTOR CARRASCO, Eva. Estado del Arte en Tecnologías RFID. Escuela Universitaria de Informática, Universidad Politécnica de Madrid. Junio 2009.

abastecimiento farmacéutica. La idea con este sistema aplicado a dicho sector, es que se pueda detectar fácilmente cuándo un producto no coincide con la lectura de un lote especial y así evitar la falsificación de los medicamentos.

Distribuidores colombianos han comenzado a implementar radiofrecuencia en las operaciones de sus productos. Y en la actualidad hay dos laboratorios que empezarán a implementar esta tecnología según artículo del periódico *Ámbito Médico* de junio de 2007. Estos laboratorios son, Wyeth y GlaxoSmithKline (GSK). El EPC permitirá a los pacientes estar seguros de la procedencia de los medicamentos, pues los datos almacenados en el chip de radiofrecuencia permiten tener la información exacta del producto.

En otros países han implementado radiofrecuencia para el uso de peajes, el seguimiento de equipajes en aeropuertos, el uso de tarjetas para el pago del transporte, entre otros. Estas aplicaciones demuestran que los beneficios de la radiofrecuencia aumenta la eficiencia en sus despachos, en la producción y en la reducción de costos. Es decir, las empresas que implementen EPC pueden crear ventajas competitivas frente a las que aún no lo han hecho, ya que permite tener una trazabilidad de los productos y en cada una de las etapas de su proceso de fabricación.

## **1.8 CONTROL DE INVENTARIOS ANTES DE RFID<sup>11</sup>**

Realizar el inventario de un almacén de forma rápida y automática es una de las ventajas de implementar la tecnología de identificación de radiofrecuencia. Adicionalmente a esto, mejora la toma de decisiones en las empresas y se da una respuesta más efectiva a las necesidades cambiantes de los clientes.

---

<sup>11</sup> Óp. cit. GRUPO CONDOR S.A.

El control de un inventario es un proceso que generalmente resulta costoso y es demorado a la hora de realizarlo. Con la radiofrecuencia la gestión de los inventarios se puede automatizar, y así optimizar las existencias del mismo.

Por mucho tiempo las empresas han implementado diferentes sistemas de inventarios, entre los que se puede mencionar el método de clasificación ABC, que consiste en clasificar los productos por categorías A, B, C y a su vez asignarles un porcentaje según el criterio que se determine, ya sea por consumo o ventas. Esta clasificación permite distinguir los productos tipo A como los más importantes de la categoría, los B como los productos intermedios y los productos tipo C los menos importantes.

Kankan es otro método relacionado con los inventarios, porque a través de este sistema se puede controlar la producción y a la vez mejorar los procesos. Aunque el Kankan no es un control directamente de conteo, permite conocer la orden del día, qué se va a producir, en qué cantidad, y mediante qué medios; por consiguiente existen diferentes tipos de Kankan de acuerdo a la producción, al transporte, o a los proveedores. De esta forma el sistema Kankan aporta a los inventarios un control a la producción, ya que permite eliminar sobreproducción, dar prioridad a las necesidades del día y facilitar el control de material.

Es así como la tecnología RFID se puede integrar a los procesos de una empresa mejorando las actividades en todo su conjunto, porque reduce errores en el conteo de productos debido a que se realiza a través de los tag y los lectores, se puede hacer una trazabilidad con información exacta y tener stocks en tiempo real.

## 1.9 FUNCIONAMIENTO DE RFID EN AMBIENTES DE BODEGA<sup>12</sup>

Las empresas que se dedican a la producción o que gestionan una cadena de abastecimiento extensa, deben enfrentar exigencias y tiempos en el ciclo productivo más cortos, creando una necesidad para dar una solución más rápida a las exigencias de sus clientes y a su vez diferenciando sus servicios de otras empresas. Es así como la tecnología RFID permite hacer seguimiento a las mercancías cuando se desplazan dentro de una bodega. Para estos casos se utilizan lectores en las zonas de ingreso y salida de las bodegas con el fin de capturar la lectura de los productos a través de los etiquetas electrónicas que lleva cada caja o pallet.

Una ventaja de este seguimiento es que no requiere una línea de visión directa para la captura de los datos al pasar por los lectores. De igual forma, se tiene el control de la mercancía que está en proceso de inventario, conociendo con exactitud qué productos han entrado o salido de la estantería o en su defecto de la bodega.

Adicional a esto se tienen otros beneficios, como son:

- Información actualizada de todos los productos existentes en bodegas y el seguimiento de los que han salido de inventario.
- Se obtiene una identificación mucho más rápida de los productos que se vencieron o están próximos a vencer.
- Aumento de la productividad ya que se facilitan los procesos.
- Se disminuye las devoluciones y la manipulación de las mercancías.

---

<sup>12</sup> Ibíd.

- Se optimiza la fuerza laboral y a su vez el espacio físico.

En el proceso de recepción o envío de productos a través de las transportadoras, es más eficiente porque se identifican los productos y agilizan el proceso de cargue o descargue de mercancía.

Muchas empresas actualmente manejan en sus bodegas el sistema de Crossdocking que consiste en descargar las mercancías que llegan a sus bodegas y a través de la plataforma embarcar nuevamente los productos sin dejar en sus bodegas almacenamiento alguno. Para estas empresas implementar un sistema de radiofrecuencia sería de gran ventaja, ya que agiliza el descargue a través de la lectura rápida existente entre los tag y los lectores, esto permite un conteo efectivo de los productos. Así mismo transmite la información real de cuantos productos llegaron, de qué referencias, obteniendo un nivel de faltantes en cero, ya que esta tecnología disminuye los errores humanos y la manipulación de las mercancías.

### **1.10 RFID APLICADA AL SEGUIMIENTO DE ACTIVOS<sup>13</sup>**

El control de los activos es una función de la tecnología RFID porque permite obtener la información veraz y rápida de los productos o los activos que tenga una empresa. Esto con el fin de conocer en tiempo real la ubicación de los artículos, mayor control y ahorros representativos en mano de obra. Así mismo la información obtenida a través de la tecnología de radiofrecuencia se puede integrar con otras aplicaciones contribuyendo con la empresa en la ejecución y un buen control de activos.

---

<sup>13</sup> Ibíd.

Los beneficios que se obtienen al implementar esta tecnología van desde el ahorro de capital en la recolección de la información hasta la disminución de pérdida de activos. La implementación de RFID puede ir desde la marcación de los activos de una empresa, ya sea herramientas de trabajo de oficina, como computadores, impresoras, o maquinaria en general. También se puede implementar en el sistema de archivo, marcando cada carpeta que contenga información para la empresa.

En bibliotecas se puede usar etiquetando cada libro de la estantería, facilitando la búsqueda en el momento que soliciten alguno. La información bibliográfica de los textos va contenida en los tags de radiofrecuencia y a su vez indicando la ubicación que estos tienen en la estantería. Estas aplicaciones, entre otras mejoran la eficiencia en las empresas en sus funciones internas y reflejan esta eficiencia en una oportunidad de mejora hacia el cliente.

### **1.11 IMPLEMENTACIÓN EN SUPERFICIES ABIERTAS**

En los almacenes de cadena o tiendas de mercado se puede implementar el sistema de radiofrecuencia, ya que al igual que las aplicaciones antes mencionadas cuenta con beneficios para satisfacer al cliente y mejorar los procesos operativos en dichos almacenes.

En las superficies abiertas, implementando radiofrecuencia se obtiene información real de cuantos productos quedan en góndola, cuáles están próximos a vencer y a su vez se controla el hurto en los almacenes de cadena, ya que al tener la etiqueta con información referente al producto, el lector detecta el artículo a través de la comunicación que hay entre los tags y las antenas.

Actualmente en Colombia, Almacenes Éxito y la Compañía de Galletas Noel están implementando su piloto en tecnología RFID, que consiste en tener trazabilidad de sus productos en la cadena de abastecimiento. Los despachos se realizan desde el centro de distribución Noel en coordinación con su operador logístico, hasta el centro de distribución Éxito, donde posteriormente esos despachos se dirigen al Almacén Exito de Envigado. Todo esto se ha realizado con el apoyo de GS1 Colombia y los proveedores de tecnología, entre ellos Tyco y Tann Colombia. El objetivo de este piloto es disminuir tiempos de alistamiento en la operación logística, conocer el tiempo de rotación de un producto, tener un control directo de los productos que están en la estantería y así poder entregar calidad a los clientes brindándoles entrega oportuna y productos actualizados.

El ejemplo más conocido en esta aplicación es la cadena de supermercados Wal Mart, que actualmente exige a sus proveedores tener esta tecnología en sus artículos y la cadena de supermercados Metro de Alemania que espera para el próximo año que sus proveedores cuenten con el sistema RFID.

En este momento Argentina también realiza su piloto RFID, aplicado a Supermercados Coto, donde se efectúa trazabilidad a los productos en el proceso de distribución hasta su ubicación en las góndolas. El objetivo del proyecto en Coto consiste en identificar el producto desde el centro de distribución hasta que llegue al supermercado, de esta manera los clientes pueden tomar los productos, cargarlos en los carros, y a través de una lectura, realizada por un arco metálico, se contabiliza el valor total de los productos que lleva el consumidor, pasando posteriormente vía celular el valor debitado de su cuenta. Un beneficio de este proceso es que se minimiza las filas que tradicionalmente deben realizar los usuarios para cancelar un producto.

Como se puede observar la radiofrecuencia se puede aplicar a diversos sectores de la industria aprovechando al máximo sus beneficios. No obstante, estas



aplicaciones van de acuerdo a la necesidad de cada cliente, de acuerdo a los productos que van a tener identificación y hasta donde se quiere realizar la trazabilidad de los mismos.

### **1.12 LIMITACIONES Y DIFICULTADES DE LA TECNOLOGÍA RFID**

Día tras día se trabaja por mejorar la tecnología RFID, diseñando dispositivos y software que se adapten a los requerimientos en los procesos de las aplicaciones que se dan en las empresas. Sin embargo, estas aplicaciones que se desarrollan pueden presentar inconvenientes con el tiempo, ya que factores como el entorno donde se desarrolla puede intervenir en la frecuencia de comunicación entre el tag y el lector afectando la lectura de los datos.

También se puede dar interferencia entre dispositivos dependiendo del material donde esta insertada la etiqueta. Algunos materiales actúan como absorbentes, transparentes o reflejantes. Es el caso del material metálico que provoca reflexión, que evita que el tag absorba energía proveniente del lector. El aire acondicionado, dispositivos inalámbricos o sustancias químicas, son otros de los factores que pueden afectar esta tecnología.

### **1.13 INCONVENIENTES DEL USO DE LA TECNOLOGÍA RFID.<sup>14</sup>**

Las ventajas que ofrece la tecnología RFID son muchas, sin embargo, existen demasiadas desventajas como para causar un frenado en el crecimiento masivo de esta tecnología.

---

<sup>14</sup> Ibíd.

La desventaja más importante es la de violación de la privacidad de las personas. Los clientes temen ser rastreados, ser vigilados, ser estudiados, motivos por los cuales se necesitan leyes específicas para esta tecnología, ya que sin ellas estos miedos no van a ser subsanados y la tecnología seguirá quizá creciendo, pero no tanto como debería o se esperaría.

A continuación se enumeran las desventajas más importantes de la tecnología de identificación por radiofrecuencia.

- Privacidad: Como ya se ha dicho, la mayor desventaja para la RFID es que se está generando un debate público sobre esta tecnología debido a la gran preocupación que existe por la posibilidad de que esta tecnología omnipresente, capacitada y cada vez más imperceptible para el ojo humano ponga en peligro la privacidad de las personas.
- Robo de identidad: El problema del robo de identidad ha aparecido en los últimos años. Éste consiste en la interceptación fraudulenta de datos y su posterior uso con fines distintos, el fin de personar a alguien que no eres. Es posible el robo de identidad en la utilización de la tecnología RFID con fines de identificación y un uso generalizado de RFID vulnerable a ataques externos podría generar riesgos para los ciudadanos. La defensa al robo de identidad es sin duda más importante en casos como el pasaporte electrónico, o las tarjetas de identificación en los empleos.
- Perfiles: Otra desventaja importante es la posibilidad de elaborar indiscriminadamente perfiles. Este riesgo es inseparable de cualquier tecnología que permita obtener datos de carácter personal de forma masiva. Será posible por tanto la realización de perfiles en los lugares de trabajo, en los supermercados.

- Vigilancia: Esta desventaja está relacionada con la anterior, ya que la vigilancia de las personas viola la privacidad de éstas. También se ha manifestado la preocupación por la posibilidad de una mayor vigilancia, especialmente en el lugar de trabajo, ya que podría derivar en una discriminación, exclusión, victimización y posible pérdida del empleo. Esta tecnología permite localizar en cada momento a individuos que lleve n etiquetas RFID en su ropa, coche, tarjeta de acceso, entre otros, permitiendo una vigilancia constante y pudiendo por lo tanto realizar técnicas de rastreo, lo que supone un paso más en la vulneración de su vida privada, coaccionándole en el ejercicio de sus libertades más básicas. Además esta tecnología tiene el añadido de que es casi imperceptible para el ojo humano, gracias a lo cual una persona podría llevar una etiqueta RFID en su ropa, por ejemplo, sin tener constancia de ello.
- Estándares industriales para la identificación de objetos: Las tecnologías de identificación de productos y los procesos asociados a éstas progresan continuamente y representan un enorme potencial para hacer más eficientes las cadenas de suministros, reducir los niveles de existencias, así como los costes. Los esfuerzos de las asociaciones y organizaciones industriales se centran en normalizar el modo de identificar los productos, pero tan sólo unas cuantas grandes empresas están participando en estas iniciativas. La red EPC global es lo suficientemente flexible como para trabajar con los estándares de diferentes industrias, pero los beneficios de la tecnología RFID no se podrán observar completamente en el mercado hasta que se utilice el mismo método de identificación de objetos para que los datos sean precisos.
- Cáncer: Estudios científicos realizados desde el año 1996, han demostrado que la tecnología RFID inyectada en el cuerpo humano en un 1% ha generado sarcomas, o neoplasias malignas que se originan en un tejido conjuntivo como puede ser un hueso, cartílago, grasa, músculo..., y tumores cancerosos en el

lugar donde está implantada la cápsula que contiene el chip. Ya se habían implantado en 2005 en personas alrededor del mundo cerca de 2.000 etiquetas RFID gracias a su principal impulsora la empresa VeriChip. A esto hay que sumarle, que este tipo de etiquetas RFID son las que se inyectan en mascotas para su identificación. Además, la implantación de RFID en personas tiene unas implicaciones éticas importantes.

- Interferencias: Debido a que la tecnología RFID no es una tecnología basada en un campo visual como es el sistema de códigos de barras, muchos procesos podrán ser automatizados y perfeccionados, como los procesos de envío, recibo y gestión de existencias, y de este modo ser acelerados. Sin embargo, existen dispositivos, entornos y elementos que pueden crear interferencias en las señales de radiofrecuencia. Se ha demostrado que las cintas transportadoras, los equipos industriales, los dispositivos inalámbricos, algunas sustancias químicas, equipos de calefacción, ventilación y aire acondicionado, entre otras, a algún nivel crean interferencias en las señales RFID, dependiendo de la potencia y las frecuencias generadas por los equipos. Las sustancias imantadas afectan a la transmisión distorsionando las ondas de radio. Los líquidos, como soluciones limpiadoras y aceites, absorben la energía de las ondas de radio. El metal puede reflejar las ondas hertzianas. Además, otro inconveniente es la actual incapacidad de la tecnología RFID para distinguir entre piezas individuales cuando se encuentran dentro de un área pequeña.

## **2. REALIZACIÓN DEL PROTOTIPO FÍSICO.**

Gracias al aporte dado por el grupo CONDOR S.A. de la ciudad de Bucaramanga, se hizo posible tener a disposición los elementos físicos necesarios para la implementación del prototipo.

A continuación se hace un listado con los requerimientos del prototipo físico del sistema a realizar.

- Elementos necesarios para la realización de la topología física
- Impinj's Speedway Revolution UHF RFID Reader
- OmniWave Antenna Sensormatic
- Tags RFID (Monza 4 family of passive UHF RFID tag chips)
- Intermec PM4i RFID Printer

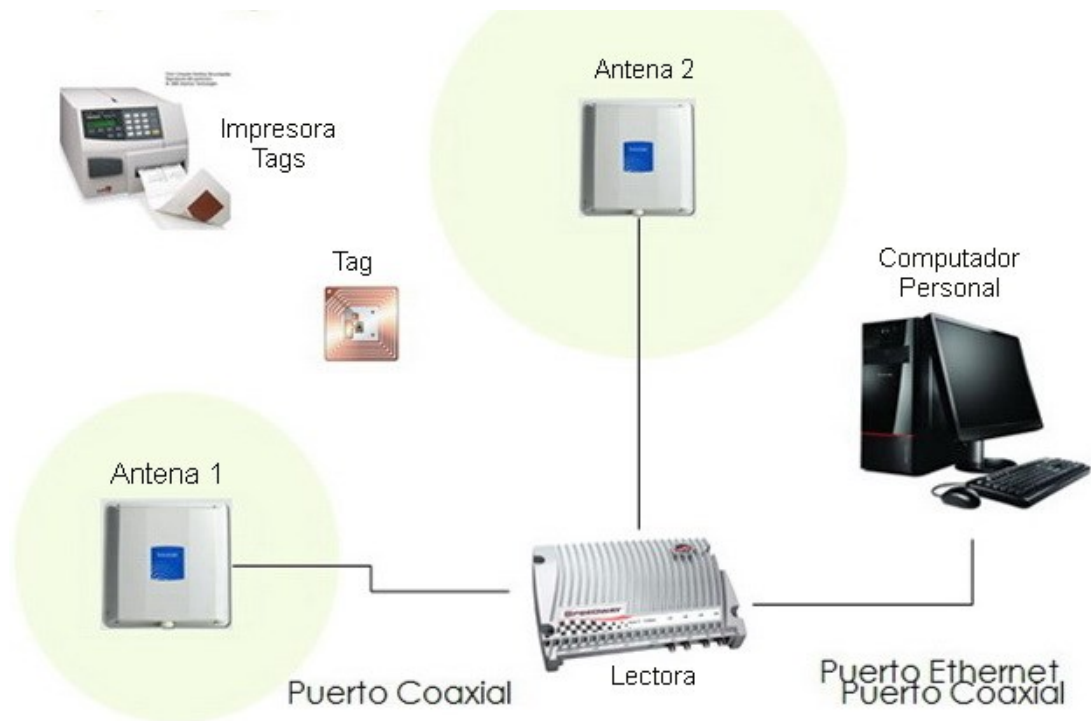
Las especificaciones y características de cada elemento o parte del sistema, depende estrictamente de la marca y la referencia de cada dispositivo a utilizar. Estas características se pueden encontrar de manera directa en la página web de cada distribuidor.

### **2.1. DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DE LA TOPOLOGÍA FÍSICA.**

A continuación se describe de manera procedimental cada uno de los pasos necesarios para realizar la conexión y configuración de los elementos asociados con la tecnología RFID.

Cada módulo o antena exterior está conectada de manera directa a la lectora por medio de un cable coaxial; el tipo de conexión utilizada por la lectora para transmitir sus datos al servidor es Ethernet el cual es un estándar de redes de área local.

**Figura 5. Topología Física.**



Fuente: [Topología Física]. Autor del proyecto

Una vez conectada la lectora a un punto de red local y configurada la dirección ip a la cual debe enviar los datos, se procede a configurar y manipular por medio del middleware la información que ha sido filtrada.

Los parámetros de configuración de la lectora, como la potencia, frecuencia, ip del servidor, actualización de eventos, identificación de la antena, cantidad de

módulos externos, disponibilidad de transmisión, protocolos de comunicación (depende de los equipos a utilizar y de las necesidades y requerimientos del software), son previamente configurados en archivos XML necesarios para su funcionalidad, ubicados en la raíz del sistema operativo del equipo anfitrión de la aplicación.

La configuración de los parámetros anteriormente citados y que fueron configurados en los archivos XML no tienen valores estandarizados, si no que están determinados por las condiciones del lugar y de cada proyecto.

Estos archivos XML son considerados componentes software del fabricante y en algunas ocasiones son dados como demostración previa para la configuración de futuros proyectos.

Para conocer el contenido de un archivo XML, puede consultarse el anexo 5 (Anexo 5. Parámetros de configuración Lectora *Impinj's Speedway*).

### **2.1.1 Procedimientos de instalación física de los dispositivos RFID.**

- Verificar que las condiciones físicas donde se pretende instalar el hardware sean las ideales, evitando cualquier tipo de interferencia debido a los fenómenos físicos como lo son la absorción y reflexión.
- Verificar los parámetros de poder (corriente) y temperatura de acuerdo a las características propias de los dispositivos que se vayan a utilizar.
- Descargar desde el siguiente link, el instalador de gestión y administración de la lectora RFID y demás dispositivos de esta tecnología, el cual permite automáticamente descubrir de manera automática otros dispositivos en las redes IP. <http://www.apple.com/support/downloads/bonjourforwindows.html>

- Verificar las conexiones de red, ya que la lectora RFID debe estar conectada de manera directa por el puerto Ethernet a un punto de red local, que permita la conexión y el envío de los datos al host que se allá configurado para el almacenamiento de esta información.
- El equipo configurado como servidor debe poseer una dirección ip de red, establecida por el usuario, la cual pertenezca al mismo dominio de red. Esto con el fin garantizar la conexión entre la lectora y el servidor.
- Conectar de manera física por conexión coaxial cada una de las antenas o módulos lectores a la lectora principal.
- Ubicar los archivos XML de configuración en la raíz del sistema operativo del equipo donde se quiera correr la aplicación.

**2.1.2 Escenarios.** Dadas las condiciones y requerimientos generales propios del problema, cabe resaltar diferentes escenarios que garanticen el buen funcionamiento de sistema.

- 1 La distancia entre los módulos de entrada y salida debe ser como mínimo de 6 metros. (Indicados en la gráfica 9, con los puntos Azules).
- Esta observación hace relación a la distancia mínima que debe existir entre cada módulo lector, para evitar problemas de lecturas y determinar de esta forma un grado de dirección, ya sea de entrada o salida a las instalaciones físicas del parqueadero, dependiendo el orden de lectura en determinado momento.
- 2 Identificar las necesidades físicas del sistema, que permitan determinar los elementos necesarios (tags, sensores, lectoras), que faciliten la detección adecuada de vehículos en el parqueadero.



- Esta observación garantiza el uso adecuado de lectoras y tags según sus características que ayuden a garantizar el buen funcionamiento del sistema, que mejor se acomode a la situación y los requerimientos.
- 3 Garantizar la ubicación de los vehículos en lugares donde su posición esté distante de la antena de salida.
- Esta observación es importante ya que de esta se delimita la zona de lectura. Y se determina de manera individual el estado del vehículo (Entrada, salida, Estadía) dentro de las instalaciones del parqueadero, evitando la múltiple lectura del mismo tag de forma equivocada.

**Figura 6. Escenario**

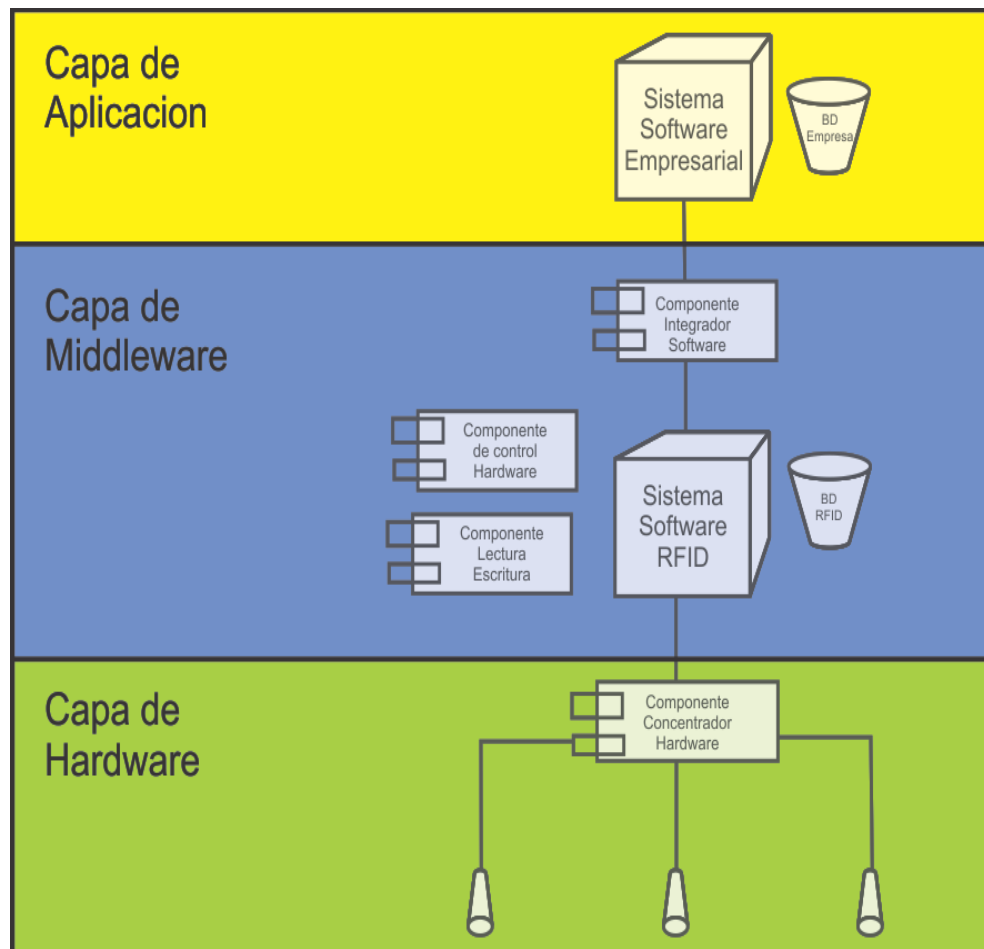


Fuente: [Escenario]. Autor del proyecto

### 3. DESARROLLO DEL PROTOTIPO SOFTWARE DE LA APLICACIÓN

#### 3.1 IMPLEMENTANDO RFID – SOFTWARE

Figura 7. Capas del Modelo RFID



Fuente: [Capas del Modelo RFID]. Autor del proyecto

La gráfica anterior, muestra el flujo de los datos desde la parte inferior (Hardware) hasta la parte superior (Software), pasando por la capa intermedia (Middleware) que comprende un sistema RFID.

**3.1.1 Descripción de las Capas del Modelo del sistema RFID.** Capa de Hardware: En esta capa se detecta la emisión y recepción de la señales por medio de equipos físicos, a esta capa pertenecen las antenas.

Capa de Middleware: Compuesta por un conjunto de componentes integrados, cuya función es interpretar y convertir las señales en datos, que serán utilizados por la parte superior.

Capa de Aplicación: Esta capa contiene el software que se ajusta a las necesidades o requerimientos del sistema de acuerdo al tipo de situación en la que se desee implementar RFID.

**3.1.2 Descripción Del Prototipo Software.** El software está diseñado como una herramienta de soporte a la comunicación entre los dispositivos físicos con tecnología RFID y los diferentes tipos de usuarios que interactúan con el sistema.

El software de monitoreo y gestión de vehículos, da soporte a 2 tipos de usuarios que manipulan y hacen parte del sistema dadas sus necesidades:

El usuario con privilegios de administrador, tiene acceso a todas las funcionalidades del sistema, desde asignación, eliminación, búsqueda y gestión de los tags disponibles en el sistema, que se relacionan con cada uno de los vehículos que en determinado momento están ubicados en la infraestructura física de un parqueadero cerrado.

El usuario tipo cliente mensual, una vez que se ha registrado en línea, posee la cualidad de poder acceder sin ningún tipo de demora a las instalaciones físicas del parqueadero. Además de poder visualizar su estado de cuenta en la plataforma general del sistema.

Y por último, el usuario tipo cliente temporal, que hace parte del sistema ya que accede a las instalaciones físicas del parqueadero pero no posee la cualidad de poder hacer alguna acción en el sistema como mirar estado de cuenta y antigüedad.

Para la realización del prototipo del software, se recurrió a diferentes etapas de diseños, desde modelamiento hasta codificación del software.

Lenguajes de programación utilizados:

- Microsoft Visual Studio .NET 2008
- JAVA
- JSP
- XML.
- Bases de datos y lenguaje SQL.
- Protocolos de comunicación RS232. RS485 TCP/IP UDP, MODBUS.
- Librerías DLL y adaptación de componentes de proveedores externos.

**3.1.3 Realización Del Prototipo Software.** Existen 2 capas de programación que permiten relacionar la comunicación entre los equipos físicos y la funcionalidad del sistema detectando cada uno de los tags que se quieren monitorear.

- A nivel de interfaz gráfica orientado hacia el usuario final, se utilizaron lenguajes de programación como los son JAVA, JSP, Lenguaje SQL y Bases

de datos, que permiten mostrar de manera sencilla y fácil, las diferentes funciones del sistema.

- A nivel medio (middleware) el proyecto desarrollado en Visual Estudio. NET 2008, permitió realizar la gestión a nivel de control y configuración de toda la red de hardware de lectores y etiquetas, consiguiendo recolectar y filtrar los datos de las lecturas, y traspasar éstos de manera eficiente a los sistemas de gestión, para posteriormente programar de acuerdo a las necesidades del sistema, todas aquellas funciones físicas que el hardware permita. El middleware no es necesario en todos los proyectos, sólo es importante dentro de los marcos de trabajo en los que se deba interactuar entre el mundo físico que forma la infraestructura RFID y el mundo lógico de la información.

- Modelado

Anexo A. Diagrama Casos de Uso

Anexo B. Diagrama Entidad-Relación

- Interfaces

Anexo C. Interface Gráfica del Software.

Anexo D. Interface Gráfica del Software - Middleware.

## 4. PROPUESTA FINAL

En esta sección se describen los pasos y elementos necesarios para dar solución al problema referente al sistema de parqueo. En este caso se enfoca en las instalaciones físicas del parqueadero de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

A continuación se muestra un listado de las diferentes etapas a tener en cuenta en el momento en que se pretenda implementar este proyecto como solución a un problema relacionado con el monitoreo de vehículos para un parqueadero:

1. Estudio técnico previo para pruebas y detección de condiciones físicas del lugar: Dado que las características de cada proyecto varían, es indispensable hacer con anterioridad un estudio que evalúe el lugar y garantice el buen funcionamiento de la tecnología RFID.
2. Elementos técnicos necesarios para la implementación física y lógica de la tecnología.

A continuación se describen cada uno de los equipos necesarios para el desarrollo del proyecto.

- a) Impinj's Speedway Revolution UHF RFID Reader. 2 unidades. Unidad lectora con habilidad de identificación, localización y autenticación de elementos. Incluye chips de alto rendimiento de etiquetas, lectores, chips lectores, software, antenas RFID y la integración del subsistema. Enfocados en actividades y aplicaciones que incluyen la gestión de inventario, seguimiento de activos, la autenticación y la serialización.

Características técnicas de la lectora:

Impinj Speedway® Revolution UHF RFID Readers At A Glance

Air Interface Protocol: EPCglobal UHF Class 1 Gen 2 / ISO 18000-6C

Performance: Intended for less demanding applications. Does not support the maximum throughput available on R420 including Max Throughput FM0, Hybrid, Max Miller and Autoset Single Reader

Transmit Power

+10.0 to +30.0 dBm (PoE)

+10.0 to +32.5 dBm<sup>1</sup> (external universal power supply)

Note 1: Speedway Revolution requires professional installation, may only be operated with Impinj-approved antennas, and can radiate no more than 36 dBm EIRP per FCC Part 15.247 regulations. Other regulatory regions have similar restrictions. Consult the Installation and Operations Guide to learn more.

Max Receive Sensitivity: -82 dBm

Max Return Loss: 10 dB

Application Interface: EPCglobal Low Level Reader Protocol (LLRP) v1.0.1

Network Connectivity: 10/100BASE-T auto-negotiate (full/half) with auto-sensing MDI/MDX for auto-crossover (RJ-45)

Cellular Connectivity\*

Sierra Wireless AirLink PinPoint XT (CDMA or GSM connectivity with GPS data)

Sierra Wireless AirLink Raven XT (CDMA or GSM connectivity)

(\* Available through Impinj-authorized partners)

IP Address Configuration: DHCP, Static, or Link local Addressing (LLA) with Multicast DNS (mDNS)

Time Synchronization: Network Time Protocol (NTP)

Management Interfaces:

Impinj Web Management UI

Impinj RShell Management Console using serial management console port, telnet or SSH

SNMPv2 MIBII

EPCglobal Reader Management v1.0.1

Syslog Reliable Firmware Upgrade

- b) OmniWave Antenna Sensormatic. 8 unidades. El Sensormatic SensorID OmniWave antena es una antena RFID fija disponible en los modelos polarizados lineales y circulares. El SensorID Antena OmniWave se comunica con los lectores de la serie SensorID ágiles mediante el reconocimiento de la clase estándar EPC. Puede leer EPC Clase 1.Etiquetas en movimiento a través de la cadena de suministro y transmitir esa información a la SensorID lector ágil de la serie, para realizar un seguimiento de la información.

Características técnicas de la lectora:

**Figura 8. Características Técnicas OmniWave Antenna Sensormatic.**

Technical Specifications
<b>Sensormatic Omniwave Antenna (EPC Class 1 Circular)</b>
Product Code: IDANT10CNA25
Type: Circular Polarized Patch
Dimension: 30 x 30 x 5.3 cm (11.8x11.8x2.1 in)
Weight: .68kg (1.5 LBS)
Housing: Impact-resistant plastic
Temperature: Operation: 0° to +50° C
Storage: -20° to +70° C
Connector:
Reverse Polarized TNC Male
Operating Frequencies:
902 MHz – 928 MHz
VSWR: 1.5 (50 Ohms)
3dB Beam Width: 62 degrees
Gain in dBd/Linear: 6.75
Cable Length: 7.6m (25')
<b>Product Compatibility</b>
Mounting Straps – IDEQPMBO22
Agile 2 Reader – IDRDR2A4UNA, IDRDR2A8UNA

Fuente: [Técnicas OmniWave Antenna Sensormatic]. Recuperado de [http://www.impinj.com/uploadedfiles/RFID/RFID\\_Partners/4009-4592-ADT-OmniWave\\_B.pdf](http://www.impinj.com/uploadedfiles/RFID/RFID_Partners/4009-4592-ADT-OmniWave_B.pdf)



c) Intermec PM4i RFID Printer. 1 unidad. La PM4i EasyCoder es una impresora industrial diseñada para sobresalir en aplicaciones y entornos exigentes. Utilizando la última tecnología, la PM4i EasyCoder cuenta con una plataforma mecánica sumamente probada y poderosos componentes electrónicos de diseño. La impresora EasyCoder PM4i funciona como un "cliente" capaz de ejecutar programas definidos por el usuario. Esto significa que su EasyCoder impresora PM4i elimina la computadora personal, controla hardware (como escáneres, otras impresoras, cintas transportadoras), accede a la información desde el host de la red, y conserva la capacidad de cambiar según sea necesario con la solicitud de una funcionalidad adicional. Cuando se usa la opción inalámbrica para el EasyLAN PM4i EasyCoder, todos los dispositivos periféricos conectados se convierten en parte de la infraestructura inalámbrica.

**Figura 9. Características Técnicas Intermec PM4i RFID Printer.**

```

Environment
Operating Temperature:
+2° to +42°C (+41° to +104°F)
Storage Temperature:
-20°C to +70°C (-4°F to +152°F)
Humidity:
20-80% RH non-condensing

Interfaces
Standard:
• Ethernet 10/100 Mbps
• RS-232, up to 115.2 Kbps
• Fingerprint/IDirect Protocol: ION/IOFF, ENQ/ACK, DTR, RTS/CTS
• IPL, ION/IOFF, Intermec Std. Protocol
• USB 2.0

Optional:
• Parallel IEEE 1284
• Industrial Interface (8 digital in/out, 4 analog relays, 1 RS232/422/485 port)
• Dual Serial ports RS-232, RS-422, RS-485 and 20mA Current Loop

Wireless:
• IEEE 802.11 b/g
• Wi-Fi Certified, CCK (CiscoB) version 3 Certified
• WEP, WPA, WPA2, 802.11x (EAP-TTLS, LEAP, PEAP, FAST), 802.11i
• Multiple industrial antenna options for maximized coverage

Supported Protocols:
TCP/IP suite (TCP, UDP, ICMP, etc.), LPR/LPD, FTP, BOOTP, DHCP, HTTP, SNMPv3, SMTP, SNMP-MIB II supported (over UDP/IP),
private enterprise MIB included. Supports IPv4 and IPv6.

Memory
Standard:
16MB Flash memory, 32MB SDRAM, 1 Compact Flash slot
Options:
1GB CompactFlash memory, multi-GB USB memory device (FAT16/FAT32 USB drivers supported)

Physical Characteristics
Length:
543 mm (21.38 in)
Height:
261mm (10.28 in)
Width:
258 mm (11.73 in)
Weight:
13.5 kg (29.76 lbs)

Power
Input:
90 to 265 VAC, 45 to 65Hz

```

Fuente: [Características Técnicas Intermec PM4i RFID Printer]. Recuperado de <http://www.intermec.com/products/prtrpm4ia/index.aspx>

d) Tags RFID (Monza 4 family of passive UHF RFID tag chips). 250 unidades.

La familia de Monza 4 fichas pasivos UHF RFID de etiquetas proporciona privacidad única, el rendimiento y los beneficios que se ocupan de la memoria, incluso los más difíciles de las aplicaciones RFID.

Proporciona una excelente sensibilidad y rechazo a la interferencia, el apoyo a antenas omni-direccionales (True3D™ tecnología de antena), las características innovadoras de privacidad (QT® la tecnología) y las opciones de ampliación de memoria, 4 chips Monza etiqueta establecido un nuevo estándar en la tecnología RFID.

**Tabla 4. Características Técnicas Tags RFID.**

Modelo	Memoria de usuario (Bits)	EPC memoria (Bits)	TID serializados	True3D™ Tecnología de antenas	QT® Seguridad de la memoria
Monza 4D	32	hasta 128	●	●	
Monza 4E	128	hasta 496	●	●	
Monza 4QT	512	hasta 128	●	●	●

Condiciones de funcionamiento y Descripción Características eléctricas				
Parámetro	Min	Tipo	Max	Unidades
Frecuencia de operación	860		960	MHz
Leer un solo puerto de sensibilidad		-17,4		dBm
Escribir un solo puerto de sensibilidad		-14,6		dBm
True3D (doble puerto) Leer sensibilidad		-19,9		dBm
True3D (doble puerto) ¿Cuál fue la sensibilidad		-17,1		dBm
Temperatura de funcionamiento	-40		85	° C
Retención de datos		50		Años
Ciclos de programación		100000		Ciclos
Capacidad de entrada de chip intrínseca		1000		ff

Estos productos están cubiertos por una o más de las siguientes patentes estadounidenses. Otras patentes están pendientes. 7283037, 7026935, 7049964, 7501953, 7030786, 7246751, 7245213, 7408466, 7187290, 7215251, 7116240, 7183926, 7312622, 7307528, 7388468, 7394324, 7120550, 7253719, 7380190, 7403122, 7307529, 7472835, 7561866, 7405659, 7307534, 7528728, 7423539, 7123171, 7420469, 7541843, 7448547, 7525438, 7482251, 7616120, 7651882, 7667231, 7667589, 7733227, 7768248, 7768406, 7808387, 7872582

Fuente: [Características Técnicas Tags RFID]. Recuperado de [http://www.impinj.com/Monza\\_4\\_RFID\\_Tag\\_Chips.aspx](http://www.impinj.com/Monza_4_RFID_Tag_Chips.aspx)

e) Equipo de cómputo de escritorio completo. 2 unidades.

f) Software.

3. Topología Física del prototipo en las instalaciones del parqueadero de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Las instalaciones físicas del parqueadero de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, cuentan con un máximo de capacidad de 200 vehículos distribuidos en 2 pisos de almacenamiento, una vía acceso destinada para entrada y salida de carros y motos.

**Figura 10. Instalaciones Físicas**

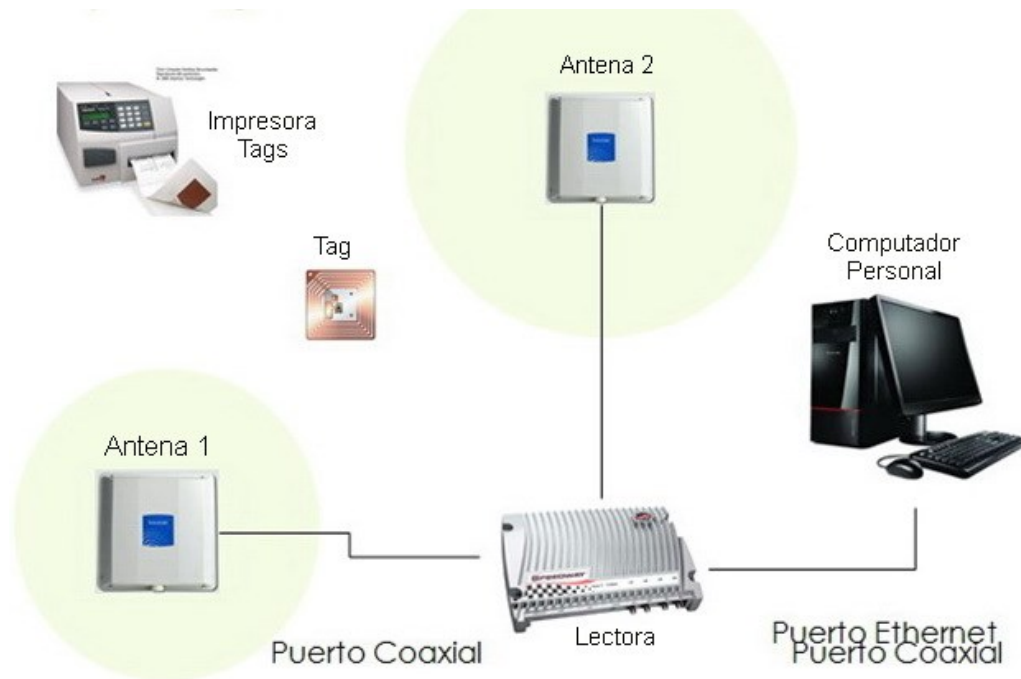


Fuente: [Instalaciones Físicas]. Autor del proyecto

Cada uno de los elementos anteriormente mencionados deben estar conectados de manera adecuada garantizando las condiciones ideales para el perfecto funcionamiento del sistema.

Los 8 módulos lectores (antenas) se conectan directamente a las 2 lectoras disponibles para el envío de la información. Esta conexión se hace únicamente por conexión coaxial. Las 2 lectoras a su vez están conectadas a un puerto de red que posteriormente permita el envío de la información al host configurado. Esa información es almacenada y analizada por el host encargado de la administración del sistema que en este caso se halla ubicado en la taquilla principal.

**Figura 11. Topología Física.**



Fuente: [Topología Física]. Autor del proyecto

## Presupuesto

Tabla 5. Equipos de cómputo y documentación.

Ítem	Descripción	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
1	Computador	2	\$ 1.500.000	\$ 3.000.000
2	Impresora	1	\$ 200.000	\$ 200.000
3	Cartucho Tinta Negra	2	\$ 50.000	\$ 100.000
4	Cartucho Tinta Color	1	\$ 50.000	\$ 50.000
5	Libros	4	\$ 90.000	\$ 360.000
<b>Subtotal:</b>				<b>\$ 3.710.000</b>

Tabla 6. Honorarios.

Ítem	Descripción	Horas	Vr. Unitario	Vr. Parcial
1	Tiempo del Director	40	\$ 125.000	\$ 5.000.000
2	Tiempo Investigador	160	\$ 30.000	\$ 4.800.000
3	Asesor	60	\$ 50.000	\$ 3.000.000
4	Imprevistos	***	\$ 300.000	\$ 300.000
<b>Subtotal:</b>				<b>\$ 13.100.000</b>

Tabla 7. Papelería.

Ítem	Descripción	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
1	Resma de Papel	2	\$ 12.000	\$ 24.000
2	Empastes	10	\$ 6.500	\$ 65.000
3	Otros	***	\$ 100.000	\$ 100.000
<b>Subtotal:</b>				<b>\$ 189.000</b>

**Tabla 8. Equipos Técnicos.**

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Vr. Unitario</b>	<b>Vr. Parcial</b>
<b>1</b>	Impinj's Speedway Revolution UHF RFID Reader	2	\$ 4.500.000	\$ 9.000.000
<b>2</b>	OmniWave Antenna Sensormatic	8	\$ 450.000	\$ 3.600.000
<b>3</b>	Tags RFID (Monza 4 family of passive UHF RFID tag chips)	250	\$ 750	\$ 375.000
<b>4</b>	Intermec PM4i RFID Printer	1	\$ 2.800.000	\$ 2.800.000

Subtotal: \$ 15.775.000

Total Proyecto: \$ 32.774.000

## 5. CONCLUSIONES

Está comprobado que la implementación de esta tecnología como solución a la necesidad de la detección y control de vehículos en un recinto físico, bajo una serie de parámetros, garantiza el fácil y buen funcionamiento entre los usuarios y el sistema, reduciendo el tiempo y el costo de la administración de las actividades.

Este proyecto es integral ya que el desarrollo del mismo, implica el estudio y posteriormente el conocimiento teórico- práctico de diferentes disciplinas de la carrera de ingeniería de sistemas.

Este proyecto es un logro personal ya que me permitió obtener las herramientas solidas necesarias en cada una de las áreas de la carrera, además de poder desarrollar soluciones a problemas relacionados con la tecnología RFID (Identificación por Radiofrecuencia).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARADO SÁNCHEZ, Jorge Alberto. Sistema de Control de Acceso con RFID. México, D.F, 2008, 43 h. Trabajo de Grado de Maestro en Ciencias En la Especialidad de Ingeniería Eléctrica Opción Computación. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Departamento de Ingeniería Eléctrica Sección de Computación. Disponible en el catálogo en línea: <http://www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2008/tesisJorgeAlvarado.pdf>

BATEMAN, Javier. CORTÉS, Cristian CRUZ, Pablo PAZ PENAGOS, Hernán. Diseño de un protocolo de identificación por radiofrecuencia (RFID) propietario para una aplicación específica. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Marzo de 2009.

GÓMEZ-GÓMEZ, Alberto. RODRÍGUEZ BORJA, Ena y PRIORE, Paolo. RFID en la gestión y mantenimiento de bibliotecas. Universidad de Oviedo. Julio 2007.

GOTOR CARRASCO, Eva. Estado del Arte en Tecnologías RFID. Escuela Universitaria de Informática, Universidad Politécnica de Madrid. Junio 2009.

GRUPO CONDOR S.A. Trazabilidad de productos en almacén, producto terminado, consumibles, materias primas y despachos realizados en planta, mediante sistemas de información para seguimiento y codificación.



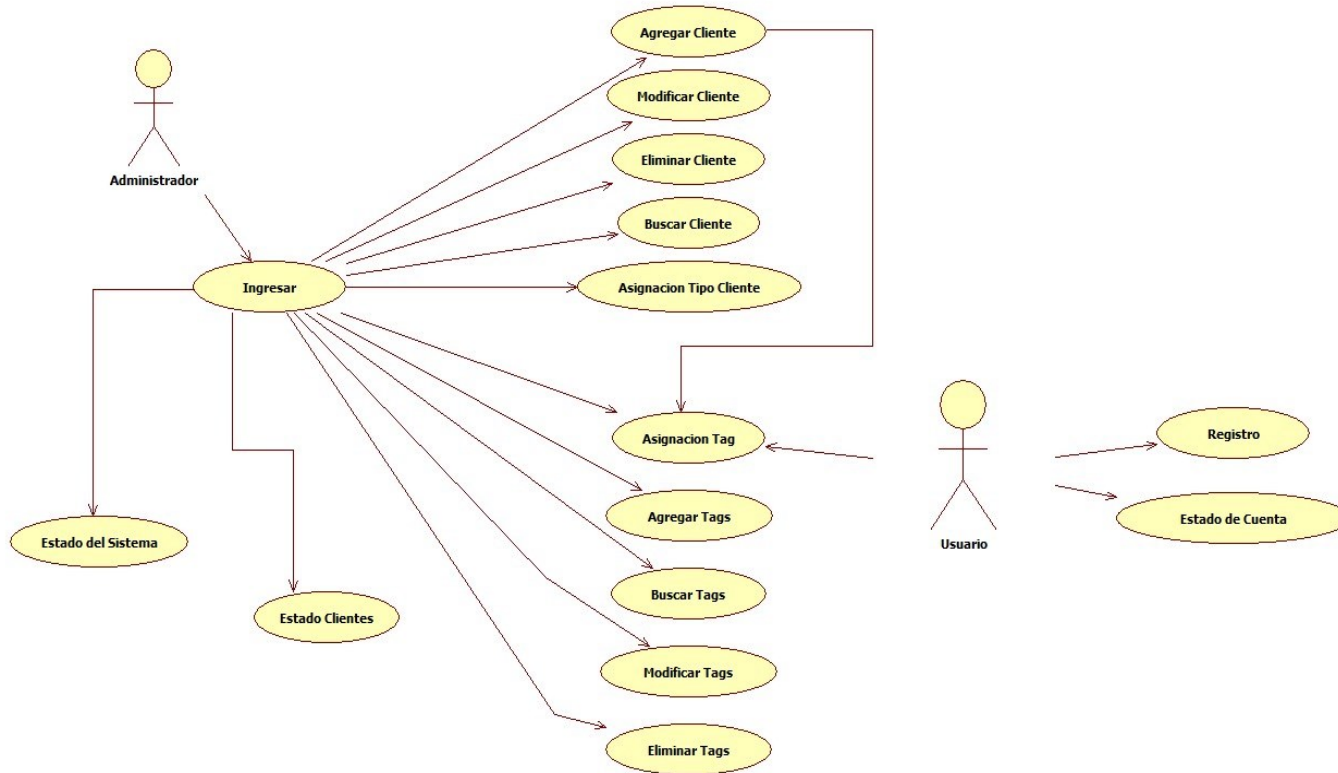
Ing. ORTIZ GUERRA, Erik y MSc. Ing. MONTEJO SÁNCHEZ, Samuel. Profesores, Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara. Algoritmos y métodos para la localización en interiores.

JIMÉNEZ CARTUCHE, José Miguel. Control y localización de niños mediante el uso de tecnología Rfid y técnicas de atención visual. Universidad técnica particular de Loja escuela de ciencias de la computación. Octubre de 2008.

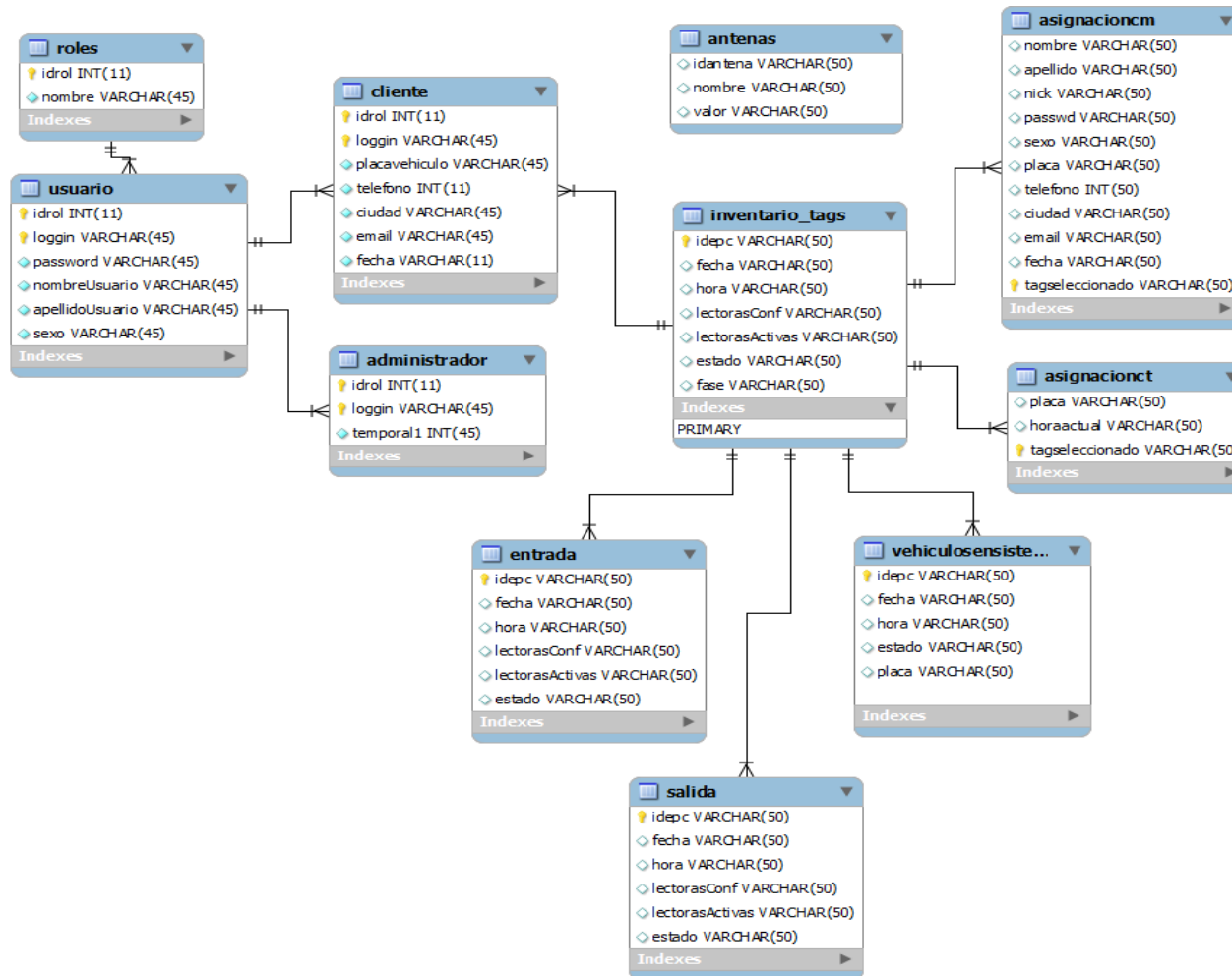
RUIZ PALOMINO, Verenice. SANDOVAL FUENTES, Eduardo. Análisis de la tecnología Rfid: ventajas y limitaciones. Instituto politécnico nacional escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica. Noviembre de 2007.

# ANEXOS

## Anexo A. Diagrama Casos de Uso



## Anexo B. Diagrama Entidad-Relación



## Anexo C. Interface Gráfica del Software.



### Solicitud Registro Usuario

Nombre:	<input type="text"/>	Apellido:	<input type="text"/>
NickName:	<input type="text"/>	Password:	<input type="text"/>
Telefono:	<input type="text"/>	Email:	<input type="text"/>
Sexo:	<input type="text"/>	Fecha Actual:	<input type="text"/>
Ciudad:	<input type="text"/>	Placa Vehiculo:	<input type="text"/>
<input type="button" value="Enviar"/>	<input type="button" value="Borrar Campos"/>		

### Ingreso

NickName:	<input type="text"/>
Password:	<input type="text"/>
<input type="button" value="Entrar"/>	

## Menu Adminstrador

[1. Crear Administrador](#)  
[2. Listar Administrador](#)

[3. Crear Cliente](#)  
[4. Listar Cliente](#)

[5. Crear Tag](#)  
[6. Inventario Tags](#)

[9. Estado General del Sistema](#)  
[10. Estado de Cuenta De Clientes](#)

[11. Vincular Cliente \(Mensualidad\)](#)  
[12. Vincular Cliente \(Temporal\)](#)

NickName :

jair

[Cerrar Sesion](#)

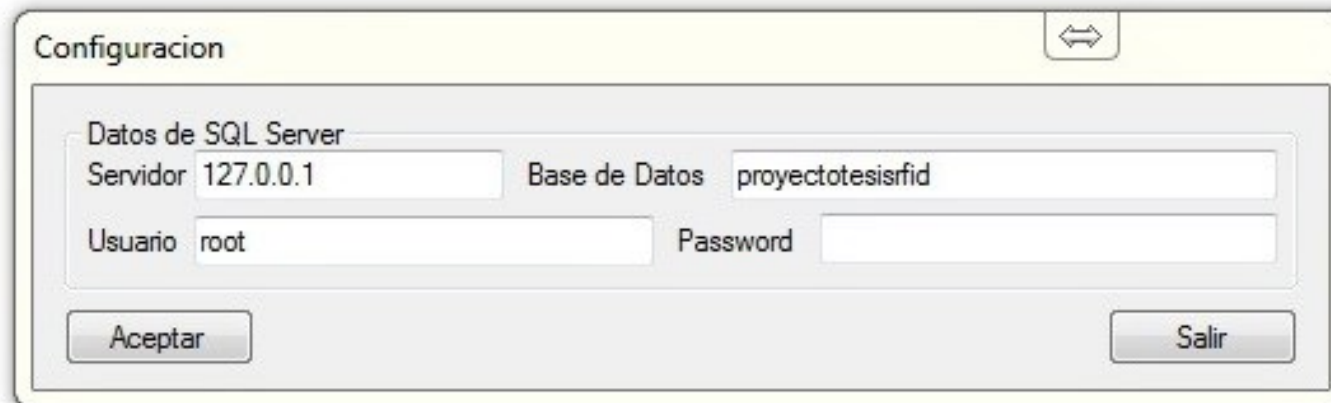
### Tags (Listar - Modificar - Eliminar)

IDPCE	Fecha	Hora	Lectoras Conf	Lectoras Activas	estado
<input type="radio"/> 3005FB63AC1F3841EC880467	2012/04/26	17:17:16	1	192.168.0.41	ocupado
<input type="radio"/> 3005FB63AC1F3841EC880467	2012/04/26	17:17:46	1	192.168.0.41	ocupado
<input type="radio"/> 3005FB63AC1F3841EC880467	2012/04/26	17:18:12	1	192.168.0.41	ocupado
<input type="radio"/> 3005FB63AC1F3841EC880467	2012/04/26	17:18:33	1	192.168.0.41	ocupado
<input type="radio"/> 3005FB63AC1F3841EC880467	2012/04/26	17:18:57	1	192.168.0.41	ocupado
<input type="radio"/> 3005FB63AC1F3841EC8805555	2012/04/26	17:19:30	1	192.168.0.41	ocupado
<input type="radio"/> 3005FB63AC1F3841EC8807777	2012/04/26	17:20:38	1	192.168.0.41	ocupado
<input type="radio"/> 3005FB63AC1F3841EC8808888	2012/04/26	17:22:01	1	192.168.0.41	ocupado

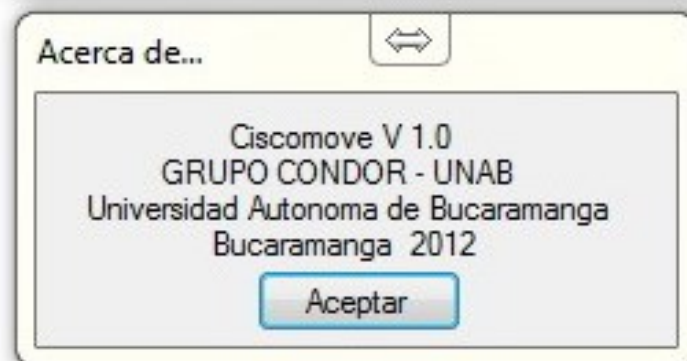
NickName :

jair

## Anexo D. Interface Gráfica del Software - Middleware.







## Anexo E. Parámetros de configuración Lectora *Impinj's Speedway*

```

READERCONF.xml: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
<SET_READER_CONFIG version="1" MessageID="0">
  <ResetToFactoryDefault>False</ResetToFactoryDefault>
  <AntennaConfiguration>
    <AntennaID>0</AntennaID>
    <RFReceiver>
      <ReceiverSensitivity>50</ReceiverSensitivity>
    </RFReceiver>
    <RFTransmitter>
      <HopTableID>1</HopTableID>
      <ChannelIndex>1</ChannelIndex>
      <TransmitPower>10</TransmitPower>
    </RFTransmitter>
    <CI2InventoryCommand>
      <TagInventoryStateAware>False</TagInventoryStateAware>
      <CI2RFCControl>
        <ModeIndex>2</ModeIndex>
        <Tari>0</Tari>
      </CI2RFCControl>
      <CI2SingulationControl>
        <Session>1</Session>
        <TagPopulation>0</TagPopulation>
        <TagTransitTime>1000</TagTransitTime>
      </CI2SingulationControl>
      <Impinj:ImpinjInventorySearchMode xmlns:Impinj="http://www.Impinj.com">
        <InventorySearchMode>Reader_Selected</InventorySearchMode>
      </Impinj:ImpinjInventorySearchMode>
    </CI2InventoryCommand>
  </AntennaConfiguration>
  <ROReportSpec>
    <ROReportTrigger>Upon_N_Tags_Or_End_of_ROSpec</ROReportTrigger>
    <N>1</N>
    <TagReportContentSelector>
      <EnableROSpecID>True</EnableROSpecID>
      <EnableSpecIndex>True</EnableSpecIndex>
      <EnableInventoryParameterSpecID>True</EnableInventoryParameterSpecID>
      <EnableAntennaID>True</EnableAntennaID>
      <EnableChannelIndex>True</EnableChannelIndex>
      <EnablePeakRSSI>True</EnablePeakRSSI>
      <EnableFirstSeenTimestamp>True</EnableFirstSeenTimestamp>
      <EnableLastSeenTimestamp>True</EnableLastSeenTimestamp>
      <EnableTagSeenCount>True</EnableTagSeenCount>
      <EnableAccessSpecID>True</EnableAccessSpecID>
      <CI2EPCMemorySelector>
        <EnableCRC>True</EnableCRC>
        <EnablePCBits>True</EnablePCBits>
      </CI2EPCMemorySelector>
    </TagReportContentSelector>
    <Impinj:ImpinjTagDirectionReporting xmlns:Impinj="http://www.Impinj.com">
      <EnableTagDirection>True</EnableTagDirection>
      <AntennaConfiguration>Dual_Antenna</AntennaConfiguration>
    </Impinj:ImpinjTagDirectionReporting>
  </ROReportSpec>

```

## Anexo F. Parámetros de configuración Lectora *Impinj's Speedway*

```
ROSPEC2ANNTDIFTX.xml: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
<ADD_ROSPEC Version="1" MessageID="0">
  <ROSpec>
    <ROSpecID>1</ROSpecID>
    <Priority>0</Priority>
    <CurrentState>Disabled</CurrentState>
    <ROBoundarySpec>
      <ROSpecStartTrigger>
        <ROSpecStartTriggerType>Null</ROSpecStartTriggerType>
      </ROSpecStartTrigger>
      <ROSpecStopTrigger>
        <ROSpecStopTriggerType>Null</ROSpecStopTriggerType>
        <DurationTriggerValue>0</DurationTriggerValue>
      </ROSpecStopTrigger>
    </ROBoundarySpec>
    <AISpec>
      <AntennaIDs>1 2 3 4</AntennaIDs>
      <AISpecStopTrigger>
        <AISpecStopTriggerType>Null</AISpecStopTriggerType>
        <DurationTrigger>0</DurationTrigger>
      </AISpecStopTrigger>
      <InventoryParameterSpec>
        <InventoryParameterSpecID>1</InventoryParameterSpecID>
        <ProtocolID>EPCGlobalClass1Gen2</ProtocolID>
        <AntennaConfiguration>
          <AntennaID>1</AntennaID>
          <RFReceiver>
            <ReceiverSensitivity>1</ReceiverSensitivity>
          </RFReceiver>
          <RFTransmitter>
            <HopTableID>1</HopTableID>
            <ChannelIndex>1</ChannelIndex>
            <TransmitPower>50</TransmitPower>
          </RFTransmitter>
        </AntennaConfiguration>
        <AntennaConfiguration>
          <AntennaID>2</AntennaID>
          <RFReceiver>
            <ReceiverSensitivity>1</ReceiverSensitivity>
          </RFReceiver>
          <RFTransmitter>
            <HopTableID>1</HopTableID>
            <ChannelIndex>1</ChannelIndex>
            <TransmitPower>50</TransmitPower>
          </RFTransmitter>
        </AntennaConfiguration>
        <AntennaConfiguration>
          <AntennaID>3</AntennaID>
          <RFReceiver>
            <ReceiverSensitivity>1</ReceiverSensitivity>
          </RFReceiver>
          <RFTransmitter>
            <HopTableID>1</HopTableID>
            <ChannelIndex>1</ChannelIndex>
            <TransmitPower>50</TransmitPower>
          </RFTransmitter>
        </AntennaConfiguration>
        <AntennaConfiguration>
          <AntennaID>4</AntennaID>
          <RFReceiver>
            <ReceiverSensitivity>1</ReceiverSensitivity>
          </RFReceiver>
        </AntennaConfiguration>
      </InventoryParameterSpec>
    </AISpec>
  </ROSpec>
</ADD_ROSPEC>
```