

**IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA
RFID**

**NELSON RODRIGUEZ GONZALEZ
DOUSTY ROJAS MERLANO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y
MECATRONICA**

CARTAGENA DE INDIAS

2007

**IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA
RFID**

**NELSON RODRIGUEZ GONZALEZ
DOUSTY ROJAS MERLANO**

**Monografía, presentado para optar el título de
Ingeniero Electrónico**

**Director
EDUARDO GOMEZ
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y
MECATRONICA**

**CARTAGENA DE INDIAS
2007**

CONTENIDO

INTRODUCCION.....	1
1. RFID (Radio-Frecuency Identificación).....	3
1.1 Arquitectura de RFID.....	3
1.1.1 Tarjeta o tag RFID.....	5
➤ Componentes de un tag RFID.....	7
➤ Circuito integrado.....	7
➤ Antenas.....	9
➤ Características de un tag RFID.....	11
➤ Clasificación.....	12
➤ De acuerdo a su topología.....	12
➤ Protocolo de interfaz aérea.....	15
➤ Frecuencia de operación.....	15
➤ Modo de comunicación.....	16
➤ Acoplamiento.....	17
➤ Capacidad de procesamiento y almacenamiento de información.....	17
1.1.2 Lectores RFID.....	18
➤ Componentes físicos.....	18
➤ Componentes lógicos.....	20
➤ Tipos de lectores RFID.....	21
➤ Características de un Lector RFID para la comunicación con un host.....	23

1.1.3 Sistema de procesamiento de datos.....	25
➤ Sistema Terminal.....	26
➤ Middleware.....	26
➤ Servidor.....	31
1.1.4 RFID Printer.....	32
1.2 EPC (Electronic Product Code).....	33
1.2.1 EPC Gen 1.....	38
1.2.2 EPC Gen 2.....	39
1.3 Estándares de RFID.....	41
1.3.1 Estándares desarrollados para tarjetas de Identificación.....	42
1.3.2 Estándares desarrollados para la gestión a nivel unidad.....	43
1.4 ONS (Object Name Service).....	47
1.5 Parámetros ambientales.....	48
2. Tecnología SAW (Surface Acoustic Wave).....	49
2.1 Componentes de un sistema SAW.....	51
2.1.1 Tags.....	51
2.1.2 Lectores.....	53
2.1.3 Antenas.....	53
2.1.4 Ventajas y desventajas de SAW.....	54
➤ Ventajas.....	54
➤ Desventajas.....	55
3. Aplicaciones.....	56

3.1 Inventariado.....	59
3.2 Rastreo de equipajes.....	60
3.3 Seguridad.....	61
3.4 Otras aplicaciones.....	62
3.4.1 Información en estaciones de autobuses.....	62
3.4.2Descongestión del tráfico.....	63
3.4.3 Ubicación de personas.....	63
3.4.4 Sistema de registro de vehículos.....	64
3.5 Aplicaciones de la tecnología SAW.....	65
3.5.1 Sector Automotriz.....	65
3.5.2 Salud.....	66
3.5.3 Trazabilidad animal.....	67
3.5.4 Transporte.....	68
3.5.5 Alimentación.....	69
3.6 Tele-Peaje.....	70
➤ Tag.....	71
➤ Lector EGO 2210.....	71
➤ Sistema de procesamiento de datos.....	72
4. RFID y otras tecnologías.....	75
5. Conclusiones.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de un sistema RFID.....	4
Figura 2. Interacción entre el lector y el tag.....	5
Figura 3. Componentes del circuito integrado de un Tag RFID.....	7
Figura 4. Dipolo.....	9
Figura 5. Dipolo dual.....	9
Figura 6. Dipolo doble/Dipolo triple.....	10
Figura 7. Intercambio de datos entre lector y tag pasivo.....	13
Figura 8. Intercambio de datos entre lector y tag activo.....	14
Figura 9. Componentes físicos de un lector RFID.....	19
Figura 10. Componentes lógicos de un Lector RFID.....	20
Figura 11. Flujo de información entre el lector y el host.....	24
Figura 12. Comunicación asíncrona.....	25
Figura 13. Comunicación sincrona.....	25
Figura 14. Componentes de un Middleware de RFID.....	29
Figura 15. Información a través de un Middleware.....	30
Figura 16. Arquitectura conceptual de un middleware RFID.....	31
Figura 17. Esquema de un Printer RFID.....	33
Figura 18. Almacenamiento de datos en un código de barras.....	36
Figura 19. Estructura de datos del código EPC.....	37
Figura 20. Esquema de un tag SAW.....	52

Figura 21. Tarjeta de crédito con antena y chip RFID.....	62
Figura 22. Arreglo de antenas.....	68
Figura 23. Lector EGO 2210. Antena AA3152.....	72
Figura 24. CPU del controlador de vía.....	73
Figura 25. Peaje RFID.....	75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Rango de frecuencia utilizado por RFID.....	16
Tabla 2. Comparación de tags SAW, Tag con chip (UHF) y Tag con chip (HF).....	56
Tabla 3. Comparación entre RFID y el código de barra.....	76
Tabla 4. Comparación entre tecnologías de comunicación entre sistemas computacionales.....	77
Tabla 5. Comparación entre distintas alternativas de identificación de objetos.....	78

GLOSARIO

Ancho de banda: Es el rango o banda de frecuencias definidas en el espectro electromagnético, en el cual un sistema es capaz de transmitir y recibir ondas electromagnéticas.

Antena: Estructura conductiva diseñada específicamente para acoplamiento o radiación de energía electromagnética. Es la encargada de absorber o capturar la señal enviada por el lector y de esta manera distribuir la energía y realizar el intercambio de la información.

Awake: Condición de un tag, en el cual esta en la capacidad de responder las peticiones de un lector.

BER (Bit Error Rate): Números de bits erróneos recibidos sobre el total de bits transmitidos.

Bi-direccional: Término utilizado para describir la capacidad de dos maneras de comunicación.

Collision avoidance: Término que significa la evasión de colisiones o choques de datos entre dos fuentes.

Colisión: Término utilizado en el evento en que 2 o más fuentes de comunicación compiten por atención al mismo tiempo y provoca un choque de datos.

Compatibilidad: Es la condición existente entre dispositivos o sistemas que desempeñan funciones equivalentes en rendimiento y características de interfaz similares que permiten ser cambiados por otro sin alteración del servicio operativo.

Encriptación de datos: conversión de datos a una forma ininteligible, esto como forma de asegurar la información que viaja en el momento de la comunicación entre tag y lector.

Handshaking: es un proceso automático de negociación entre dos dispositivos en el que dinámicamente se establecen los parámetros de comunicación en el canal establecido.

Interfaz aérea: es el medio conductor, típicamente el aire, entre el transpondedor y el lector RFID, a través del cual es posible la comunicación de datos mediante la propagación del campo magnético.

Interfaz: Interconexión física entre dispositivos de comunicación.

Interoperabilidad: Es la habilidad que poseen los dispositivos, de diferentes fabricantes, para ejecutar funciones de intercambio de datos entre ellos.

Lector RFID: Es el dispositivo encargado de enviar señales de radio con el fin de detectar las tarjetas o tags RFID en su entorno. Los componentes físicos de un

lector RFID son: una antena, la cual puede ser integrada o externa, una interfaz de red como un puerto serial RS-232 o un puerto Ethernet, un microprocesador, memoria, fuente de energía o batería y una interfaz de entrada y salida.

Modulación Backscatter: Proceso por el cual un tag responde al lector en la misma frecuencia portadora utilizada en la petición

RFID: Es un sistema de identificación de objetos, personas o animales a través de ondas de radio, las cuales son portadoras de datos almacenados en dispositivos denominados tarjetas o tags RFID, las cuales se encargan de transmitir dichos datos a una frecuencia específica.

Tag activo: Término utilizado para un Transponder de radiofrecuencia alimentado parcial o completamente por una batería. Es capaz de almacenar y transmitir datos sin necesidad de un dispositivo externo.

Tag pasivo: Término utilizado para un transponder de radiofrecuencia portador de datos y no contiene batería interna. La transmisión de datos se da luego de alimentarse a través de una petición realizada por un lector RFID, el cual le suministra la energía necesaria para la transmisión a través del campo magnético.

Zona de lectura: Es la región en la que el tag o grupos de tags pueden ser leídos de manera eficiente por un lector RFID.

INTRODUCCION

RFID es una herramienta muy valiosa en los negocios y la tecnología. Desde su aparición mantiene la idea de sustituir tecnologías de identificación existentes como el código de barra. RFID ofrece ventajas estratégicas para los negocios porque puede seguir un inventario más eficientemente, proporciona visibilidad en tiempo real y supervisa los activos generales de una empresa.

El departamento de defensa de los Estados Unidos y Wal-Mart han sido pionero en el estudio y utilización de esta nueva tecnología emergente, Wal-Mart ha gastado millones de dólares en investigaciones sobre la eficacia de los sistemas RFID con el fin de, en su caso, reemplazar el código de barra.

En 1999, con la ayuda de científicos del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), un consorcio de compañías formó el centro de auto identificación (Auto-ID Center), un centro para la investigación del uso de la identificación por radiofrecuencia. El consorcio tenía una nueva idea sobre cómo las organizaciones podrían identificar y seguir sus activos. La visión de la auto-identificación es la creación de, por decirlo así, un "Internet de objetos." En una red altamente conectada, los dispositivos dispersos en una empresa pueden hablar el uno al otro proporcionando información en tiempo real sobre la localización, el contenido y el destino. Hoy, Auto-identificación puede seguir no sólo los activos de la empresa, sino también el movimiento de productos, envases, vehículos, personas y otros activos a través de áreas geográficas extensas.

Para compartir información los sistemas RFID requieren de una negociación entre ellos, para esto los diferentes sistemas utilizan un mismo código, el EPC (Electronic Product Code) o Código de Producto Electrónico. El EPC es el número individual asociado a una etiqueta de RFID. El EPC fue desarrollado en el centro de Auto-Identificación del MIT en el año 2000 y es un reemplazo para el código de producto universal (UPC) conocido como código de barra. Un código EPC asignado a una etiqueta es único a esa etiqueta. Sin embargo, el protocolo de EPC es universal a todos los sistemas y servicios EPC, los cuales cumplen con dos funciones específicas:

- Especifica cómo los datos deben ser almacenados en la etiqueta, o lo que también se conoce como el esquema numérico.
- Determina como las etiquetas y los lectores se comunican. Llamado también Air Interface Protocol.

El propósito principal de esta monografía es explicar técnicamente una tecnología, nueva para nosotros, llamada RFID. Abarcaremos temas desde como funciona, arquitectura, tipos de tarjetas, lectores, clasificación, estandarización, regulación de frecuencias, técnicas, campos de acción, problemas presentados, actualidad, los dispositivos utilizados para hacer posible RFID y los campos que abarca. Explicaremos ventajas, desventajas, la optimización que brinda en los procesos de muchas empresas. Mostraremos las diferentes áreas en las que se hace uso de RFID en diferentes países.... En fin demostraremos que RFID ES EL FUTURO HOY.

1. RFID (Radio-Frecuency Identificación)

RFID es un sistema de identificación de objetos, personas o animales a través de ondas de radio, las cuales son portadoras de datos almacenados en dispositivos denominados tarjetas o tags RFID, las cuales se encargan de transmitir dichos datos a una frecuencia específica. La tecnología RFID cabe dentro del grupo de las denominadas Auto ID (Automatic Identification, o Identificación Automática). Para la transmisión de datos, los sistemas RFID utilizan el Electronic Product Code (EPC) como código para el intercambio de información. El Código Electrónico del Producto (EPC) es un número único diseñado con el fin de identificar de manera exclusiva cualquier objeto a nivel mundial. Además, al número EPC se le puede agregar diferentes datos referentes al objeto que identifica, tales como: fechas de fabricación, lugar de fabricación, fechas de vencimiento, longitud, grosor, etc. datos, que estarán disponibles en bases de datos globales en Internet.

1.1 Arquitectura de RFID

La arquitectura de la tecnología RFID es simple, consta de 3 componentes básicos para su funcionamiento, los cuales son: Una tarjeta o tag RFID, un lector RFID y un sistema de procesamiento de datos, como se muestra en la figura 1.

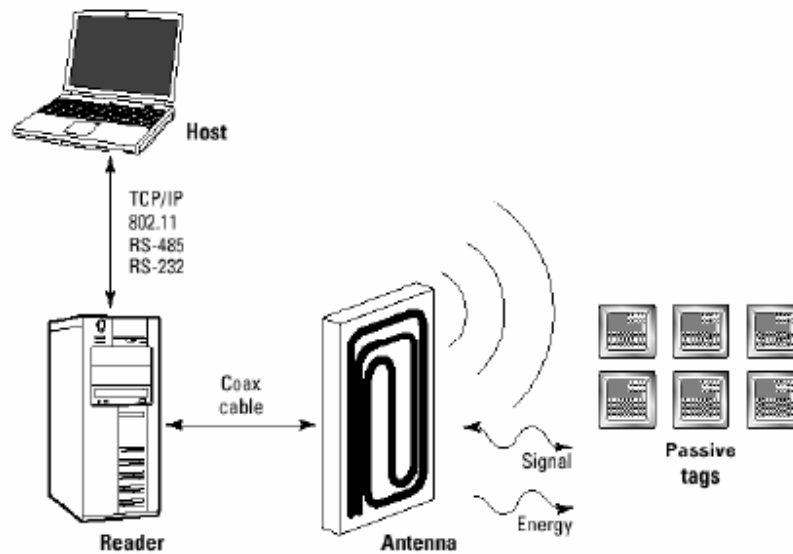


Figura 1. Componentes de un sistema RFID.

El modo de operación de RFID es relativamente sencillo: La tarjeta o tag RFID, se encarga de generar una señal de radiofrecuencia con los datos de identificación que almacena de un objeto específico. Esta señal es captada por un dispositivo llamado lector RFID, el cual se encarga de leer la información proveniente del tag, realizar una conversión a formato digital y finalmente entrega la información a la aplicación específica que utiliza RFID. El subsistema de procesamiento proporciona los medios de proceso y almacenamiento de datos. En la figura 2 observamos un esquema de la interacción entre el lector y el tag RFID. La interrogación realizada por el lector, proporciona al tag: energía para transmitir, reloj para la sincronización en la transmisión y datos.

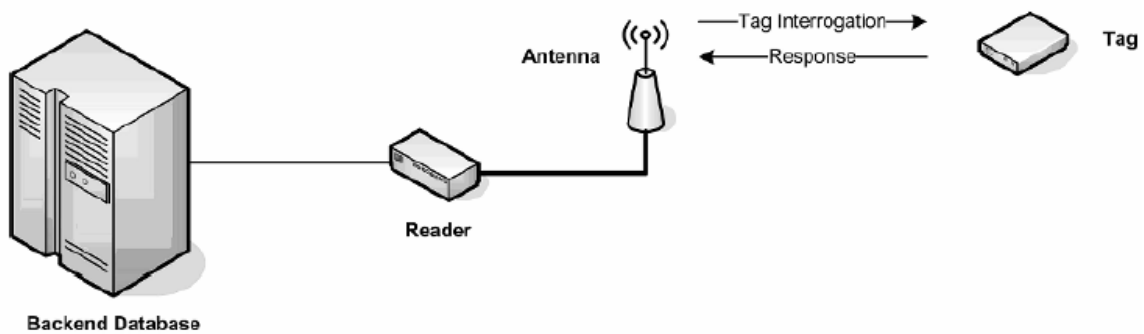


Figura 2. Interacción entre el lector y el tag.

Técnicamente hablando, podemos definir la operación de RFID así: El lector genera un campo de radiofrecuencia, normalmente conmutando una bobina a alta frecuencia. Las frecuencias usuales van desde 125 Khz hasta la banda ISM de 2.4 Ghz, incluso más. El campo de radiofrecuencia genera una corriente eléctrica sobre la bobina de recepción del dispositivo. Esta señal es rectificada y de esta manera se alimenta el circuito. Cuando la alimentación llega a ser suficiente el circuito transmite sus datos. El lector detecta los datos transmitidos por la tarjeta como una perturbación del propio nivel de la señal. La señal recibida por el lector desde la tarjeta está a un nivel de 60 db por debajo de la portadora de transmisión.¹

1.1.1 Tarjeta o Tag RFID

Una tarjeta o tag, es un dispositivo de la tecnología RFID, capaz de almacenar y transmitir datos hacia otro dispositivo, conocido como lector RFID, a través de ondas de radio. El tag esta compuesto por: una antena un transductor de radio

¹ Llamazares Juan Carlos. Tarjetas identificadoras de contacto o sistemas RFID. www.ecojoven.com/dos/03/RFID.html.

(transmisor y receptor de RF) y un microchip. El objetivo de una tarjeta o tag RFID es almacenar información de un objeto. Existen en el mercado diferentes modelos de tags dependiendo de sus características, tales como: mecanismo empleado para el almacenamiento de datos o el tipo de comunicación que utilizado para transmitir la información, entre otras. Cabe resaltar que no todos los tags contienen un microchip o fuente de alimentación, pero, si cada uno de ellos posee una antena para poder transmitir los datos, y estas antenas pueden tener múltiples formas. Las etiquetas también tienen unas características físicas determinadas, los tags RFID toman multitud de formas y tamaños según los diferentes entornos donde deben utilizarse, esta característica de adaptación proporciona un elevado surtido de tags. Además estos tags pueden estar encapsulados en diferentes tipos de material. Hay tags que se encapsulan en plástico (normalmente PVC), o botones para obtener mayor durabilidad, sobretodo en aplicaciones de ciclo cerrado donde se tiene que reutilizar o en ambientes hostiles. También pueden estar insertadas en tarjetas de plástico como las de crédito, este tipo se denominan "contactless smart cards", o láminas de papel (similar a los códigos de barra), que reciben el nombre de "smart labels". Como último destacamos los encapsulados de cristal o cerámica especialmente idóneos en entornos corrosivos, líquidos o para incrementar la protección del tag, por ejemplo, su utilización en la trazabilidad animal.

Componentes de un Tag RFID

➤ Circuito integrado

El circuito integrado (IC) en un tag RFID es el encargado de la transformación de la energía de Radiofrecuencia en alimentación eléctrica (es decir, convierte la corriente alterna emitida por el lector en corriente continua alimentando todas las partes del circuito), también se encarga de almacenar y recuperar la información, y de modular la señal. En la figura 3 se muestran los principales componentes de un circuito integrado de un tag RFID.

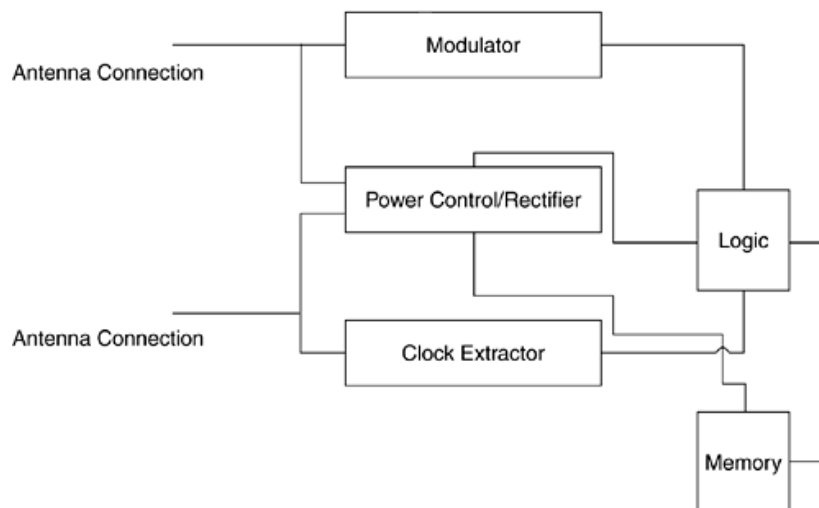


Figura 3. Componentes del circuito integrado de un Tag RFID.

Las funciones de cada uno de los componentes del circuito integrado son:

- **Modulador:** es el encargado de modular la señal enviada por el lector. En RFID se utilizan 3 tipos de modulación: Modulación de amplitud (**ASK**, Amplitude Shift Keying), Modulación de frecuencia (**FSK**, Frequency Shift Keying) y Modulación de fase (**PSK**, Phase Shift Keying).

- **Rectificador de potencia:** convierte la corriente alterna emitida por el lector en corriente continua alimentando todos los componentes del circuito.
- **Clock extractor:** Extrae las señales de reloj contenidas en la señal capturada.
- **Unidad lógica:** es la encargada de la comunicación entre el lector y el tag. Realiza las negociaciones del protocolo a utilizar en el intercambio de información.
- **Memoria:** Almacena la información del objeto y puede contener métodos de corrección de errores.

Las características más importantes que define un circuito integrado son:

- **Capacidad de memoria:** debido al costo de los circuitos integrados, los niveles mínimos de capacidad son de 96 bits y dependiendo de la utilidad a veces son suficiente.
- **Eficiencia de su circuiteria:** La precisión entre los componentes del chip es demasiado importante para que opere satisfactoriamente, por lo tanto la circuiteria que compone el chip debe ser eficiente con el fin que el proceso de conversión a una frecuencia determinada de la señal capturada sea el adecuado para que pueda existir una buena comunicación.
- **Impedancia:** es necesario que la impedancia entre el circuito integrado y la antena sea la correcta, sino es así, toda la energía que se logra capturar no será aprovechada debido a un efecto de reflexión en este punto, lo que haría que cierta cantidad de energía rebotara.

➤ Antenas

En un Tag RFID las antenas están conectadas con el circuito integrado y es la encargada de absorber o capturar la señal enviada por el lector y de esta manera distribuir la energía y realizar el intercambio de la información. La mayoría de los diseños de las antenas, sobre todo para frecuencias muy altas se basan en sofisticados programas de modelación, las antenas de los tags suelen ser dipolos. El diseño de las antenas para alta frecuencia es más simple, consiste en una bobina de material conductor. Para este caso hay que tener en cuenta el tamaño y la longitud ya que van relacionados directamente con la distancia de la lectura la cual se ve afectada por el tipo de acoplamiento empleado.

Algunos tipos de diseños de dipolos utilizados en la implementación de las antenas de los tags son:

Dipolo:

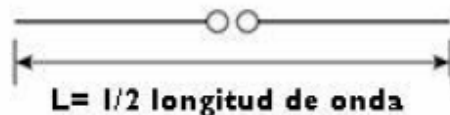


Figura 4. Dipolo.

Dipolo dual:

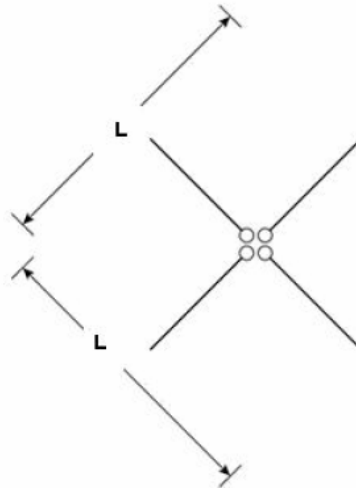


Figura 5. Dipolo dual

Esta configuración permite mejorar la sensibilidad de alineamiento del tag a la hora de la orientación, de tal forma que cuando uno de los dipolos no se encuentre orientado o alineado, el otro lo estará.

Dipolo doble y triple:

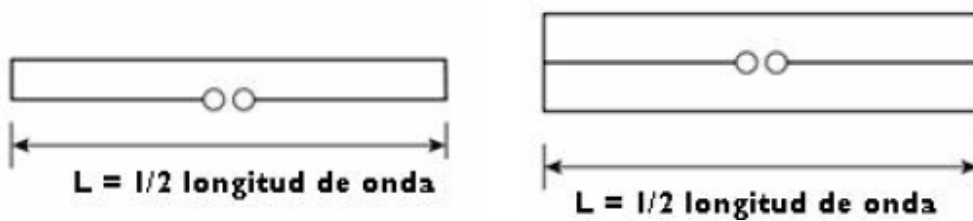


Figura 6. Dipolo doble/Dipolo triple

Este tipo de configuración proporciona un mayor ancho de banda, manteniendo un comportamiento parecido en frecuencias más altas.²

➤ **Características de un Tag RFID.**

Las características básicas que podemos encontrar en un tag o etiqueta inteligente son:

Capacidad de adhesión: Cualquier tipo de tag debe tener un mecanismo adhesivo que lo mantenga junto al objeto al cual identifica.

Lectura del tag: Cualquier tipo de tag debe permitir el intercambio de información a través de radiofrecuencias.

Disable: Algunos tags permiten al lector enviar una orden para que deje de funcionar permanentemente, siempre y cuando reciba el correcto "Kill code".

Write Once: La mayoría de tags tienen la opción write-once (escribir una sola vez) que permite al usuario configurar solo una vez. Después de modificado, no hay manera de cambiarlo.

Write many: Algunos tags permiten escribir y sobrescribir datos las veces que se desee, esta característica se conoce como Write many.

² RFIDmagazine.com. Conozcamos el tag RFID. 2006

Anticolisión: Permite a los tags conocer el momento ideal para transmitir con el fin de no entorpecer o molestar otras lecturas. Esta característica es posible a través de protocolos que controlan las comunicaciones entre tag y lector.

Seguridad y encriptación: Algunos tags tienen la capacidad de encriptar la información con fines de seguridad.

Estándares soportados: Los tags tienen como característica que pueden cumplir con varios estándares.³

➤ **Clasificación**

Además de las características mencionadas anteriormente, los tags poseen otras características que hacen que los podamos clasificar de acuerdo a su topología, por su tipo de memoria, capacidad de almacenamiento, origen de alimentación, frecuencias de trabajo, características físicas, protocolo de interfaz aérea, etc.

➤ **De acuerdo a su topología**

Una de las características más comunes y más importante de un tag RFID es su fuente de alimentación, ya que define su costo y el tiempo de vida. De acuerdo a la forma en que se alimentan, los tags RFID se dividen en: Pasivos. Semi-activos o Semi-pasivos y Activos.

³ Himanshu Bhatt, Bill Glover. RFID Essentials. 2006

Los tags pasivos no contienen fuente de alimentación interna. Obtienen la energía necesaria para que el circuito integrado sea capaz de transmitir una respuesta, de la señal capturada emitida por el lector. La ausencia de una fuente de alimentación, hace que el dispositivo pueda ser bastante pequeño. El rango de lectura que poseen los tags pasivos, en la práctica varía entre unos 10 milímetros hasta cerca de 6 metros, los cuales dependen del tamaño de la antena del tag y de la potencia y frecuencia en la que opera el lector. Para que ocurra el intercambio de información entre tag y lector, el tag pasivo se debe encontrar dentro del campo cercano (Near Field) a la antena, como se muestra en la figura 7.

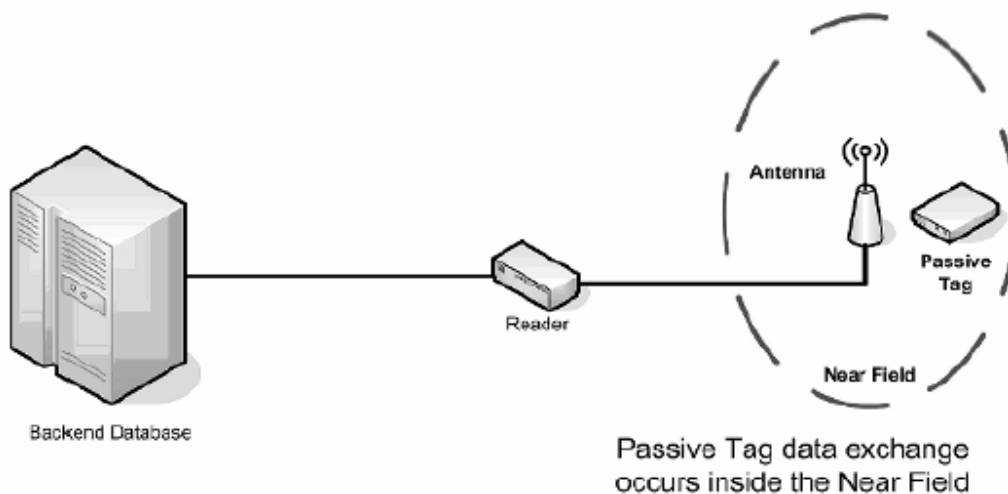


Figura 7. Intercambio de datos entre lector y tag pasivo.

Los tags semi-activos o semi-pasivos contienen una pequeña batería para energizar el circuito integrado o chip, sin embargo esta energía todavía no es suficiente para transmitir, por lo que es necesaria la energía que obtiene de las ondas de radio producidas por el lector. Los tags semi-activos responden más

rápidamente, por lo que el radio de lectura es mas amplio comparada con las etiquetas pasivas.

Los tags activos contienen una batería que sirve tanto para energizar el microchip como para enviar la señal a la antena. Por lo tanto, permite mayor cobertura de difusión. Normalmente tienen una mayor capacidad de almacenamiento de información, como el contenido, el origen, destino, procesos realizados, etc. Muchas etiquetas activas tienen rangos prácticos de diez metros, y una duración de batería de hasta varios años. Debido a la batería interna que contiene los tags activos que permiten una transmisión de datos sin necesidad de una fuente de energía externa, el intercambio de información entre tag y lector se da fuera del campo cercano a la antena (Near Field), como se muestra en la figura 8.

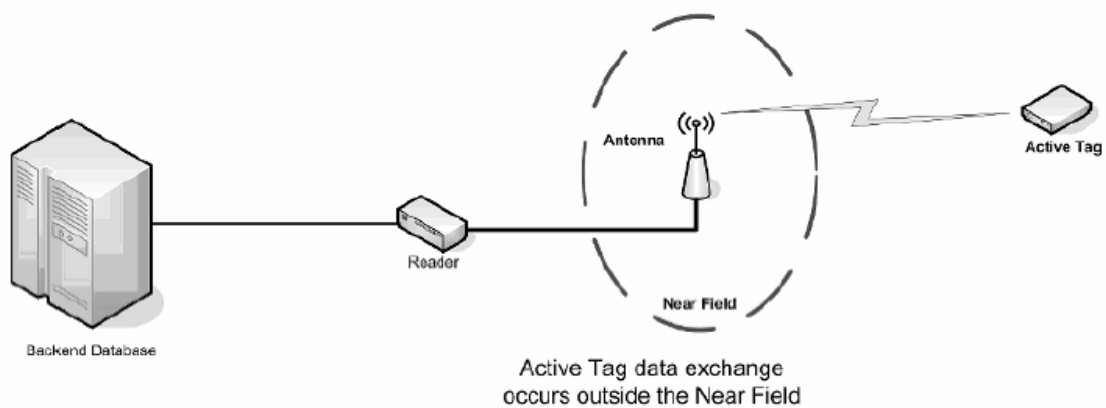


Figura 8. Intercambio de datos entre lector y tag activo.

➤ **Protocolo de interfaz aérea.**

El protocolo de interfaz aérea describe la manera de comunicación entre el lector y el tag, por lo tanto, existe la necesidad que los protocolos de interfaz aérea sean estándares con el fin de garantizar la interoperabilidad entre los dispositivos. Las características del protocolo de interfaz aérea son: la frecuencia de operación, el modo de comunicación, la modulación, la codificación y el acoplamiento.

➤ **Frecuencia de operación**

Es la frecuencia utilizada por el tag y el lector para el intercambio de la información o para obtener energía. El espectro electromagnético en el que normalmente RFID opera es en baja frecuencia (LF –Low Frequency), alta frecuencia (HF – High Frequency), ultra alta frecuencia (UHF – Ultra High Frequency) o microondas. La tabla 1 muestra una comparación entre los rangos de frecuencia en los que RFID opera.

Rango de Frecuencias	LH 125 KHz	HF 13,56 MHz	UHF 868-915MHz	Microondas 2,45 / 5,8 GHz
Rango máximo típico de lectura en tags pasivos	<0,5m	1m	30m	30m
Características generales	Relativamente caro incluso a grandes volúmenes. LF requiere una antena de cobre que es más cara que para el resto. Los tags inductivos son más caros que los capacitivos. Por el contrario es menos susceptible a degradaciones de rendimiento con metales y líquidos.	Menos caro que los tags inductivos de LF. Relativamente poca velocidad de transmisión de datos comparado con frecuencias más elevadas. Recomendado para aplicaciones que no requieren lectura múltiple de tags y rangos cortos de lectura.	En grandes volúmenes, los tags son mucho más baratos que los de menor frecuencia y mucho más pequeños. Ofrecen un buen balance entre rango y rendimiento especialmente en lectura múltiple de tags.	Características similares a UHF pero con velocidades de transmisión superiores. Es la banda con más afectación de rendimiento por metales y líquidos. Ofrece señal más direccional.
Fuente de potencia del tag	Pasivo, acoplamiento magnético	Generalmente pasivo, utiliza acoplamiento inductivo y capacitivo.	Tags activos con batería o pasivos con acoplamiento capacitivo.	Tags activos con batería o pasivos con acoplamiento capacitivo.
Velocidad de datos	Lento			Rápido
Funcionamiento en ambientes "hostiles" (metal o agua)	Más eficiencia			Menos eficiencia
Tamaño de tag pasivo	Mayor			Menor

Tabla 1. Rango de frecuencia utilizado por RFID.

➤ **Modo de comunicación**

Otra manera de diferenciar los tags es la manera en que se comunica con el lector; es decir, si la comunicación entre ellos es Full-duplex, Half-Duplex o

secuencial. Generalmente es necesario que el lector proporcione la energía para que así, el tag inicie la comunicación y de acuerdo a sus características se define el tipo de comunicación que hay entre los dispositivos.

➤ **Acoplamiento**

Entre la tarjeta o tag RFID y el lector debe existir una forma de acoplamiento con el fin de determinar la manera en que reciben la información o la energía. Existen 3 tipos de acoplamiento: Acoplamiento capacitivo o magnético, Acoplamiento inductivo y Acoplamiento Backscatter. De acuerdo al tipo de acoplamiento utilizado entre el lector y el tag, se determina el alcance de lectura entre los dispositivos. Para distancias muy cortas se utiliza acoplamiento capacitivo, conocido también como acoplamiento cerrado debido a las distancias cortas que abarca. Para distancias hasta 1 m se utiliza acoplamiento inductivo, conocido también como acoplamiento remoto, las mejores condiciones de operación del acoplamiento inductivo se encuentra entre el rango de frecuencias de 100 kHz y 30 MHz, que comprenden las bandas LF y HF para RFID. Para distancias mayores de 1 m, se utiliza acoplamiento Backscatter conocidos como acoplamiento de largo alcance.⁴

➤ **Capacidad de procesamiento y almacenamiento de información**

Además de las características explicadas anteriormente, la capacidad de procesamiento y almacenamiento es una de las principales consideraciones para tener en cuenta a la hora de elegir el tag RFID. Existe una amplia gama de tags

⁴ RFIDmagazine.com. Conozcamos el tag RFID. 2006

con diferentes capacidades, desde los más sencillos que contienen un solo bit de almacenamiento hasta kilobytes de datos para almacenar. Normalmente los tags activos contienen mayor capacidad de procesamiento y almacenamiento que los tags pasivos.

1.1.2 Lectores RFID

El segundo componente básico en un sistema RFID es el lector. El lector es el encargado de enviar señales de radio con el fin de detectar las tarjetas o tags RFID en su entorno. Algunos lectores son lo suficientemente robustos como para contener y procesar la información, sin embargo, la mayoría hacen parte de una red, ya sea LAN o WAN; con el fin de obtener un mejor rendimiento del sistema. Los componentes físicos de un lector RFID son: una antena, la cual puede ser integrada o externa, una interfaz de red como un puerto serial RS-232 o un puerto Ethernet, un microprocesador, memoria, fuente de energía o batería y una interfaz de entrada y salida.

➤ Componentes físicos

La figura 9, muestra de manera específica los componentes físicos de un lector RFID.

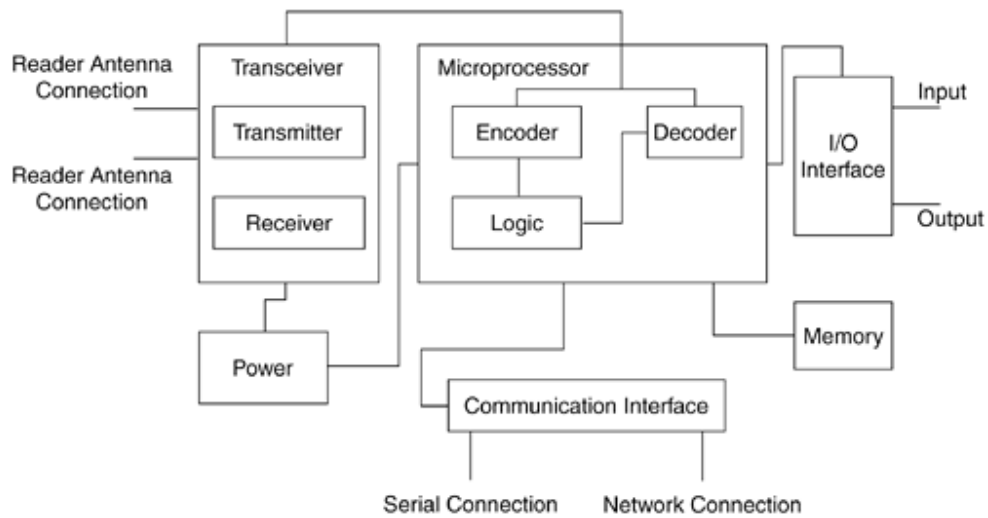


Figura 9. Componentes físicos de un lector RFID.

Las funciones de cada uno de los componentes físicos del Lector RFID son:

- **Transmisor/Receptor:** transmite energía y la sincronización del reloj a través de las antenas hacia los tags que se van a leer y recibe la señal analógica enviada como respuesta del tag. Generalmente la antena del lector es externa, por lo tanto, se encuentra separada físicamente y se une a este a través de un cable. Un lector es capaz de soportar varias antenas.
- **Microprocesador:** Recibe la señal del transmisor/receptor, se encarga de convertir la señal analógica a digital, decodifica y comprueba errores. En algunos casos es capaz de procesar la información.
- **Memoria:** Almacena los parámetros de configuración del lector.
- **Interfaz de entrada y salida:** La mayor parte del tiempo se utilizan para conectar sensores que detecten objetos con el fin de activar al lector y evitar que este envíe señales de lecturas constantemente.

- **Controlador:** es el responsable tanto de controlar el protocolo utilizado por el tag, como de determinar cuando la informaron leída constituye un evento para enviarlo a la red. En algunos casos el controlador es interno al lector, sin embargo la mayoría de veces es externo.
- **Interfaz de comunicación:** provee un enlace entre el lector y sistemas externos con el fin de enviar la información leída del tag y poder recibir comandos o acciones como por ejemplo escribir en un tag.
- **Fuente de energía:** suministra corriente eléctrica a todas la circuiteria que constituye el lector.

➤ **Componentes lógicos**

A parte de los componentes físicos que componen un lector RFID, existen también componentes lógicos entre los cuales tenemos: lector API, Subsistema de comunicación, Administrador de eventos y subsistemas de antena; cada uno con funciones específicas.

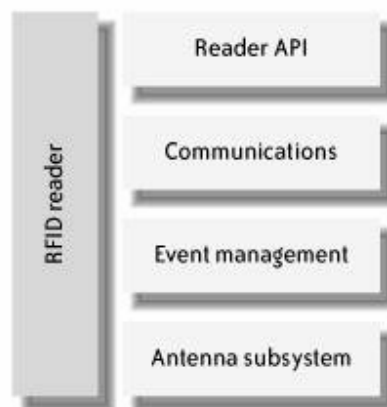


Figura 10. Componentes lógicos de un Lector RFID.

Las funciones de cada uno de los componentes lógicos del Lector RFID son:

- **Lector API:** cada lector presenta un Interfaz de Programación de Aplicaciones (API), lo cual permite que otras aplicaciones tengan acceso a los tags, consulten el estado de los lectores o permiten ajustes en la configuración del lector tales como niveles de energía y tiempo actual entre otros. El lector API esta relacionado directamente con el software del sistema RFID o middleware, que será explicado más adelante.
- **Subsistema de comunicación:** maneja los detalles de comunicación entre el lector y el middleware y determina el protocolo de transporte que se utilizara en la comunicación.
- **Administración de eventos:** define las clases de observaciones que se consideran eventos y que tipo de evento tiene la suficiente importancia, para enviar un mensaje a una aplicación externa fuera de la red.
- **Subsistema de antena:** consiste en la lógica y la interfaz habilitada en el lector RFID para interrogar al tag.

➤ **Tipos de Lectores RFID**

De igual forma que los tags, los lectores RFID vienen con diferentes características, y no solo un lector encaja para todo escenario. Los lectores se pueden clasificar por su forma y tamaño, por los protocolos que soporta y por las regulaciones regionales.

- **Formas y tamaños:** Los lectores RFID difieren en formas y tamaños, desde los que miden 2 centímetros, que son los más sencillos, hasta los más robustos que pueden alcanzar uno o más metros. Pueden venir incorporado en dispositivos de mano, teléfonos, fijados en la pared, etc.
- **Estándares y protocolos:** los lectores soportan los mismos estándares y protocolos que los tags, aunque algunos lectores soportan múltiples protocolos de diferentes tags. Algunos lectores solo soportan tags de ciertos vendedores en particular.
- **Regulaciones regionales:** existen diferentes regulaciones en diferentes regiones alrededor del mundo en cuanto a niveles permitidos de potencia, las variaciones de frecuencia, etc., incluso cuando se aplican al mismo tipo de tag. Por ejemplo, existe el caso que un lector de UHF, lea el mismo tag a 915 MHz en los Estados Unidos y a 869 MHz en Europa. Sin embargo, existen organizaciones de estandarización trabajando con el fin de tener un estándar que opere a nivel mundial.

Otro tipo de clasificación que se les pueden dar a los lectores RFID es por la manera en que transmiten los datos y la energía, existen dos tipos:

- **Sistemas con bobina simple:** la misma bobina sirve para transmitir la energía y los datos. Son más simples y más baratos, pero tienen menos alcance.

- **Sistemas con dos bobinas:** utilizan una bobina para transmitir energía y otra para transmitir datos. Son más caros, pero consiguen unas prestaciones mayores.

➤ **Características de un Lector RFID para la comunicación con un host.**

Las características básicas que debe contener un lector RFID son:

- **Alerta:** debe tener la capacidad de enviar un mensaje a un host indicando un cambio en el lector, como por ejemplo una actualización.
- **Comando:** un comando es un mensaje de un host a un lector que ocasiona un cambio de estado en el lector o genera una reacción del lector.
- **Host:** es necesario una estación o host con el fin de controlar la información proveniente del lector.
- **Observación:** una observación es un documentación de algún evento importante en algún lugar y en cierto momento, por ejemplo: EL tag con ID 45, salio de la cubierta 5 a las 16:22:32 el 8 de julio del 2006.
- **Transporte:** la forma o el medio por el cual el lector se comunica con un host con el fin de comunicar eventos.
- **Trigger o disparador:** un trigger indicara el momento exacto en el que se realizara una acción.

Estas características descritas anteriormente son esenciales para que pueda existir el flujo de información en un sistema RFID entre un lector y un host para emitir comandos, eventos, alertas o cualquier tipo de información.



Figura 11. Flujo de información entre el lector y el host.

La información que existe en una comunicación entre un host y un lector se puede clasificar en 2 grupos:

- **Comandos:** los comando son acciones enviadas de un host a un lector y se pueden dividir en 3 categorías:
 - 1) **Comandos de configuración:** como su nombre lo indica son comandos utilizados para la configuración del lector.
 - 2) **Comandos de observación:** Estos comandos hacen que un lector lea, escriba o modifique la información en un tag.
 - 3) **Comandos Trigger:** este comando prepara a los triggers para eventos como lecturas que puedan ocurrir.
- **Notificaciones:** una vez un lector realiza una observación se comunican notificaciones correspondientes a dichas observaciones a los host. Las notificaciones se pueden dar a través de dos tipos de comunicaciones: asíncronas o sincronas.
 - 1) **Asíncronas:** la comunicación es empezada por el lector y le notifica al host una observación o le envía un alerta. Este tipo de comunicaciones es muy eficiente ya que podemos tener un numero x de lectores enviando notificaciones a un host.



Figura 12. Comunicación asíncrona.

2) Sincrona: La comunicación es iniciada por el host a través de una petición; le puede solicitar que realiza una observación inmediatamente o que le envíe un reporte de cualquier observación realizada hasta el momento. A la petición realizada por un host seguida por una respuesta del lector se le conoce como “polling”.

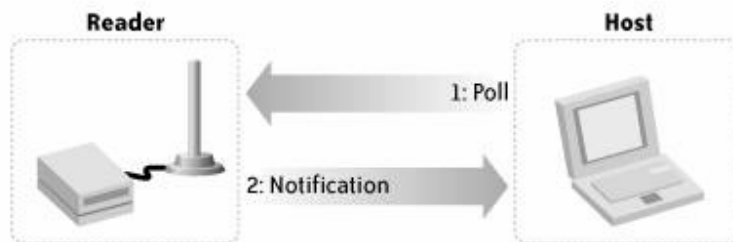


Figura 13. Comunicación sincrónica

1.1.3 Sistema de procesamiento de datos.

Para que la tecnología RFID sea totalmente eficiente, el tag y el lector deben ir acompañados de equipos adicionales como computadores, y software que

optimizaran el desempeño del sistema RFID. Dentro del sistema de procesamiento de datos encontramos: Sistema Terminal, Middleware y un Servidor.

➤ **Sistema Terminal**

Integra el equipo y el sistema software completo con el hardware RFID, con el fin de establecer comunicación y control sobre la columna vertebral del sistema RFID; los lectores. Su principal objetivo es tomar datos de los lectores y controlar su comportamiento.

El sistema Terminal puede realizar otras acciones como:

- Filtrar lecturas duplicadas desde diferentes lectores.
- Permitir la configuración de triggers basados en eventos que pueden automáticamente activar un anunciador o un actuador.
- Proveer funciones inteligentes como agregar y enviar selectivamente información de un tag a un equipo y sistema informático.
- Administración remota del lector.
- Administración remota de sí mismo.

A pesar de todas las funciones que realiza el sistema Terminal, puede darse el caso de que este componente no este presente, todo depende del tipo de aplicación que lo requiera.

➤ **Middleware**

Son software de conectividad que se encargan de administrar los lectores y toda la información provenientes de los tags. Los Middleware se ubican en la mitad del flujo de datos entre los lectores y la base de datos y administra la información que

existe entre ellos. Son considerados el sistema nervioso de RFID.

Hay tres motivaciones primarias detrás del uso de middleware en sistemas RFID: la primera es encapsular las aplicaciones de los dispositivos, es decir, procesar las observaciones capturadas por los lectores y los sensores de modo que las aplicaciones tengan en cuenta solamente eventos significativos, de alto nivel, de manera que disminuya el volumen de la información que necesitan procesar. La segunda motivación es proporcionar un interfaz con el fin de administrar los lectores y la tercera son peticiones para que el lector realice observaciones. Por naturaleza los tags RFID son dispositivos tontos, responden a cualquier requerimiento desde cualquier lector. El sistema no funcionaría sin un middleware, y la base de datos no sería funcional sino se pudieran almacenar datos. La información que se obtiene del lector son números o cadenas de números sin ninguna forma real; por lo tanto, una base de datos necesita del middleware para que traduzca la información entre ella y el lector. Podemos entender de manera más clara la función del middleware con el siguiente ejemplo: imaginemos que un sistema RFID se desarrolla para el sistema de rastreo de equipajes en una aerolínea; la información que se almacenaría en el tag a la hora de que un pasajero se registre sería: el nombre del dueño del equipaje o un número de identificación de referencia, el número del vuelo y el código del aeropuerto de destino. Mientras el equipaje se desplaza por el aeropuerto atravesando el sistema de rastreo, los lectores RFID escanean la posición para asegurarse de que llegue a su destino. La conversación entre el lector, el tag y la base de datos sería así:

1. El lector pregunta al tag adherido al equipaje: "ID, por favor".

2. El tag responde al lector: " Nelson Rodriguez, AC453, RN"
3. El middleware a la base de datos: "Añadir una maleta al vuelo AC453 del pasajero Nelson Rodriguez con destino al aeropuerto Rafael Núñez".

El middleware traduce un pequeño pedazo de información en una instrucción adecuada para que la base de datos almacene. De igual forma, el sistema no necesariamente tiene que interactuar con la base de datos. El lector y el middleware pueden interactuar con el sistema de rastreo de equipaje para asegurarse de que una maleta este en el vuelo correcto. O también asegurarse con lectores portátiles que el equipaje regrese a la persona adecuada., o registrar el numero de maletas en el vuelo, o asegurarse de que un pasajero esta en el vuelo correcto. El middleware hace uso lógico de la información almacenada en la base de datos y en la obtenida del tag. En el escenario del equipaje, conociendo el destino es un buen inicio para colocar la maleta en el avión correcto. La base de datos solo almacena registros y el tag almacena una pequeña información; se requiere de la lógica del middleware para rutear el equipaje hasta su destino.⁵

Un middleware se compone lógicamente de 3 partes: una interfaz de aplicación, un administrador de eventos y un adaptador del lector, como se muestra en la figura 14.

⁵ Himanshu Bhatt, Bill Glover. RFID Essentials. 2006

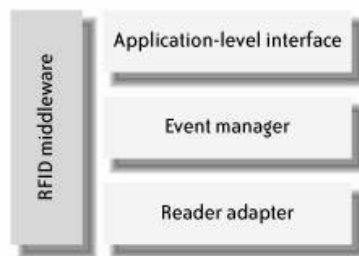


Figura 14. Componentes de un Middleware de RFID

Las funciones de cada uno de los componentes de un middleware RFID son:

- **Adaptador de lector:** Como existen diferentes tipos de lectores que manejan diferentes protocolos y tienen diferentes maneras de comunicación, un adaptador de lector sirve para eliminar la variedad de lectores y API's que existen y montar una interfaz abstracta para todas las aplicaciones y que lectores de diferentes fabricantes se puedan comunicar entre si.
- **Administrador de eventos:** el objetivo de un administrador de eventos es filtrar ciertas observaciones realizadas por el lector que no tengan relevancia alguna. En esta parte se procesa la toda la información obtenida del lector antes de entregársela a la interfaz de aplicación y realizar cualquier acción. Como se muestra en la figura.

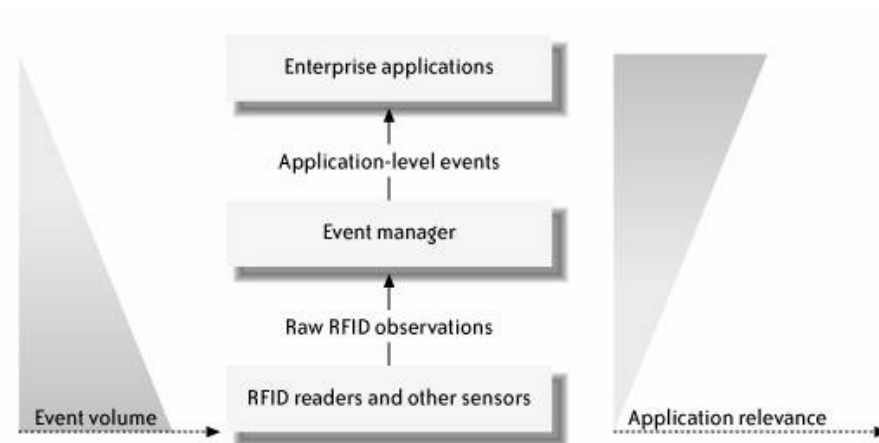


Figura 15. Información a través de un Middleware.

- **Interfaz de aplicación:** Se encarga de los comandos o acciones que se realizarán a cada uno de los eventos relevantes que el administrador de eventos considere. Generalmente son montados en servidores y puede ser utilizado por un gran número de usuarios en una red de computadores.

La figura 16, muestra cada uno de los componentes de un Middleware por donde pasa la información desde un lector hasta el nivel de aplicación. El middleware recibe las observaciones realizadas por uno o más lectores o cualquier dispositivo que recolecte datos como un sensor. Luego de recibir la información, el administrador de eventos agrega, transforma, o filtra los eventos y ayuda a reducir el volumen de datos que la capa de aplicación debe procesar. Un middleware RFID soporta monitoreo y administración remota, realiza recolección de datos

filtración y mecanismos de agrupamiento y soporta interfaces como Java, J2EE, .NET y servicios Web.

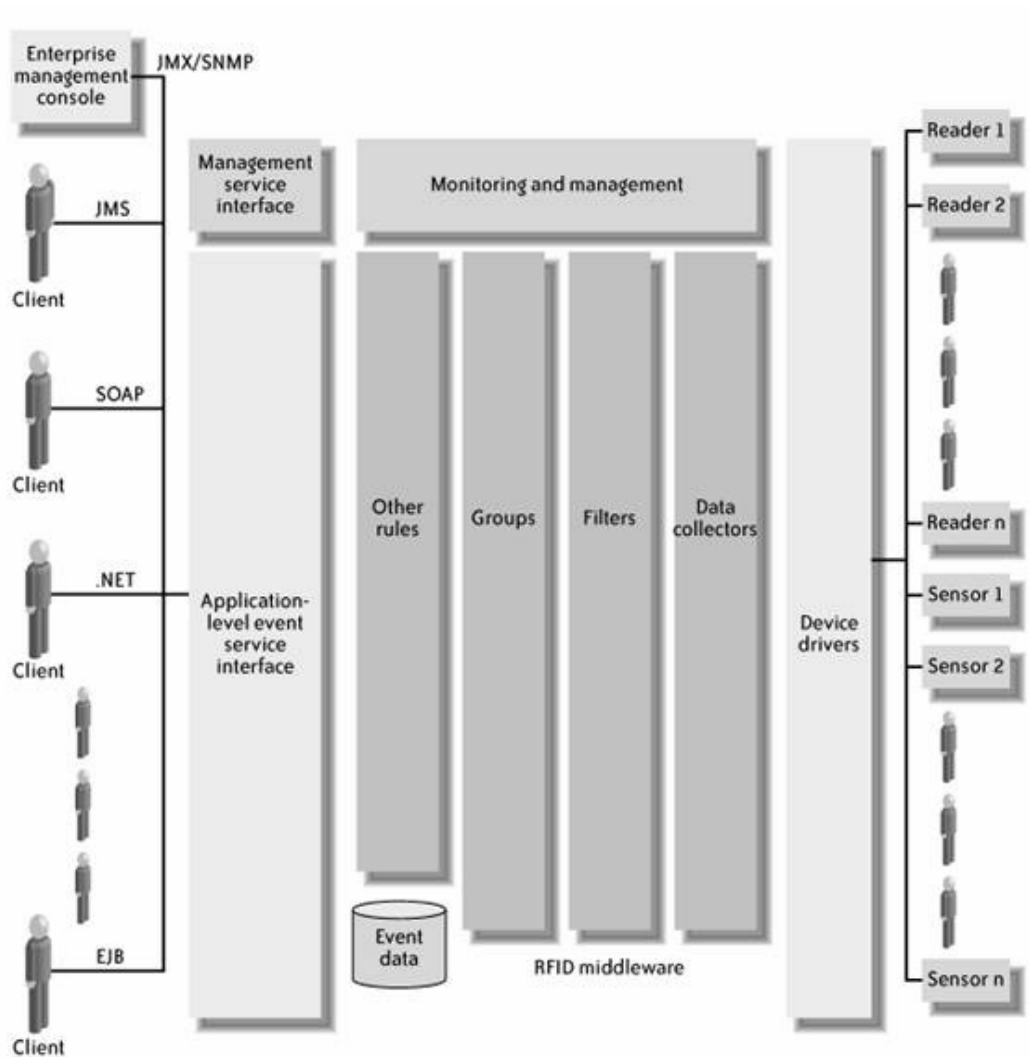


Figura 16. Arquitectura conceptual de un middleware RFID

➤ **Servidor**

El servidor de la empresa encierra todas las aplicaciones y sistemas IT (Tecnología de la información) necesarias para el eficiente funcionamiento de un

sistema RFID, almacena los datos de los objetos etiquetados y es el motor de todos los procesos.

1.1.4 RFID Printer

Existe otro dispositivo, que no hace parte propiamente de la arquitectura de un sistema RFID pero que vale la pena resaltar, y es posible encontrarlo en algunos casos dependiendo del tipo de aplicación. Este dispositivo se conoce como RFID printer o Impresor RFID.

El impresor RFID es un dispositivo capaz de codificar un tag RFID e imprimir información sobre la etiqueta de papel que contienen los tags. Recuerde que un lector solo puede escribir en un tag que permita escritura, así que la diferencia principal entre un lector y un impresor RFID es el componente láser que contiene este último. Para una aplicación de bajo volumen, un operador puede manualmente aplicar las etiquetas inteligentes, pero para aplicaciones con alto volumen, es necesario un dispositivo llamado "Print and Apply", ("Imprime y aplica", en español). Este dispositivo generalmente contiene un lector RFID, un printer o impresor, un verificador y un sistema automatizado para aplicar los tags a los artículos. El aplicador puede ser un brazo neumático que presione los tags ya codificados e imprimirlos en una caja o también puede ser una pistola de presión manual. La figura 17, muestra el esquema de un printer RFID.

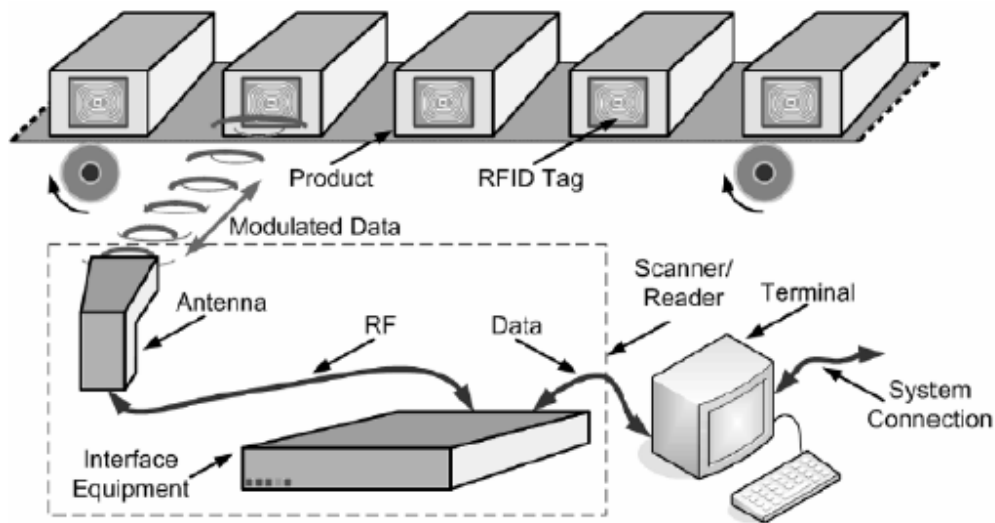


Figura 17. Esquema de un Printer RFID.

1.2 EPC Electronic Product Code

El EPC (Electronic Product Code) es un nuevo sistema de identificación y seguimiento de mercancías en tiempo real basado en la identificación por radiofrecuencia de (RFID) y que asocia una serie numérica unitaria e inequívoca a cada objeto. La filosofía del sistema EPC consiste en que cada uno de los objetos está identificado con un número serie grabado en un chip y que toda la información que relaciona a cada uno de ellos no necesariamente tiene que estar grabada en el propio tag, sino que reside en los diferentes sistemas de información de cada uno de los dispositivos involucrados. El EPC forma parte del denominado EPCglobal Network o "Internet de los objetos" que, utilizando tags, lectores de RFID y una serie de mecanismos informáticos de acceso a datos, permite automatizar totalmente los procesos y obtener toda la información relativa

al objeto identificado con EPC de forma rápida y eficaz. La Red EPCglobal (EPCglobal Network) es una estructura que permite la identificación inmediata y automática de los productos y la posibilidad de compartir la información de estos artículos en la cadena de suministro; con la combinación de diferentes tecnologías, entre las que se incluyen RFID e Internet, así como el aprovechamiento al máximo de la capacidad de los actuales sistemas de información.⁶

La Red EPCglobal está formada por seis elementos fundamentales:

- **Código Electrónico de Producto (EPC):** El EPC es un conjunto de números que identifica única e inequívocamente a un artículo en la cadena de suministro.
- **Etiqueta EPC (Tag RFID):** En este sistema la etiqueta ya no es un código de barras, sino un tag (chip de radiofrecuencia unido a una antena). Cada tag contiene un código electrónico de producto único (EPC).

EPC global como órgano de estandarización de RFID ha organizado las etiquetas o tags en 6 clases:

- **Clase 0:** solo lectura (el número EPC se codifica en la etiqueta durante el proceso de fabricación).
- **Clase 1:** escritura una sola vez y lecturas indefinidas (se fabrican sin número y se incorpora a la etiqueta más tarde)

⁶ Patrick Sweeney II. RFID for Dummies. 2005. CATALÁ, MALLOFRÉ, Andreu (2006). "Sistema de agentes portables incrustados para entornos naturales seguros (SAPIENS)". 2007

- **Clase 2:** lectura y escritura.
 - **Clase 3:** capacidades de la clase 2 más la fuente de alimentación que proporciona un incremento en el rango y funcionalidades avanzadas.
 - **Clase 4:** capacidades de la clase 3 mas una comunicación activa con la posibilidad de comunicar con otras etiquetas activas.
 - **Clase 5:** capacidades de la clase 4 más la posibilidad de poder comunicar también a etiquetas pasivas
- **Lectores EPC:** es un lector de RFID con una o varias antenas, de forma que, por ejemplo, cuando una agrupación de mercancía identificada con EPC cruza a través de un lector de RFID, las antenas activan cada uno de los tags recogiendo simultáneamente la información de productos contenida en cada uno de ellos. Los lectores EPC están situados en puntos estratégicos de la cadena de suministro con el fin de poder localizar los movimientos de los artículos.
 - **Software personalizado EPC:** (EPC Middleware) Se trata de una tecnología que gestiona la información de lectura básica para la comunicación con los servicios de información EPC y los sistemas de información de las compañías existentes.
 - **Sistemas de información EPC (EPC IS):** Estos servicios permiten a los usuarios intercambiar los datos incluidos en el EPC con los interlocutores del mercado a través de la Red EPCglobal.

- **Servicios Discovery:** Son un conjunto de servicios que permiten a los usuarios encontrar datos relacionados a un EPC específico y solicitar acceso a los mismos.

Hasta el momento la forma de identificar los objetos a nivel mundial se ha hecho a través del código de barras utilizando el sistema UPC (Universal Product Code o Código Universal del Producto) a pesar de que es limitado en comparación con EPC debido a que solo almacena la identificación de manufactura y el código del producto. La figura 18, representa como se almacena los datos en un sistema UPC.

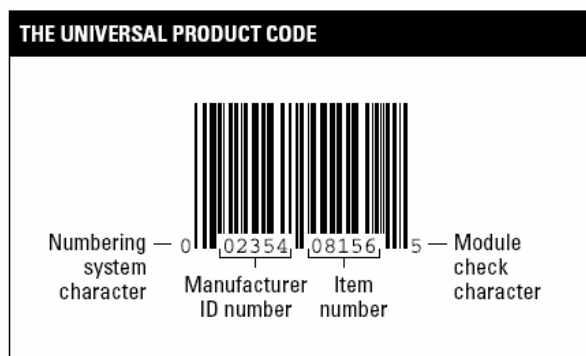


Figura 18. Almacenamiento de datos en un código de barras.

En comparación con una dirección IP el código UPC también se divide en 4 secciones:

- La primera partición es un solo dígito que indica el sistema de numeración usado para interpretar los caracteres restantes. Por ejemplo, un 0 significa que es un código normal de cualquier objeto, un 5 significa que el resto de los números identifica un cupón.

- La segunda partición se compone de 5 dígitos e identifica el número de manufacturación.
- Los siguientes 5 dígitos representan la identificación del objeto.
- El último dígito en la última partición, indica el fin de la lectura.

Con 5 dígitos para manufactura y 5 para la identificación del producto, UPC provee 10 sistemas de numeración únicos; 100000 identificadores de manufactura y 100000 tipos de productos para cada manufactura.

Existe varias diferencias entre UPC y EPC, pero la mas representativa es que EPC puede almacenar mucha mas información que UPC. Por lo general un código EPC tiene 96 bits. La figura 19, muestra la estructura de datos del código EPC.

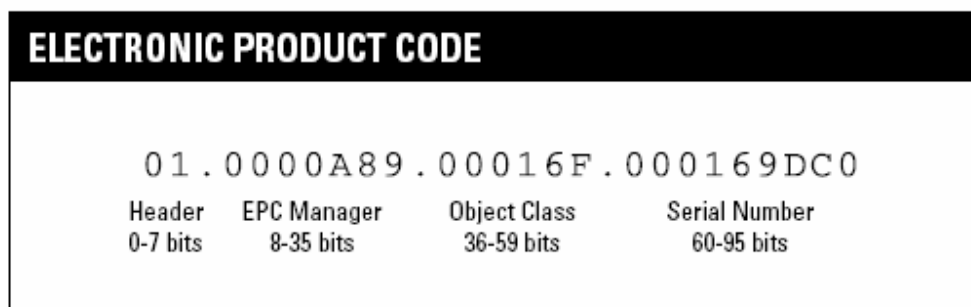


Figura 19. Estructura de datos del código EPC.

La configuración de EPC es similar a UPC, pero con mejoras importantes:

- **Cabecera o Header:** La cabecera esta designada para que se identifique si el código del tag es un código UID (User identifier) o FDA (Food and Drug Administration). La cabecera o header utiliza los bits del 0 al 7.
- **EPC Manager Number:** esta partición identifica la entidad o la empresa. y utiliza los bits del 8 al 35.

- **Object class:** identifica la clase de objeto; utiliza desde el bit 36 hasta el 59.
- **Serial Number:** el numero serial es el mas importante: es quien identifica de manera especifica el objeto y el tag especifico al que fue anexado. Utiliza los bits desde el 60 hasta el 95.

Dependiendo de la capacidad total de datos que el tag pueda almacenar, un numero EPC puede ser de 32 hasta 256 bits. Esto significa que el código EPC puede ser utilizado por millones de trillones de objetos únicos.

Sin embargo, el EPC no es una alternativa al código de barras, sino un nuevo sistema para el transporte de información que presenta ventajas sobre él a un costo más elevado. Es decir, el EPC y el código de barras coexistirán durante mucho tiempo.

1.2.1 EPC Gen 1

EPC Gen 1 es el primer protocolo lanzado por EPC global. Se divide en EPC Gen 1 clase 0 y EPC Gen 1 clase 1.

EPC Gen 1 clase 0: el tipo de tag es preprogramado y de solo lectura, es decir, que el usuario final no puede escribir nueva información en el tag. Una de las principales ventajas es que los protocolos de comunicación son rápidos. Sin embargo los costos administrativos y logísticos se incrementan debido a que los tags preprogramados tienen que adherirse al producto correcto lo que minimiza la flexibilidad de los tags. EPC Gen 1 clase 0 trabaja en la banda UHF.

EPC Gen 1 clase 1: los tags tienen la característica de que la información almacenada en ellos pueden ser cambiada una sola vez y el tag puede ser leído muchas veces. Tiene como ventaja que la administración de datos es más fácil y a

pesar de que la información almacenada se puede modificar, es una desventaja que se pueda hacer solo una vez. EPC Gen 1 clase 1 trabaja tanto en UHF como en HF.

1.2.2 EPC Gen 2

A partir de las mejoras que se han venido haciendo desde el inicio de RFID, a nivel de estándar, EPC global ha lanzado lo que se conoce como el estándar EPC Generación 2 o EPC Gen 2; que difiere respecto a EPC Gen 1 en:

- **Velocidad:** La capacidad de leer etiquetas RFID de forma rápida y simultáneamente es una ventaja clave de la tecnología Gen 2. La selección de grupo, es una característica importante para proporcionar lectura y clasificación a alta velocidad; proporciona a los lectores RFID la capacidad de buscar y leer grupos seleccionados de etiquetas (en función de la estructura de los datos) y pasar por alto otros grupos del conjunto de lectura.
- **Global y abierto:** EPC Gen2 incorpora las frecuencias y características para un uso a nivel mundial.
- **Ancho de banda:** El estándar Gen 2 ofrece a los usuarios cierta flexibilidad en el uso del ancho de banda utilizado por los lectores. El rendimiento del sistema se puede optimizar en función del número de dispositivos de radiofrecuencia que estén funcionando en el entorno.

- **Incremento del radio de lectura:** Promete entre 8 veces más que la Gen1. Esto es importante en países donde el ancho de banda es muy limitado.
- **Tamaño:** se espera que el tamaño de los chips se puedan reducir en un 20% respecto al actual.
- **Seguridad:** Altamente mejorada con un password encriptado de 32 bits y la posibilidad para “matar” (Kill mode) permanentemente el tag.
- **Memoria:** es opcional el poder añadir memoria adicional a la requerida para el EPC. Esto para que los clientes finales puedan añadir información específica.
- Modo para lectura en entornos de alta densidad de lectores (Dense-Interrogator channelized signaling, normalmente llamado Dense ReaderMode).

Debido a la aplicabilidad de UHF, gracias a la ventaja que ofrece trabajar en altas frecuencias, EPC Gen 2 para UHF se ha realizado con los siguientes objetivos:

- **Establecer una única especificación UHF**, para unificar las existentes como EPC clase 1, EPC clase 0 e ISO 18000-6, parte a y b. Diseño para un desarrollo mundial, dirigido a las diferentes regulaciones de diferentes regiones.
- **Influenciar y mejorar las especificaciones UHF existentes**, además de anticipar posibles aplicaciones futuras (como incluir funcionalidades para etiquetas que contengan sensores).

El nuevo estándar EPC Gen 2 fue ratificado en Diciembre de 2004 (UHF Gen 2 Air Interface Protocol). Se ha creado a partir de las mejores características de la Generación 1, tanto de la clase 1 como de la 2, y los protocolos ISO (ISO 18000, explicados mas adelante), con el compromiso de mejorar el estándar actual. Se ha desarrollado con la colaboración de los fabricantes líderes de RFID, usuarios e instituciones de estandarización, todo ello bajo la coordinación y supervisión de EPC global.

1.3 Estándares de RFID.

Los estándares o normalizaciones nos garantizan el uso de la tecnología y su durabilidad, debido a que permiten disponer de soluciones conjuntas que permitan una arquitectura abierta que pueda ser implementada por diferentes fabricantes o integradores. Como en todas las tecnologías, existe todavía bastante confusión entorno a que estándares hay. Se han dado una serie de circunstancias que han provocado el bien conocida en otros sectores, “lucha” de diversas partes del sector con el ánimo de imponer los estándares propios. El cliente por su parte no acaba de tener claro cuales existen, si son ínteroperables o cual será el predominante. Este hecho provoca que no se implementen este tipo de tecnologías por el miedo de las empresas. Por ejemplo, el caso del código de barras, el cual es universalmente aceptado y entendido como un estándar. Pero esto no es del todo cierto, ya que existen más de 200 estándares diferentes en los códigos de barras. Lo mismo sucede con RFID, pero en este caso hay un movimiento global hacia el mismo estándar que facilitara su implantación.

Hay varios estándares según el tipo de aplicación, por la simple razón de que los principios físicos de las tecnologías en las que se basa RFID son diferentes según varios factores. Esto hace que se tengan que adaptar todos los parámetros a la aplicación específica. A continuación haremos un breve repaso de las normas más relevantes en el entorno RFID.⁷

1.3.1 Estándares desarrollados para tarjetas de identificación:

• ISO/IEC 10536 Identification cards – Contactless integrated circuit cards:

ISO/IEC 10536 es parte de una serie de normas internacionales que describen los parámetros de las tarjetas de identificación y el uso de las mismas a nivel mundial; desarrollado para tarjetas de identificación inteligentes a 13,56 MHz. ISO/IEC 10536 se divide en 4 partes:

- ISO/IEC 10536-1: Describe las características físicas.
- ISO/IEC 10536-2: Describe las dimensiones y localizaciones de las áreas de acoplamiento.
- ISO/IEC 10536-3: Describe las señales electrónicas y los procedimientos de reset.
- ISO/IEC 10536-4: Describe las respuestas de reset y el protocolo de transmisión.

• ISO/IEC 14443 Identification cards – proximity integrated circuit cards:

desarrollado para tarjetas de identificación inteligentes con rango superior a un metro, utilizando la frecuencia 13,56 MHz. ISO/IEC 14443 se divide en 4 partes:

⁷ CATALÁ, MALLOFRÉ, Andréu (2006). "Sistema de agentes portables incrustados para entornos naturales seguros (SAPIENS)". 2007

- ISO/IEC 14443-1: Describe las características físicas.
 - ISO/IEC 14443-2: Describe el interfaz aéreo.
 - ISO/IEC 14443-3: Describe la inicialización y anticolisión.
 - ISO/IEC 14443-4: Describe el protocolo de transmisión.
- **ISO/IEC 15693 Contactless integrated circuit cards – Vicinity cards:** se desarrollan las características físicas, la interfaz aérea y los protocolos de transmisión y anticolisión para tarjetas sin contacto con circuitos integrados en la banda HF (13,56 MHz).

1.3.2 Estándares desarrollados para la gestión a nivel unidad:

- **ISO/IEC 15961 RFID for item management: Data protocol: application interface:** maneja los comandos funcionales comunes y las características de sintaxis, por ejemplo, tipos de tags, formatos de almacenamiento de datos, o compresión de los datos. Los estándares de interfaz aérea no afectan a este estándar.
- **ISO/IEC 15962 RFID for item management – Protocol: Data encoding rules and logical memory functions:** dirigido al procedimiento que el sistema RFID utiliza para intercambiar información de la gestión a nivel unidad. Crea un formato de datos uniforme y correcto, una estructura de comandos y también se encarga del procesamiento de errores.
- **ISO/IEC 15963 for item management – Unique identification of RF tag:** este estándar se dirige al sistema de numeración, el proceso de registro y uso del tag RFID. Se ha diseñado para el control de calidad durante el proceso de fabricación.

También esta dirigido a la trazabilidad de los tags RFID durante este proceso, su ciclo de vida y control para anticolisión de varios tags en la zona de interrogación.

- **ISO/IEC 19762: Harmonized vocabulary – Part 3: radio-frequency**

identification: documento que proporciona términos generales y definiciones en el área de la identificación automática y técnicas de captura de datos, con secciones especializadas en varios campos técnicos, al igual que términos esenciales para ser usados por usuarios no especializados en comunicaciones. La parte 3 es la que hace referencia a la tecnología RFID.

- **ISO/IEC 18000 Air interface standards:** diseñada para crear una interoperabilidad global, donde se define la comunicación entre los tags y los lectores. Incluyendo diferentes frecuencias de trabajo. El objetivo del estándar es asegurar un protocolo de interfaz aérea universal. Este estándar contiene 7 partes diferentes. La parte 3 y 6 son las más relevantes y críticas. En la 3 se definen dos modos no interoperables aunque se han diseñado para no interferirse entre ellos. El modo 1 esta basado en ISO 15693 y el modo 2 en PJM (modulación) para obtener mayor tasa de bits.

- 18000-1: Describe los parámetros genéricos para las frecuencias globalmente aceptadas para la interfaz aérea.
- 18000-2: Describe los parámetros para la interfaz aérea a frecuencias por debajo de 135 KHz.
- 18000-3: Describe los parámetros para la interfaz aérea a frecuencias por debajo a 13.56 MHz

- 18000-4: Describe los parámetros para la interfaz aérea a frecuencias a 2.45 GHz
- 18000-5: Describe los parámetros para la interfaz aérea a frecuencias a 5.8 GHz
- 18000-6: Describe los parámetros para la interfaz aérea en UHF.

- **ISO/IEC 18001 RFID for Item Management - Application Requirements**

Profiles: proporciona el resultado de tres estudios para identificar aplicaciones y usos de la tecnología RFID con gestión a nivel unidad de artículo, con una clasificación resultante según diferentes parámetros operacionales, incluyendo el rango de operación, tamaño de la memoria, etc. También una breve explicación de los temas asociados con los parámetros de distancias, número de tags dentro del campo de interrogación, etc. También incluye una clasificación de los tipos de tags según las aplicaciones.

- **EPC™ Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID:**

creado por EPC global, entre EAN (European Article Numbering) y UCC (Uniform Code Council), y tecnología desarrollada por Auto – ID Center, en este documento se desarrolla el estándar para el protocolo de interfaz aérea de comunicación entre el tag y el lector.

- **13.56 MHz ISM Band Class 1 Radio Frequency (RF) Identification Tag**

Interface Specification: desarrollado por EPC global para definir la interfaz de comunicación y el protocolo para la clase 1 en 13,56MHz. Incluye los

requerimientos de los tags y lectores para establecer comunicaciones en dicha banda de frecuencias.

- **Application Level Event (ALE) Specification Version 1.0:** estándar desarrollado por EPC global que especifica un interfaz a través de la cual se filtra y consolida códigos electrónicos EPC con origen de varios dispositivos. Hay otros estándares RFID, por ejemplo para identificación animal, seguimiento de contenedores, etc. Como reseña de algunos de estos otros estándares comentan que AIAG (Automotive Industry Action Group, que es una asociación con más de 1.600 fabricantes), ha desarrollado junto a EPC global estándares para la industria automotriz, en específico el “Application Standard for RFID Devices in the Automotive Industry” que viene acompañado por otros como “AIAG B-11”, estándar para identificar neumáticos y ruedas con RFID. Cada región o país tienen normativas técnicas de referencia. Por ejemplo nos podemos encontrar con:

- **EN 300 220 (ETSI):** características, técnicas y métodos de medida para equipos de radio de corto alcance funcionando entre 25 y 1.000 MHz, hasta 500 mW de potencia.

- **EN 302 208 (ETSI):** características, técnicas y métodos de medida para dispositivos de datos en la banda 865 – 868 MHz, hasta una potencia de 2 W.

En resumen podemos observar que los estándares RFID están disponibles para multitud de aplicaciones. La confusión general ha venido por la confrontación entre la ISO 18000 parte 6 y EPC global que han definido la interfaz aérea para la utilización de RFID en UHF, aunque EPC global ha definido otros elementos para la utilización del EPC en las cadenas de suministro. Esta confusión o debate

puede tener fin próximamente si la ISO tramita lo realizado por EPC global como la parte 6C. De momento coexisten, aunque la ISO solo ha definido el protocolo de interfaz aérea, pero no la estructura numérica ni la implementación física del tag y los lectores.

1.4 ONS (Object Name Service)

De acuerdo con la intención de la organización EPC Global, la información total de los artículos no debería estar almacenada en el tag RFID, sino ser suministrada en servidores distribuidos en Internet. Con el uso del código EPC y la ayuda del ONS (Object Name Service), será posible localizar EPC Discovery y EPC-IS (EPC Information Service), que son colectores de datos disponibles de un objeto en particular.

El ONS proporciona a un sistema RFID, un servicio de búsqueda global para traducir un código EPC en uno o mas URLs (Uniform Reference Locators), en donde se puede encontrar mas información sobre el artículo etiquetado. Por lo general las URLs identifican un servicio de información, aunque también puede asociar EPCs con Web sites y otros recursos de Internet correspondientes a un objeto. Técnicamente hablando, podemos decir que ONS es un derivado o un subconjunto del DNS (Domain Name System), el objetivo principal es codificar sintacticamente el código EPC en un nombre de dominio y luego utilizar la estructura existente del DNS para buscar información adicional. Este procedimiento hace uso del registro NAPTR (Name Authority Pointer). Este tipo de registro contiene varios campos para agrupar el protocolo, los servicios y las características de un servicio dado. También permite que el punto final del servicio

sea expresado en forma URI (Uniform Resource Identifier. URI es una cadena corta de caracteres que identifica inequívocamente un recurso como por ejemplo: un servicio, una página, un documento, una dirección de correo electrónico, etc. Que normalmente son accesibles a través de una red o sistema), permitiendo que los servicios complejos sean codificados de una manera estándar.⁸

ONS proporciona 2 tipos de servicios:

- **ONS estático:** brinda generalmente, URLs para la información que mantiene el fabricante del artículo.
- **ONS dinámico:** ofrece un listado de secuencias mientras el objeto etiquetado se desplaza a través de la cadena de suministro, es decir, desde el fabricante hasta el consumidor final.

1.5 Parámetros ambientales

Se ha de tener muy presente a la hora de implementar la tecnología RFID que se pueden encontrar diversos parámetros ambientales que pueden variar el comportamiento del tag y sus respuestas según la frecuencia utilizada. Cuatro efectos principales que ciertos materiales provocan sobre las señales de radio frecuencia son:

- **Absorción:** algunos materiales absorben la energía de la propagación de ondas de radio. Esta situación es también conocida como pérdidas, en términos de RFID,

⁸ Benjamin Fabián, Sarah Spiekermann. Security Analysis of the Object Name Service (ONS) for RFID

provoca que haya menos potencia disponible para que el tag pueda devolver la señal.

- **Reflexión o refracción:** Idealmente, los tags reciben una onda directa desde el lector, pero la mayoría de veces, los materiales del entorno del tag pueden reflejar o refractar esta onda principal. Entonces la etiqueta o tag recibe la onda principal conjuntamente con las reflejadas o refractadas, que son totalmente diferentes a la onda original.

- **Efectos dieléctricos:** cuando un material dieléctrico está cerca de la etiqueta, la concentración de campo eléctrico se puede multiplicar, provocando un efecto de desintonización de la antena del tag.

Efectos de propagaciones complejas: estos efectos existen porque dos fenómenos físicos suceden cuando trabajamos con sistemas RFID. Estos fenómenos pueden ser:

- Ondas estacionarias u ondas diferentes a la directa que quiere alcanzar la etiqueta o tag. Ondas rebotadas en la misma dirección y diferente sentido que provocan que las ondas se sumen y creen una onda con más energía, según el punto de medición.
- Múltiples caminos, que son causados por las ondas estacionarias y pueden cancelar la onda directa en conjunto (interferencia destructiva).

2. Tecnología SAW (Surface Acoustic Wave)

Cuando hablamos de RFID pensamos en un tag, un lector y en antenas; sin embargo, existe una variante de RFID como lo es la tecnología SAW que utiliza

tag sin chips o circuitos integrados. La tecnología SAW tiene ciertas ventajas y desventajas respecto a los tag con chips, dependiendo de la aplicación, sin embargo, en algunos casos la tecnología SAW resuelve problemas actuales que no se pueden resolver con RFID UHF Gen 2. Un sistema SAW, esta compuesto por los mismos componentes de RFID, es decir, un lector, un tag y una antena; con la diferencia de que el tag no contiene un circuito integrado. Los tags SAW utilizan ondas radioeléctricas de muy baja potencia a una frecuencia de 2,45 GHz en la banda libre ISM (Industry, Scientific and Medical). Además, a diferencia de los tags basados en chips, no necesitan energía (DC) para alimentarse y realizar el envío de la información. Pero uno de los aspectos más interesantes de esta tecnología es su inmejorable comportamiento en entornos líquidos y metálicos, ya que los tags se pueden adjuntar en superficies metálicas con un resultado de lectura excepcional muy por encima de los tags RFID pasivos actuales. En algunas aplicaciones pueden llegar a sustituir a sistemas RFID activos gracias a sus rangos de lectura que pueden alcanzar los 30 metros. Otra de las características que los pueden hacer atractivos es la capacidad, gracias a sus materiales, para medir la localización del tag, la dirección (permite saber si un producto entra o sale) y la temperatura, que mediante otras tecnologías encarecería el precio del tag. También soportan altas temperaturas y altas radiaciones de rayos x y gamma, utilizados en procesos de esterilización. Los sistemas RFID basados en SAW tienen funciones como la anticolidión para permitir la transmisión de información de múltiples tags gracias a su acceso basado en ensanchamiento de espectro que proporciona una alta resistencia a las interferencias. Pero no debemos olvidar uno de los aspectos que preocupa más a

los clientes finales, así como a los integradores y fabricantes del mundo, es la utilización de una única frecuencia a nivel mundial ya que hoy en día los negocios son globales. La tecnología SAW permite una única frecuencia para todos los países del mundo a diferencia de otros sistemas RFID.

El gran inconveniente que tenía la tecnología SAW eran sus limitaciones como la poca capacidad de bits, el no tener protocolos de anticolisión y sin métodos para verificar errores debido a su poca capacidad de datos. Pero las innovaciones actuales han permitido superar estas limitaciones y actualmente los productos comerciales de RFID SAW tienen mayor capacidad y protocolos de anticolisión.⁹

2.1 Componentes de un sistema SAW

Un sistema SAW se compone por 3 dispositivos básicos: el tag, un lector y una antena.

2.1.1 Tags

El tag SAW consiste en una antena dipolo que tiene adherido un transductor de acople interdigital (IDT – Interdigital Transducer) en un substrato piezoeléctrico. Una serie de paredes de electrodos funcionan como reflectores (realizados mediante aluminio o sustancia equivalente). Un esquema de un tag SAW se muestra en la figura 20.

⁹ RFIDmagazine.com. Tecnología SAW (Surface Acoustic Wave). 2006

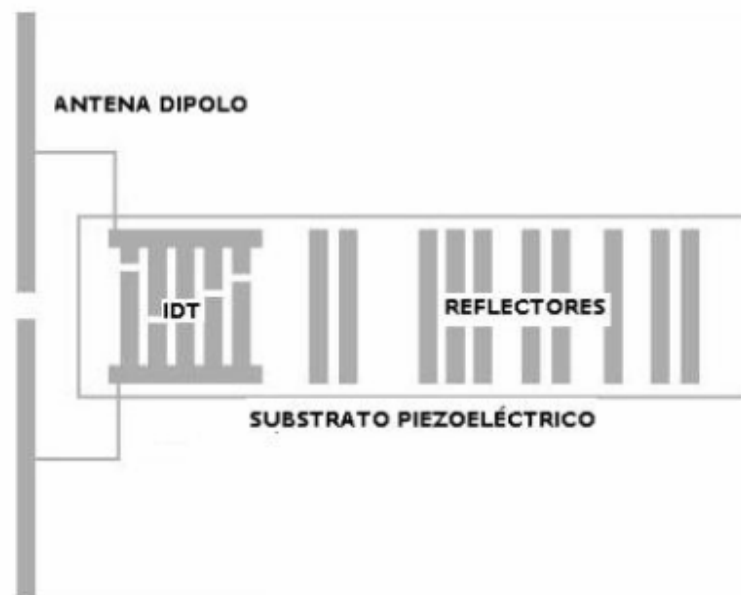


Figura 20. Esquema de un tag SAW

La antena dipolo está diseñada de la misma manera que las antenas dipolos para tags UHF con chip, pero en este caso al trabajar a una frecuencia más elevada, la longitud de las antenas es mucho menor. El transductor de acople interdigital o transductor interdigital (IDT), permite controlar electrónicamente las reacciones químicas de las superficies. Se utilizan para excitar y detectar una onda acústica superficial sobre un sustrato piezoeléctrico. La aplicación de pulsos eléctricos, con la orientación apropiada, se transforman en ondas acústicas de superficie y viceversa. El sustrato piezoeléctrico es el material que permite que las ondas superficiales puedan ser generadas mediante una excitación eléctrica. El material piezoeléctrico puede tener diferentes componentes que provocarán cambios en las características de la velocidad de propagación y en su dependencia de la temperatura. Los reflectores como su nombre lo indica son pequeñas paredes que provocan que la onda acústica se refleje otra vez hacia el IDT. El número y la

ubicación de estos reflectores en el tag especificarán el identificador y los datos que contiene, que se basan en el número y la duración del pulso.

2.1.2 Lectores

Son los dispositivos encargados de recibir la señal captada por las antenas y entender el mensaje que se ha enviado. También realizan la función inversa, es decir, componen la señal a enviar y la transmiten a la antena para que realice su difusión o envío. Los protocolos de comunicación se encuentran en el lector. Actualmente cada lector es capaz de gestionar como máximo 4 antenas.

2.1.3 Antenas

La función de este dispositivo es captar la señal eléctrica transmitida mediante ondas RF por el tag RFID SAW y enviarla al lector RFID. También la de enviar vía ondas RF la información que le transmite el lector SAW.

El sistema SAW opera de la siguiente manera: la antena del lector envía una onda radioeléctrica al tag, la antena de éste recibe la señal y aplica un impulso eléctrico al IDT. Este impulso genera ondas de superficie, también conocidas como de Raleigh waves, que viajan típicamente a una velocidad entre 3.000 y 4.000 metros por segundo en el substrato. Algunas de estas ondas son reflejadas otra vez hacia el IDT por los reflectores o paredes de electrodos, el resto es absorbido por el substrato. Las ondas reflejadas forman un patrón único que se determina según la posición de los reflectores que representan los datos o información del tag. Estas ondas son convertidas a señal radioeléctrica mediante el IDT, y son transmitidas

hacia el lector RFID SAW a través de la antena dipolo del tag. Entonces, el lector decodifica y recibe la señal extrayendo la información enviada por el tag.

2.1.4 Ventajas y desventajas de SAW

Como se ha explicado anteriormente SAW es una tecnología variante de RFID y la diferencia mas importante es la ausencia de circuitos integrados en los tags. El hecho de que los tags carezcan de un chip genera diferencias en el funcionamiento de ambos sistemas trayendo consigo ventajas y desventajas.

➤ Ventajas

- Los tags no requieren alimentación continua (DC): El hecho de no necesitar alimentación continua supone la posibilidad de alcanzar mayores rangos de cobertura, con máximos obtenidos sobre los 30 metros, gracias a la necesidad de poca señal radioeléctrica para su funcionamiento.
- Una única frecuencia a nivel mundial: Una de las principales ventajas, que también sucede con la RFID pasiva en HF, es la disponibilidad de una única frecuencia a nivel mundial, que se encuentra en la banda ISM de 2,45 GHz. Esta característica es muy interesante porque la variedad de frecuencias a nivel mundial en un mundo globalizado provoca el no poder utilizar el sistema en los países que queramos, como sucede con la RFID pasiva en UHF Gen2.
- Funcionan con potencias muy bajas (alta sensibilidad): El sistema puede funcionar con fracciones de microwatios como señal mínima requerida. Esta característica le permite unas mejores penetraciones en materiales líquidos y metálicos

- Alcanza radios de velocidad de lectura superiores, alrededor de los 1.000 tags por segundo.
- Cálculo del tiempo de envío-recepción: La posibilidad que nos da SAW al contabilizar el tiempo entre el envío y la llegada es muy importante para poder desarrollar o implementar algoritmos de localización, incluso determinar la velocidad del objeto, la dirección o discriminar tags que hayan podido ser leídos en espacios adyacentes como puertas de muelles para carga y descarga, cintas transportadoras o sistemas de pago. Además de la localización, gracias al material piezoeléctrico y a la diferencia de fase entre la señal de envío y de llegada, se puede medir la temperatura del tag.
- Mayores distancias de lectura que tags con chip a 2,45 GHz.
- Es muy robusto gracias a su simple diseño.
- No se dañan con la radiación de rayos X y gamma.
- El protocolo anticolidión se realiza en el lector, no es necesario implementarlo en el tag.
- Menor interferencia entre los lectores.

➤ **Desventajas**

- Codificación de la información en su fabricación.
- No se pueden codificar más de una vez, son sólo lectura.
- Límite actual de 256 bits como máxima capacidad.
- No se han probado totalmente en términos de seguridad, aunque la naturaleza del tag lo hace difícil de copiar.
- Actualmente aún no es un estándar, aunque está en proceso de ISO.

- Su precio es más elevado que los tags con chips cuando la cantidad solicitada es limitada, pero más económicos que los activos.

En la tabla, se comparan algunas de las principales características entre los tags SAW, tags con chip para UHF y tags con chip para HF.

Característica	Tag SAW	Tag con chip (UHF)	Tag con chip (HF)
Distancia de lectura	< 30 metros	< 8 metros	< 1,5 metros
Única frecuencia a nivel mundial	Sí	No	Sí
Programación de tag	Fábrica	Bajo demanda	Bajo demanda
Tamaño del tag típico	0,3 x 3 cm.	1 x 10 cm.	Múltiples tamaños
Capacidad de lectura/escritura	No	Sí	Sí
Líquidos y metales	Sí	No	Sí
Capacidad de leer tags de cajas interiores del palet	Sí	No	No
Propiedad intelectual	RF SAW	Más de 15 empresas	No importantes
Estándar Internacional	En proceso ISO	Sí	Sí

Tabla 2. Comparación de tags SAW, Tag con chip (UHF) y Tag con chip (HF)

3. Aplicaciones.

RFID es una tecnología versátil capaz de ser usada por empresas de diferentes sectores de la economía y hasta por el gobierno. Los requerimientos de las cadenas de suministros, quienes han sido pioneras en la implementación de RFID han aumentado el perfil mostrando lo exitoso de RFID y como puede ser usado en diferentes contextos. Si miramos atrás en el tiempo, nos damos cuenta que RFID no es una tecnología reciente. RFID fue inventado en 1948, utilizado y

desarrollado en la segunda guerra mundial. Entre 1950 y 1960 se realizan las primeras exploraciones de RFID, que incluían pruebas de laboratorio. En la década siguiente, entre 1960 y 1970 se desarrolla la teoría de RFID y se realizan pruebas de campo. En la década de los 70 se dio el desarrollo total de RFID y las primeras implementaciones. En la siguiente década, en los 80 se dan las primeras implementaciones a nivel comercial y en la década de los 90 surge la necesidad de una estandarización, debido al uso que se le daba a nivel mundial, es cuando RFID se convierte en parte de nuestra vida diaria, aunque su llegada haya sido silenciosa.

El siglo XXI ha sido la prueba del desarrollo de RFID. Desde empresas hasta agencias del gobierno anuncian nuevos usos semanalmente. La lista de los usuarios de RFID es larga, entre ellos tenemos:

- Cadenas de suministros, desde los más grandes hasta los más pequeños utilizan RFID para el inventario y administración de productos. Entre ellos se encuentran: Wal-Mart, DoD, Target, Tesco, Metro Group, usuarios actualmente de RFID.
- Etiquetado de productos de consumo. Entre ellos están: Tesco's etiquetado de DVD's y Prada prendas de vestir.
- Sistemas de pagos de peajes.
- Tarjetas inteligentes o smart cards; utilizadas en los sistemas de transporte como en el metro de Washington y el metro de Londres.
- Los sistemas de pago sin contacto, como por ejemplo las tarjetas de crédito como la Mastercard Paypass y American's Express ExpressPay.

- Los contenedores de carga marítima.
- Sistemas de arranque de automóviles sin llaves.
- Deportes, por ejemplo para etiquetar los corredores de maratones. RFID también es utilizado por los golfistas; incrustan un tag en el centro de las pelotas de golf con el fin de facilitar la búsqueda después de un golpe.
- Tiquetes, por ejemplo en las entradas de los mas grandes acontecimientos deportivos como el Tennis Master Cup 2005.
- Control de acceso, con el fin de administrar los accesos a campus, edificios, habitaciones, etc.
- Etiquetado de mascotas, los tags RFID se insertan debajo de la piel del animal y contienen información de su dueño.
- Etiquetado de flora y fauna, en especial el ganado con el fin de garantizar el suministro de alimentos y controlar enfermedades.
- Etiquetado de personas, son utilizadas principalmente para fines médicos y de seguridad, por ejemplo para asegurar el secuestro de niños en los hospitales.
- Rastreo de equipaje, en especial en aeropuertos en todo el mundo.
- Pasaportes y control de abordajes. Implementados en US, Japón, Holanda, Noruega, Pakistán, Malasia.
- Bibliotecas. Se utiliza actualmente en la biblioteca del Vaticano, biblioteca de Berkeley y en la universidad de Connecticut.
- Administración de archivos. Por ejemplo son utilizados en las oficinas de leyes para el seguimiento de archivos.

- En el área farmacéutica con el fin de evitar la falsificación de drogas.
- Mantenimiento de aeronaves. El último avión Airbus A380 tiene una etiqueta en cada uno de los componentes del avión. Estos fueron destinados a la ayuda en el mantenimiento, pero las compañías aéreas están buscando maneras de ampliar esta solicitud para que en todas las aeronaves agreguen a su sistema un tag RFID.

3.1 Inventariado

Es la principal aplicación que se le está dando a RFID en la actualidad. Consiste en asignar un tag a los artículos, reemplazando el actual código de barras. Tener información adicional de los objetos ofrece numerosos beneficios, tanto para el control de almacenamiento, como en la gestión de distribución y abastecimiento.

Las escalas de utilización pueden ser muy diferentes. En supermercados el nivel de implantación de las etiquetas RFID sería a una escala de cada producto, sin embargo en grandes distribuidores se hace un uso a escala de pacas y, subiendo de nivel, se utiliza también a escala de vagones o contenedores en puertos y estaciones de trenes. En este caso se trata de una tecnología razonablemente implantada en grandes centros de distribución. Obviamente, las empresas no invertirían en nuevas tecnologías sin obtener resultados positivos, y los resultados obtenidos por las grandes cadenas de suministros al implementar RFID se pueden observar en un ahorro que ronda entre el 10 y 16%. La combinación de posibilidades en la aplicación de esta tecnología es inmensa. En los grandes centros comerciales, una vez implantado el control de almacenamiento, es posible ofrecer servicios agregados. La elaboración de la cuenta de la compra de un

cliente puede realizarse en pocos segundos gracias a las etiquetas RFID de los productos. En el cobro se presentan varias alternativas, todas ellas disminuyendo enormemente el tiempo de espera de los clientes y reduciendo costos humanos para el empresario.

Los beneficios concretos del uso de RFID en el inventariado son:

- Serial de datos: Cada objeto tiene un número de identificación único.
- Reducción de la intervención humana: Se eliminan tareas de obtención de datos de los objetos así como de lectura de códigos de barras. Influye en la reducción de costos y de errores en el proceso.
- Tiempo de lectura: Se reduce el tiempo al poder realizarse varias lecturas simultáneas. RFID en contraste con el código de barra, permite una lectura de hasta 40 objetos al tiempo (aunque depende del tipo de tecnología utilizada); sin la necesidad de que cada objeto tenga que pasar por un lector individualmente.
- Tiempo de actualización de datos: igualmente se reduce al poder actualizar datos de las etiquetas RFID conforme se van leyendo.
- Incremento de la seguridad: Se consigue un mayor control de cada uno de los objetos almacenados.

3.2 Rastreo de equipajes.

Otra aplicación emergente de RFID que se está consolidando es el etiquetado de equipajes de vuelos. Un caso particular es la aerolínea británica British Airways, la cual desde 1999 identifica el equipaje de las líneas regulares de Manchester y Munich a Londres con tecnología RFID. Los tags proporcionan un código de

identificación única para cada maleta y se utiliza para dirigir el equipaje de manera más rápida y eficiente ya que se disminuyen los riesgos de error y eliminando gran parte de riesgo de pérdidas. Además, la posibilidad de actualización automática de la información de las etiquetas permite una mejor gestión ante cambios de última hora en los vuelos.

Actualmente, Research and Markets, empresa especializada en estudios de mercado, ha anunciado su nuevo estudio que analiza la introducción de RFID para los aeropuertos y las aerolíneas a partir del 2007. RFID es una tecnología con un gran potencial, ya que sirve para mejorar la seguridad contra ataques criminales, peligros en general, eficiencias, prevención de errores y captura de datos, además de acabar con tareas monótonas y aburridas.

3.3 Seguridad

El control de acceso es una de las preocupaciones tradicionales en cualquier empresa u organización. La tecnología RFID puede, sino remplazar los sistemas actuales, si complementarlos. Ya se comercializan sistemas de seguridad de acceso basados en tarjetas RFID. Normalmente obligan a introducir además un código secreto para evitar que la tarjeta sea usada por una persona incorrecta. Los beneficios son, a parte de una reducción de costos en algunos casos, la versatilidad de las tarjetas para añadir o disminuir permisos de acceso o para adaptarse a situaciones poco habituales, como visitas o accesos puntuales. La figura 21, muestra una tarjeta de crédito diseñada con una antena y un chip RFID. En algunos casos esta tarjeta puede ser utilizada para control de acceso.



Figura 21. Tarjeta de crédito con antena y chip RFID.

En los automóviles se usan también transpondedores por radiofrecuencia para acceder a los vehículos. El identificador único del tag (normalmente integrado en la llave del vehículo) es el que permite que el motor se ponga en funcionamiento. Si se produce cualquier intento sin la presencia del tag con el Id correcto, el vehículo queda inmovilizado.

3.4 Otras aplicaciones

3.4.1 Información en estaciones de autobuses:

Se trata de una experiencia piloto puesta en marcha en Brasil; la idea es brindarle al usuario información completa y detallada de llegadas y salidas de autobuses en tiempo real y de forma totalmente automática. Para esto se utilizan displays con el fin de informar a los pasajeros en la estación, cada plataforma dispone de una antena y cada uno de los autobuses de un tag RFID. Funciona de una manera sencilla; el tag RFID contiene información del autobús como el número, lugar de

destino, etc., esta información debe estar sujeta a cambio en caso de que se necesite que un autobús cubra una ruta diferente, por lo tanto, los tags deben tener la característica write many, para poder escribir datos las veces que sean necesarias. Las antenas detectan un tag en el área de cobertura, el lector captura la información almacenada en el tag y a través de un sistema complementario a RFID, anuncia la llegada del bus y proyecta en el display información de este como el número, ruta y hora de salida. Con esto, se consigue mayor versatilidad y capacidad de reacción a cambios sin que los usuarios se vean afectados.

3.4.2 Descongestión del tráfico

Un ejemplo específico es el caso de Edimburgo, en donde para ayudar a la descongestión del tráfico favoreciendo la prioridad del transporte público, se ha instalado en las cercanías de cada semáforo (bajo el suelo) una antena de radiofrecuencia que detecta cuando se aproxima un autobús, o un vehículo prioritario como ambulancias, coches de policía y bomberos. Los semáforos facilitan el paso a estos vehículos, favoreciendo el uso de transporte público y el descongestionamiento del tráfico.

3.4.3 Ubicación de personas.

Un caso específico de esta aplicación, se encuentra en el parque Legoland en Dinamarca. El parque ha instalado una infraestructura que combina RFID mas Wi-Fi, con el fin de localizar a los niños que van a disfrutar del parque. La técnica consiste en colocarle al niño un brazalete que emite en 2.4GHz, lo que permite la localización a través de una triangulación. Legoland eligió esta tecnología para su

parque. Luego de haber examinado y descartado el uso de otros sistemas más tradicionales de RFID, debido a la alta inversión necesaria en este tipo de sistemas. Los tags activos utilizados en el parque, utilizan tecnología inalámbrica 802.11b, lo que permite que los tags puedan ser seguidos sobre áreas más grandes con un menor número de receptores, en comparación con los tradicionales sistemas de tags-activos RFID.

Compañías como Siemens y Motorola, aseguran que la combinación de RFID y Wi-Fi, pueden ayudar a la ubicación de personas y objetos dentro de un área de cobertura y que pueden llevar el control de la ubicación de personas durante emergencias como incendios, terremotos o inundaciones. Por su parte, Siemens ha desarrollado junto con la compañía finlandesa Ekahau, un sistema que utiliza tags activos que pueden ser rastreados por 3 puntos de acceso inalámbrico de forma simultánea y de esta manera triangular su ubicación.

3.4.4 Sistema de registro de vehículos.

El departamento de control de transporte en la isla de Bermuda, exigió el uso de tags RFID en automóviles y camiones, con el fin de controlar y reducir el número de vehículos operando sin licencia y los evasores de impuestos. Se ha estimado que la isla de Bermuda pierde alrededor de 11 millones de dólares cada 5 años por los evasores de impuesto vehicular. La idea es que todos los automóviles porten un tag de registro y los lectores RFID se ubiquen en las intersecciones principales de la isla. El lector RFID se combina con un sistema de detección de vehículos, para que, en el caso de que un carro llegue a una intersección y no se pueda realizar la lectura del tag, el sistema tomara una foto de las placas del automóvil, y utilizando un software óptico de reconocimiento de carácter, el

sistema leerá los números de las placas del vehículo y lo introducirá a una base de datos para que una citación sea expedida automáticamente. El mismo sistema se implementara para detectar vehículos comerciales que operen en áreas restringidas sin permiso durante las horas pico. La idea principal era colocar lectores en 20 intersecciones separadas alrededor de toda la isla, pero el departamento de transporte aprobó solamente la instalación de 4 puntos de control. También se decidió implementar un sistema basado en láser el cual no necesita ser instalado en el pavimento, con esto se evita el cierre de las vías cada vez que se quiera instalar un lector, entonces el lector RFID y el sistema de detección son montados a un lado de la vía. El lector y el tag utilizados para esta aplicación operan a una frecuencia de 915 MHz almacenando un único número de identificación y en complemento con el estándar ISO 1800-6B.

3.5 Aplicaciones de la tecnología SAW

3.5.1 Sector Automotriz

Los tags SAW pueden aportar mayor comportamiento y precisión en entornos de la cadena de producción del sector automotriz, sobretodo en el WIP (Work In Progress) para obtener mayor visibilidad de la producción. En este sector ya se están utilizando tecnologías RFID, sobretodo activas. Además, las características del tag permiten crear, conjuntamente con aplicaciones software, funcionalidades de localización muy demandadas por el sector de producción automotriz para gestionar la parte de almacenamiento. Es más útil utilizar tags tipo SAW debido a que funcionan con potencias muy bajas lo que permite unas mejores penetraciones en materiales líquidos y metálicos como se explico anteriormente.

3.5.2 Salud

En el sector de la salud existen múltiples aplicaciones donde la tecnología SAW puede aplicarse, entre ellas:

- Monitoreo de activos de alto valor.
- Control de equipamiento móvil.
- Control del proceso de esterilización de los instrumentos.
- Gestión de contenedores de medicinas y provisiones.
- Contenedores de pruebas médicas o de laboratorio.

Un claro ejemplo sería el control de las sillas de ruedas, un activo demasiado caro y a veces con poco control y gestión de su uso, provocando pérdidas o robo del material.

Además, el hecho de controlar la silla de ruedas puede proporcionar la identificación del paciente, la monitorización de su localización y sus movimientos.

Otra aplicación muy importante se basaría en la gestión de la instrumentación médica, pero sobretodo para el control de procesos de esterilización. Los tags actuales con chips no pueden soportar los rayos gamma que se utilizan para estos procesos, en cambio en un tag SAW no se altera ninguna característica, incluso puede retransmitir su información en el momento de esterilización porque no varía su señal RF.

Otro tipo de aplicación de RFID en los hospitales, es la implementación de brazaletes RFID; los cuales son entregados a los pacientes y en ellos se almacena información como la habitación en la que se encuentran, el tipo de medicamento recetado, los equipos que tiene a su uso, etc. Los brazaletes RFID han acabado

con una serie de protocolos en los hospitales, de hecho, los doctores, utilizan palms con las cuales pueden acceder a la información almacenada en los brazaletes, a través de una red WI-FI.

3.5.3 Trazabilidad animal

Todas las actividades del campo en los países desarrollados como: Estados Unidos, Reino Unido, Europa y Australia, se están convirtiendo en actividades sistematizadas. En el mundo de la ganadería, el etiquetado RFID es una práctica bien establecida en el seguimiento de los rebaños, tanto que, beefstockerUSA.org lista más de 30 vendedores de software y hardware, para los sistemas de identificación de los ganados. Una de las principales ventajas de utilizar tecnología SAW para la trazabilidad animal es que los tags pueden ser leídos desde cualquier ángulo aunque no estén expuestos a una línea directa de visibilidad. Además la antena es muy pequeña proporcionando la posibilidad de proteger el tag de manera más eficaz. Las diferentes características que posee la tecnología y son útiles en la aplicación son:

- Baja potencia de emisión de los lectores
- Distancia de lectura elevada
- Identificación automática y localización
- Lectura múltiple de tags
- Pequeño tamaño compatible con los elementos actuales para identificar a los animales.

A pesar de ser una práctica establecida, existen diferentes problemas que limitan el uso de RFID en la ganadería, uno de ellos es que no existen software

especialmente diseñado para la industria ganadera y el más importante es que la implementación de RFID es aun costosa para los ganaderos pequeños.

3.5.4 Transporte

La tecnología SAW puede permitir al sector transporte identificar de manera única sus paquetes o mercancías transportadas, añadiendo un elevado valor si la mercancía es perecedera ya que podría añadir un control de temperatura sin batería en el mismo tag. Esta aplicación podría garantizar a las empresas de transporte y sus contratantes, saber el estado de sus envíos y ver en que condiciones llegan a su destino. Una prueba fue realizada con productos Pantene, la prueba consistió en etiquetar las cajas interiores de un bloque y completarlo con cajas no etiquetadas, con el fin de comprobar la capacidad de lectura en los lugares de menos probabilidad. Las diferentes pruebas realizadas fueron exitosas debido a que se obtuvo el 100% de lectura gracias a la combinación de antenas, como se muestra en la figura 22.



Figura 22. Arreglo de antenas

Estas pruebas añaden un gran valor a la lectura de bloques, tales como:

- Eliminar las operaciones de agregar o eliminar cajas.
- Proporcionar una información rápida y fiable
- Verificar los envíos.

También se han realizado diferentes pruebas de lectura en entorno metálicos y obstruyendo los tags con diferentes tipos de bolsas que contienen líquidos. Por ejemplo, bolsas con fango, sopa, vegetales o hielo. En todos los casos el tag ha podido ser identificado sin ningún tipo de problema.¹⁰

3.5.5 Alimentación

En la alimentación hay diversas aplicaciones que podrían realizarse mediante sistemas SAW, aunque no sean las únicas:

- Identificación animal a elevada distancia
- Identificación de productos con un alto contenido de agua
- Trazabilidad desde la granja a la distribución
- Monitorización de la temperatura durante el transporte

En el sector alimentación, y sobretodo en el hortofrutícola, es muy interesante la aplicación para el seguimiento y trazabilidad de los activos reutilizables que transportan las mercancías. La aplicación de un tag SAW en las bandejas o cajas permitiría obtener el control de todo lo que se está moviendo y gracias a su capacidad de medir la temperatura, saber en cada momento en que condiciones se encuentra el producto. Sobretodo si ha ocurrido cualquier incidencia en su transporte.

¹⁰ RFIDmagazine.com. Tecnología SAW (Surface Acoustic Wave). 2006

3.6 Tele-peaje

El Tele-peaje es un sistema utilizado para cancelar el valor de un peaje sin necesidad de realizar una transacción física, sino que mediante tecnologías como RFID se puede realizar la transferencia de manera automática. Las autopistas de peaje son una muestra del potencial de esta tecnología, ya que solo con el hecho de colocar un pequeño dispositivo emisor dentro del vehículo no es necesario parar para pagar el valor del peaje, sino que, al pasar por él, el sistema nos identificará y realizará la transacción automáticamente, lo que permite una considerable reducción de colas y tiempos de espera, optimizando el sistema de cobro de peajes. La tecnología también es conocida como cobro electrónico de peajes o ETC. Noruega ha sido el pionero a nivel mundial en el uso generalizado de esta tecnología. El primer uso exitoso de ETC fue en la ciudad de Bergen, en 1986, cuando entró en operación como complemento al cobro tradicional con cabinas de cobro de peaje. En 1991, Trondheim introdujo por primera vez a nivel mundial el cobro a velocidad normal de operación, sin usar cobro manual. Hoy Noruega tiene 25 carreteras con peaje operando al 100% con ETC. Estados Unidos es el otro país que cuenta con un uso amplio de tele peajes, pero como complemento al cobro manual en casetas de peaje. En Colombia, Concesión vial de Cartagena es la concesión pionera en la implementación de esta tecnología, la cual es utilizada por otros países de América como México, Brasil, Argentina, Chile, Puerto Rico, etc. Otro tipo de cobro, se puede realizar con las tarjetas de crédito mostradas en la sección 3.3, ellas actuarían como tag y el costo del peaje se carga a la cuenta del titular.

Conociendo la infraestructura necesaria para la implementación de un sistema RFID, sabemos que para el funcionamiento del tele peaje se necesita un lector RFID con sus respectivas antenas, un tag y un sistema de procesamiento de datos. Todo esto complementado con los sistemas de sensores, señalización, semaforización y control de talanquera que todo peaje requiere. A continuación se presenta una breve descripción de las características de cada uno de los componentes del tele peaje.

➤ **TAG**

El tag que se va a utilizar en esta aplicación es un tag pasivo de 1024 bits de memoria con capacidad de lectura y escritura, configurado en modo ID Only, esto debido a que en el tag se almacenara toda la información necesaria del usuario como nombre, documento de identificación, dirección, teléfonos, etc. Entonces por cuestiones de seguridad, solo se permitirá la transmisión del código de identificación del tag; el cual es suficiente para relacionar el tag con el usuario. El tag debe ser adherido al parabrisa del automóvil.

➤ **Lector EGO 2210**

El lector EGO 2210, es un lector utilizado en aplicaciones de alta velocidad, (es decir es capaz de leer un tag a varios Km/h. Para esta aplicación la velocidad máxima de lectura establecida es de 30 Km/h), tiene una frecuencia de trabajo de 902 a 904 Mhz, la técnica de acoplamiento empleada es Backscatter, polarización horizontal, tiene un alcance desde 0.9 a 9 metros de distancia,

utiliza antenas externas de alta ganancia y contiene un atenuador electrónico de 10 dB. La figura 23, muestra lector EGO 2210 y una antena AA3152.

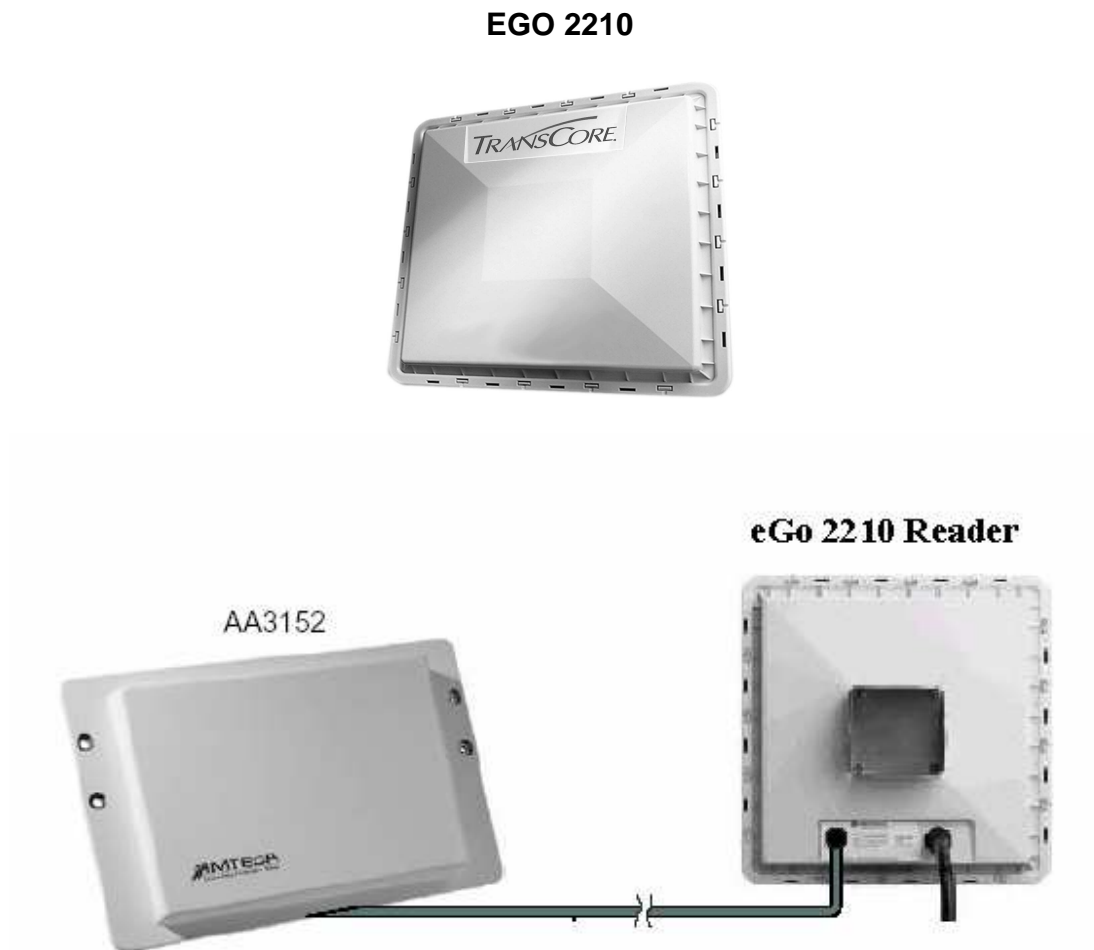


Figura 23. Lector EGO 2210. Antena AA3152.

➤ **Sistema de procesamiento de datos**

El sistema de procesamiento de datos del tele peaje consiste en: un PC de vía, un servidor de estación y un servidor general.

El PC de vía o de carril, es el encargado de gestionar y administrar todas las operaciones necesarias para el cruce del peaje tales como: transacciones,

control de la talanquera, señales de cruces y flecha, semáforos, sensores y display. El PC de vía va acompañado de un sistema de control como complemento para realizar todas estas operaciones. Aparte de todo el sistema de control, cuenta con una base de datos que contiene información de todos los tags que se encuentran habilitados para el acceso al peaje. Además de esto, almacena la información de cada una de las transacciones realizadas, es decir el número y tipo de vehículos que pasaron por el peaje.

El sistema de tele peaje, tiene una característica muy importante y es que permite la utilización de forma manual en caso de un fallo del sistema. En este caso, se necesita de una persona autorizada para que realice el cobro manual del peaje; de esta forma además de almacenar la información anteriormente descrita, también almacena el recaudo realizado en un turno de trabajo.



Figura 24. CPU del controlador de vía.

El servidor de estación, es el encargado de la administración de la información obtenida de cada uno de los PC de vías. Aquí se realizan las revisiones y se

supervisan las transacciones de cada carril, en tiempo real. Tiene comunicación directa con ellos y con el servidor central de tal manera que la actualización de información sea constante y se pueda tener acceso desde cualquier lugar.

El servidor general, es el encargado de almacenar la información de cada una de las estaciones luego de la debida supervisión. También se realiza la inscripción de los tags que van a ser utilizados en la vía con los respectivos datos del usuario. La inscripción de tag se puede realizar desde un servidor de estación, pero es más eficiente realizarlo a través del servidor central debido a la comunicación que este tiene con cada una de las estaciones (en el caso de Concesión vial de Cartagena hay 5 estaciones de peaje), y se realice la difusión de la información en un solo sentido y el tag quede habilitado en el menor tiempo posible. La ventaja del servidor general es la interfaz Web que posee, de esta manera se puede acceder a él desde cualquier lugar del mundo con la debida autorización y por lo tanto es posible también el acceso a los servidores de estación.

La idea es que con esta tecnología, en un futuro los peajes en Colombia sean como se muestra en la figura 25, así como lo son en varios lugares del mundo.



Figura 25. Peaje RFID.

4. RFID y otras tecnologías

La tecnología que durante mucho tiempo se ha utilizado para identificación de objetos ha sido el código de barra. El código de barras consiste en un conjunto de líneas paralelas verticales de distinto grosor y espaciado que en su conjunto contienen una determinada información; su finalidad es reconocer rápidamente un artículo y poder realizar inventario o consultar sus características asociadas. Entre las primeras ventajas que marcaba la implantación del código de barras se encontraba la necesidad de agilizar la lectura de los artículos en las cajas y la de evitar errores de digitación. Además de esto, el código de barra ofrecía otras ventajas como:

- Agilidad en etiquetar precios pues no es necesario hacerlo sobre el artículo sino simplemente en el lineal.
- Rápido control del almacenamiento de mercancías.

- Estadísticas comerciales. El código de barras permite conocer las referencias vendidas en cada momento pudiendo extraer conclusiones de mercadeo.
- El consumidor obtiene una relación de artículos en el ticket de compra lo que permite su comprobación y eventual reclamación.

Hasta el momento, el código de barras ha sido la solución para la identificación de artículos a nivel mundial. Sin embargo, desde la aparición de RFID, el código de barra aunque sigue siendo utilizado, es una tecnología que ha quedado corta en comparación con las ventajas que ofrece RFID. En la tabla 3, se muestra una comparación entre ambas tecnologías.¹¹

RFID	Código de barras
Legible sin visibilidad directa	La lectura requiere línea de visión directa
Permite leer múltiples etiquetas de manera simultanea	Requiere lectura secuencial casi siempre con intervención humana
Tiene un código único, fijado en fabrica o escrito a distancia	El código suele ser el mismo en todas las etiquetas. Los códigos secuenciales suelen ser numéricos
Identifican cada producto de forma individual	Identifican cada tipo de producto. En ocasiones identifican cajas o envases individualmente
Pueden contener información sobre el producto	Solo pueden contener un código y en algunos casos un precio y una cantidad
Resistentes a la humedad y Temperatura	Se degradan en ambiente húmedos y altas temperaturas

Tabla 3. Comparación entre RFID y el código de barra.

¹¹ Information Highway Group. www.ihg.net/java/X?cgi=lateral.rfid.VentajaVsBarras.pattern. 2004

También es posible estudiar RFID en comparación con otras tecnologías desde otro punto de vista muy distinto. Por ejemplo, la Tabla 4, muestra la comparación entre RFID, Bluetooth y Wi-Fi, donde se puede tratar RFID como una de las tecnologías de comunicación entre sistemas computacionales.

Tecnología	Transmisión	Equipos	Comunicación	Velocidad
Bluetooth	Voz y datos como en IP en forma de paquetes	Interconecta hasta 8 periféricos	Sincronos, asíncronos y conexión bidireccional	Sincrono a 432 Kbps. Asíncrono 721 Kbps. en un sentido y 57.6 Kbps en el otro
Wi-Fi	Voz y datos	Aquellos que cuentan con la configuración	IEEE 802.11	11 Mbps. para IEEE 802.11b y 54 Mbps. para IEEE 802.11g
RFID	Datos (Código EPC)	Etiqueta RFID adherida a algún producto. Activas y Pasivas	Utiliza Tag RFID, Lector Tag y Base de Datos	-----

Tecnología	Encriptación	Utilización	Distancias	Red
Bluetooth	-----	Señales de radio frecuencia	10 metros	Inalámbrica
Wi-Fi	WEP y WPA	Señales de radio	30 metros	802.11
RFID	El EPC es enviado al Lector Tag a 13.56 Mhz	Ondas de Radio	Etiquetas pasivas 10 mm a 6 m. Etiquetas activas varios km	Transmisión por campos electromagnéticos

Tabla 4. Comparación entre tecnologías de comunicación entre sistemas computacionales.

La Tabla 5, presenta una comparación desde otro enfoque diferente; se trata de distintas alternativas de identificación de objetos: Códigos de barras, memorias de contacto y los dos tipos principales de sistemas de identificación por radio frecuencia (activos y pasivos).

	Código de Barras	Memorias de contacto	RFID Pasivo	RFID Activo
Modificación de datos	No Modificable	Modificable	Modificable	Modificable
Seguridad de Datos	Seguridad mínima	Altamente seguro	Rango de baja a alta seguridad	Alta Seguridad
Almacenamiento	7200 dígitos	De 8Mb en adelante	Alrededor de 64 KBytes	Alrededor de 8 Mb
Coste	Bajo	Alto (más de 1 \$ por etiqueta)	Medio (Unos 0.25 \$ por tag)	Muy alto (más de 10 \$ por tag)
Estándares	Estable e implantado	Propietario, sin estándar	Con estándares en fase de implantación	Propietario y estándares abiertos
Tiempo de vida	Bajo por deterioro	Largo	Indefinido	3-5 años de vida de batería.
Distancia de lectura	Pocos centímetros	Contacto necesario	Del orden de 1 metro	Del orden de 100 metros
Interfaz	Lectura óptica directa	Contacto	Sin barreras aunque puede haber interferencias	Sin barreras aunque puede haber interferencias

Tabla 5. Comparación entre distintas alternativas de identificación de objetos.

5. CONCLUSIONES

En el pasado la identificación de un objeto era una labor que requería esencialmente la participación humana y era un trabajo de mucho tiempo, además existían muchas falencias donde muchas veces no se detectaban la totalidad de los objetos, haciendo el sistema deficiente. Respecto a seguridad, estas falencias, significaban pérdidas materiales y en algunos casos pérdidas humanas. Debido a estas deficiencias en el sistema surge la necesidad de encontrar soluciones que reduzcan el tiempo de detección acompañado de exactitud. RFID surge como un producto multisolución, capaz de realizar estas tareas instantáneamente, ofreciendo versatilidad y convergencia con las redes actuales.

Luego de estudiar su funcionamiento y operabilidad, podemos decir que RFID se ajusta perfectamente como una tecnología de auto identificación capaz de brindar información rápida, segura y en tiempo real de cualquier artículo etiquetado, ofreciendo ventajas superiores a las ofrecidas por cualquier tecnología utilizada anteriormente para la identificación de objetos. El hecho de tener la capacidad de complementarse con otros sistemas y ser compatible con la mayoría de tecnologías existentes como lo es la telefonía móvil, Wi-Fi, bluetooth, GPS, etc., y sobretodo la convergencia con la red mundial (Internet), utilizando su estructura y el servicio que ofrece el DNS para la localización y rastreo de datos con el fin de monitorear y tener un control de productos y servicios a nivel mundial, la hace capaz de lograr soluciones y abarcar grandes áreas de aplicación como son: medicina, ingeniería, seguridad, comercio, genética, procesos industriales,

transporte, peajes, rastreo de equipajes, etc. Y su disponibilidad para tecnologías futuras.

A pesar de todas las ventajas y beneficios que ofrece RFID, no es una alternativa al código de barra (tecnología utilizada hasta el momento para la identificación de objetos), sino un nuevo sistema para el transporte de información a un costo mas elevado, lo cual es uno de los principales problemas que presenta RFID para su implementación a nivel mundial; por lo tanto RFID y el código de barras coexistirán durante mucho tiempo a pesar de todas las ventajas que ofrece RFID sobre el código de barra. Sin embargo, se espera que dentro de algunos años, RFID evolucione y llegue a reemplazar los métodos tradicionales para identificar a una persona como lo son las claves personales, poder realizar controles de acceso instantáneamente, como por ejemplo, abordar un avión sin necesidad de un ticket, o retirar dinero de un banco con solo acercarse al cajero y decir la cifra que se desee, o tener control de una población que en caso de robo se pueda saber que persona estuvo en ese lugar. Aunque todo esto es posible con RFID, se han formado grupos de opositores, que no están de acuerdo con la tecnología y se han encargado de generar polémica, porque muchos piensan que RFID viola los derechos a la libertad y hará que todos se sientan perseguidos y observados.

A pesar de todas las contradicciones y opositores que RFID tenga, no se puede negar que es una tecnología que optimiza procesos y brinda una comodidad a empresas y a personas naturales y desde cualquier punto de vista es la solución a miles de problemas.

BIBLIOGRAFIA

- Patrick J. Sweeney II. RFID for Dummies. Indianapolis, Indiana. Wiley Publishing, Inc 2005.

- Frank Thornton, et al. RFID Security. Canada. Syngress Publishing, Inc 2006.

- Himanshu Bhatt, Bill Glover. RFID Essentials. United States of America. O'Reilly 2006

- RFIDmagazine.com. Conozcamos el tag RFID. 2006.

- Dr. Jeremy Landt. Shrouds of Time The history of RFID. Pittsburgh, USA. AIM Inc. 2001.

-RFID Journal. Bermuda's RFID Vehicle Registration System. 2007.

-Roger Smith. RFID: A Brief Technology Analysis. Copyright 2004.

- Rafael Pous Andrés, La tecnología RFID jornada CIDEM Innovar para progresar: Innovación en producción y logística. 2004

- Ramón Hervás Lucas. TECNOLOGÍA y APLICACIONES de RFID. 2005

- ITAA. Radio Frequency Identification RFID...Coming of Age. 2004

- Benjamin Fabian and Sarah Spiekermann. Security Analysis of the Object Name Service (ONS) for RFID. Institute of Information Systems Humboldt-University Berlin.

- Michael Mealling. Auto-ID Object Name Service (ONS) 1.0. 2003

- Catalá Mallofré, Andréu. Sistema de agentes portables incrustados para entornos naturales seguros. Madrid, 2007.

- Object Name Service (ONS) 1.0. EPCglobal Ratified Specification Version of October 4, 2005.

- Agrupación española del género de punto. Potencial de la tecnología RFID en la gestión logística textil.

- Melanie R. Rieback, Georgi N. Gaydadjiev. A Platform for RFID Security and Privacy Administration. Department of Computer Science Vrije Universiteit, Amsterdam. 2006