

UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS

FACULTAD 3



Título: Modelación del subsistema de procesamiento digital de señales de un lector para la Identificación por Radiofrecuencia definida por software.

Trabajo de Diploma para optar por el título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas

Autor: Yosvany Gómez Perdomo.

Tutor: Ing. Wilfredo Calzadilla Aguiar.

Ciudad de La Habana, junio de 2011

“Año 53 de la Revolución”



El pueblo más feliz es el que tenga mejor educados a sus hijos en la instrucción del pensamiento y en la dirección de los sentimientos. Un pueblo instruido ama el trabajo y sabe sacar provecho de él. Un pueblo virtuoso vivirá más feliz y más rico que otro lleno de vicios, y se defenderá mejor de todo ataque.

José Martí.

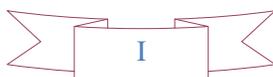
Declaración de autoría

Declaro que soy el único autor de este trabajo y autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Yosvany Gómez Perdomo

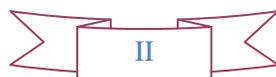
Wilfredo Calzadilla Aguiar



Datos de contacto

Ing. Wilfredo Calzadilla Aguiar: Graduado en Telecomunicaciones y Electrónica en el 2007. Profesor de la Facultad # 3. Ha impartido las asignaturas de Teleinformática I y II. Se desempeña como jefe del departamento de Sistemas Digitales.

Correo electrónico: wilfredoc@uci.cu



Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a mis padres por quererme y darme todo lo que tuvieron a su alcance, a quienes no solo agradezco sus consejos y el apoyo constante, sino además, el privilegio de ser su hijo.

A mis hermanos por estar siempre ahí para mí, por preocuparse constantemente y darme aliento cada vez que lo necesitaba.

A mis abuelos que aunque algunos no estén ya, se que estarán orgullosos de su nieto.

A mis amigos de la UCI: Yeleny, Dasieli, Yeliem, Yadier, Yanila, Gretel, Yoanna, Aliesky, Yasiel, Manuel, Karine, Yubisel, Aibett, Raiko, Arianne, Inna, Yennis, Lobo y Yonelby que han estado conmigo a lo largo de estos 5 años y han hecho placentera e inolvidable mi estancia en la universidad. Han compartido buenos y malos momentos conmigo demostrándome su amistad. Los llevare siempre en mi corazón.

A mi tutor Wilfredo Calzadilla por su apoyo y dedicación y a los profesores que ayudaron en mi formación profesional.

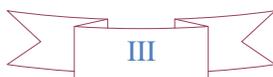
A la Revolución y a nuestro Comandante en Jefe Fidel Castro por brindarme la privilegio de estudiar en esta gran escuela.

A esas personas que no mencione pero que fueron parte de este largo camino, convirtiendo los sueños en realidades.

A todos aquellos que me ayudaron en la realización de este trabajo de diploma y a los que de una forma u otra dejaron en mí una huella.

A todos Muchas Gracias.

Yosvany



Dedicatoria

A mis padres, Osvaldo y Susana por ser lo más grande que tengo en la vida y por sacrificarse tanto por mí y apoyarme en todo.

A mis hermanos Eddy y Alexander que los quiero con la vida, y que siempre han estado al pendiente de mí y que me han demostrado que harían cualquier cosa por mí.

A mis abuelos Migdalia y Jesús y a la memoria de mi abuelo Rafael (Felo) y en especial de mi abuela Georgina (Gina).

A mis amigos de la escuela que siempre estuvieron allí cuando de verdad los necesitaba.

Son lo más grande que tengo, a ustedes les dedico uno de los momentos más importantes de mi vida.

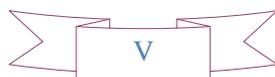
El empleo de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones en las empresas es sinónimo de optimización de recursos y procesos. En esta línea se encuentran las tecnologías de auto-identificación, que con una adecuada elección dan un valor añadido a las actividades de la empresa en términos del control de los activos y la productividad.

La tecnología de Identificación por Radiofrecuencia (RFID) está empujando con fuerza y ha empezado a desplazar al código de barras. El sistema emergente permite identificar objetos a distancia mediante etiquetas electrónicas, ofreciendo múltiples ventajas y supone una solución a muchos problemas que, hasta ahora, no están resueltos.

La intencionalidad del presente trabajo es mostrar una visión general acerca de la tecnología RFID, así como una descripción detallada del funcionamiento y sus componentes, resaltando las ventajas y desventajas que trae consigo su utilización. También se da a conocer la amplia gama de aplicaciones de dicha tecnología, las frecuencias utilizadas para su funcionamiento y los estándares que rigen el desarrollo de la misma.

Además se analizan los elementos que componen cada una de las etapas de hardware necesario para implementar sistemas de Radio Definido por Software (SDR), así como el hardware y los componentes necesarios para la utilización de un lector RFID definido por software. Por último se especifica la utilización de la tecnología SDR para la conformación de un lector definido por software; así como los procesos de transmisión y recepción del bloque de procesamiento de las señales digitales.

Palabras claves: Tecnologías de auto-identificación, RFID, SDR, proceso, señales digitales.



INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
1.1 INTRODUCCIÓN.....	6
1.2 IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA (RFID).....	6
1.2.1 <i>Conceptos básicos de la tecnología RFID</i>	6
1.2.2 <i>Antecedentes de la tecnología RFID</i>	7
1.2.3 <i>Arquitectura de la tecnología RFID</i>	8
1.2.4 <i>Funcionamiento de RFID</i>	13
1.2.5 <i>Ventajas del uso de la tecnología RFID</i>	13
1.2.6 <i>Desventajas del uso de la tecnología RFID</i>	14
1.2.7 <i>Aplicaciones actuales de RFID</i>	14
1.3 RADIO DEFINIDO POR SOFTWARE (SDR).....	16
1.3.1 <i>Conceptos básicos de la tecnología SDR</i>	16
1.3.2 <i>Principio de funcionamiento de un Radio Definido por Software</i>	16
1.4 FACTIBILIDAD ECONÓMICA. ANÁLISIS DE PRECIOS.....	17
1.4.1 <i>Coste fijo</i>	18
1.4.2 <i>Coste variable</i>	20
1.5 LENGUAJES DE MODELADO.....	21
1.5.1 <i>Lenguaje Unificado de Modelado</i>	21
1.5.2 <i>Notación de Modelado de Procesos de Negocio (BPMN)</i>	22
1.6 HERRAMIENTAS CASE.....	22
1.6.1 <i>Visual Paradigm</i>	23
1.7 HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO.....	23
1.7.1 <i>Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS)</i>	23
1.8 CONCLUSIONES PARCIALES.....	24
CAPÍTULO 2: PROPUESTA DE SOLUCIÓN	25
2.1 INTRODUCCIÓN.....	25
2.2 FRECUENCIA DE OPERACIÓN ENTRE EL LECTOR Y LA ETIQUETA.....	25
2.3 ESTÁNDARES ISO.....	28
2.4 CÓDIGO ELECTRÓNICO DE PRODUCTO (EPC).....	30
2.4.1 <i>Tipos de datos que manejan de las etiquetas utilizando el estándar EPC</i>	31
2.4.2 <i>Mapa de memoria de las etiquetas</i>	32
2.5 COMUNICACIÓN ENTRE LECTOR Y LAS ETIQUETAS.....	36
2.5.1 <i>Comandos</i>	36
2.5.2 <i>Protocolos de anticolisión</i>	38
2.5.3 <i>Comunicación lógica entre el lector y la etiqueta</i>	42
2.6 MODOS DE COMUNICACIÓN.....	45
2.7 CODIFICACIÓN DE LA SEÑALES.....	45

Índice

2.7.1 Codificaciones PIE, FM0 y Miller.....	46
2.8 BLOQUES DE LECTOR RFID DEFINIDOS MEDIANTE LA TECNOLOGÍA SDR.....	49
2.8.1 Propuesta de la arquitectura del sistema de un lector RFID definido por software.	49
2.9 TARJETAS DE AUDIO	57
2.10 CONCLUSIONES PARCIALES	59
CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	60
3.1 INTRODUCCIÓN.....	60
3.2 MÉTODO DELPHI.	60
3.2.1 Selección de expertos.	61
3.2.2 Elaboración de la encuesta.	62
3.2.3 Cálculo de concordancia entre los expertos.	63
3.3 CONCLUSIONES PARCIALES.	66
CONCLUSIONES GENERALES	67
RECOMENDACIONES.....	68
BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXOS	72
□ ANEXO # 1: ENCUESTA PARA EVALUAR LA MODELACIÓN DEL SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES DE UN LECTOR PARA LA IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA DEFINIDA POR SOFTWARE.	72

Introducción

El desarrollo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones es uno de los elementos característicos de la sociedad actual, principalmente en los últimos 30 años, la cual ha estado matizada por el surgimiento y desarrollo de las redes y el internet, que ha revolucionado el desarrollo de las telecomunicaciones, gracias a la capacidad de transmitir y obtener la información de manera instantánea.

Esto ha traído consigo que la mayoría de la información se encuentre centralizada a través de diferentes infraestructuras que se utilizan en el desarrollo de la informática y las comunicaciones; por ejemplo: centros de desarrollo de software, centros de cómputos, locales para procesar la información de las redes y servicios de las empresas, entre otras.

Dada la importancia que implica actualmente la seguridad física para controlar los activos de una institución o empresa se han implementado, a través de diferentes tecnologías de auto-identificación, sistemas que responden a las necesidades de los clientes. Entre los principales sistemas automáticos de identificación (Auto-ID) a nivel mundial se pueden encontrar los siguientes: sistemas de Identificación por Radiofrecuencia, de Código de Barra, de Tarjetas Inteligentes, de Reconocimiento Óptico de Caracteres y Biométricos. (Vásquez, 2009)

La tecnología de Código de Barra tiene una serie de limitaciones en cuanto al uso, ya que sólo puede identificar a un objeto al mismo tiempo, posee una baja capacidad de almacenamiento de datos, no puede ser reprogramado y necesita una visibilidad directa para su lectura, ya que si existiera un objeto entre el código de barras y el lector, o simplemente éste estuviera roto o sucio, provocarían que el objeto no se pueda identificar. (Vásquez, 2009)

En cuanto a la tecnología de Tarjetas Inteligentes; la desventaja radica en lo impráctico del contacto mecánico que implica el uso de esta tecnología. (Smart Card Alliance, 2004)

Los sistemas de Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR, por sus siglas en inglés) han fracasado en volverse aplicables universalmente por el precio elevado y lo complicado de sus lectores comparado con los demás métodos de auto-identificación. (Smart Card Alliance, 2004)

La principal desventaja de los sistemas Biométricos es lo costoso que suele ser la adquisición y el mantenimiento del hardware. (Vásquez, 2009)

Introducción

La Identificación por Radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés) es la tecnología que va a la punta y es la más usada en la identificación de activos. La desventaja radica en los precios de los lectores, que según datos obtenidos de la Comunidad Latinoamericana de RFID y la empresa europea BlueBean, oscilan entre 1300 y 2500 dólares, en dependencia de la frecuencia y uso para el cual están diseñados.

En Cuba la utilización y masificación de las tecnologías anteriormente mencionadas es escasa, aunque cabe decir que hay varias instituciones que han dado los primeros pasos en pos de la utilización de algunas de ellas; como por ejemplo, el Ministerio del Interior utiliza los sistemas Biométricos (identificación por huella dactilar) para el reconocimiento de las personas a la hora de realizar trámites en el carnet de identidad. También en muchas de las tiendas de las cadenas TRD y Panamericanas se utiliza la tecnología de Código de Barra y la tecnología RFID para tener el control de los productos que se encuentran en la tienda.

El mayor peso que trae consigo que no se utilicen ampliamente las tecnologías Auto- ID, se debe en gran medida, a los problemas económicos que posee el país y el bloqueo impuesto por el gobierno de los Estados Unidos que no ha permitido la adquisición de dichas tecnologías debido a las trabas impuestas por las empresas que las comercializan y por lo costosas que suelen ser las licencias de los software y los equipos de hardware que utilizan.

En la Universidad de las Ciencias Informáticas no se lleva un registro de los elementos que entran y salen de los proyectos productivos, provocado principalmente por el desconocimiento que existe sobre la importancia del control de los activos. Actualmente los activos informáticos solo cuentan con un sello para su identificación, esto trae consigo que la seguridad dependa del factor humano y este comete demasiadas negligencias. Además por las características de la propia universidad, en muchos de los productos informáticos que realiza, se hacen necesarios para una solución más competitiva el uso de un sistema que controle los activos del negocio del cliente, pero debido a que la solución es muy costosa no se ha realizado.

Por tanto surge el siguiente **problema práctico de la investigación**: ¿Cómo contribuir en la búsqueda de una alternativa viable para la utilización de la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia en los productos de software de la Universidad de las Ciencias Informáticas?

Introducción

Teniendo en cuenta el problema planteado se define como **objeto de estudio**: Tecnologías de auto-identificación (Auto-ID).

Para el desarrollo de la investigación se define como **objetivo general**: Desarrollar la modelación del subsistema de procesamiento digital de señales de un lector para la Identificación por Radiofrecuencia definido por software.

El **campo de acción** del presente trabajo es la Tecnología RFID definida por software.

Para guiar la investigación se traza la siguiente **idea a defender**: Con la modelación del subsistema de procesamiento digital de señales de un lector RFID definido por software se contribuirá a la utilización viable de esta tecnología en los productos de software de la Universidad de las Ciencias Informáticas.

Del objetivo general se derivan los siguientes **objetivos específicos**:

- Determinar aspectos teóricos-conceptuales sobre la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia.
- Determinar las características de la tecnología de Radio Definida por Software.
- Desarrollar la modelación del subsistema de procesamiento digital de señales de un lector RFID definido por software.

Para darle cumplimiento a estos objetivos se realizaron las siguientes **tareas de investigación**:

- Realizar un estudio del estado del arte de la tecnología RFID y definiciones por software de lectores RFID.
- Realizar un estudio sobre las diferentes frecuencias en las que opera RFID y los estándares que norman el desarrollo de los sistemas RFID.
- Definir los datos que almacenará la etiqueta RFID.
- Realizar un estudio para conocer la forma de comunicación entre el lector y las etiquetas de los sistemas RFID.

Introducción

- Evaluar las tendencias actuales en el mundo de los sistemas SDR.
- Realizar un estudio del funcionamiento de los sistemas SDR.
- Realizar la modelación del proceso de transmisión de la señal del subsistema de procesamiento digital de señales.
- Realizar la modelación del proceso de recepción de la señal del subsistema de procesamiento digital de señales.
- Realizar de un estudio del método Delphi.
- Validar la modelación de los procesos del subsistema de procesamiento digital de señales de un lector RFID definido por software.

Para la realización de la investigación fue necesario utilizar algunos **métodos de investigación**:

Métodos teóricos:

- *Histórico-Lógico*: se empleó para analizar la trayectoria y evolución de la Tecnología de Identificación por Radiofrecuencia y los sistemas que usan este tipo de tecnología.
- *Analítico-Sintético*: permitió el procesamiento de la información y arribar a las conclusiones prácticas y teóricas de la investigación, así como precisar las herramientas lenguajes de modelado que se utilizaran.
- *Modelación*: se utilizó para la creación de abstracciones que explican la realidad, por ejemplo, todos los modelos y diagramas presentados.

Métodos empíricos.

- *Entrevista*: se utilizó para entrevistarse y obtener información acerca de los requerimientos que debe cumplir el lector definido por software.
- *Observación*: se realizó con el objetivo de ver el funcionamiento de los procesos existentes para el control de la seguridad en los diferentes centros de datos de los proyectos productivos de la universidad.

- *Encuesta:* se utilizó para realizar un cuestionario a personas calificadas en temas relacionados a las tecnologías de auto-identificación. Las respuestas son seleccionadas de acuerdo con el criterio especificado y se determinan las posibles variantes facilitando el procesamiento estadístico.

Breve descripción de la estructuración del contenido

Con el propósito de organizar y darle una estructura al trabajo se decide dividirlo en 3 capítulos que se desglosan a continuación:

Capítulo 1: Fundamentación Teórica: Ubica al lector en las tendencias del uso de la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia para el control de activos, abordándose la historia, las características, el funcionamiento y los componentes que conforman la arquitectura, así como las principales aplicaciones. Además se realiza un estudio de la tecnología SDR y de los elementos que componen cada una de las etapas de hardware necesarias para utilizarla. También se realiza un pequeño estudio de los precios que existen a nivel mundial para la adquisición de los lectores RFID y las etiquetas.

Capítulo 2: Propuesta de solución: En este capítulo se describen las frecuencias en las que operan las señales RFID entre el lector y las etiquetas, así como el intercambio de información entre ellos. Además se especifican las normas ISO¹ y el estándar EPC² que son utilizados para establecer el uso de la tecnología RFID a nivel mundial. También se especifica la utilización de la tecnología SDR para la conformación de un lector definido por software; así como los procesos de transmisión y recepción del bloque de procesamiento de las señales digitales.

Capítulo 3: Validación de la solución propuesta: En este capítulo se valida la solución propuesta y se analizan los resultados de los cuestionarios después de haber sido aplicados a personas con experiencia profesional en el tema y que tienen el conocimiento necesario para emitir su criterio.

¹ **ISO** (International Standardization Organization): La misión de la ISO es promover el desarrollo de la estandarización y las actividades con ella relacionada en el mundo con la mira en facilitar el intercambio de servicios y bienes, y para promover la cooperación en la esfera de lo intelectual, científico, tecnológico y económico.

² **EPC:** El **código electrónico de producto** (**código EPC** o **EPC**, por sus siglas en inglés *Electronic Product Code*) es un número único diseñado para identificar de manera inequívoca cualquier objeto. Este código es un sistema de identificación y seguimiento de las mercancías en tiempo real.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

1.1 Introducción.

En este capítulo se realiza un estudio de la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia, abordándose la historia, las características, el funcionamiento y los componentes que conforman la arquitectura, así como las principales aplicaciones y desventajas que posee.

También se hará referencia a la tecnología de Radio Definida por Software (SDR), la cual es un sistema de comunicaciones donde los componentes que tradicionalmente han sido implementados mediante hardware, se implementan usando software. La tecnología SDR habilita la creación de dispositivos inalámbricos interoperables con muy diversas ventajas, entre las que se puede destacar: múltiples modos de operación, reconfiguración, actualizaciones y menor coste de desarrollo. Además soporta múltiples protocolos y tiene gran escalabilidad por lo que tiene un valor significativo para el diseño de un lector RFID multi-protocolo. (Colla, 2009) (Corbo León, 2010)

Por último se realiza un pequeño estudio de los precios que existen a nivel mundial para la adquisición de los lectores y las etiquetas, haciendo una comparación con la solución propuesta para comprobar la viabilidad económica y la reducción del presupuesto que significaría la utilización de un lector definido por software sin disminuir las funcionalidades y potencialidades del lector.

1.2 Identificación por Radiofrecuencia (RFID).

1.2.1 Conceptos básicos de la tecnología RFID.

Radio Frequency Identification: es una tecnología que permite la captura automática de datos identificando objetos mediante el uso de ondas de radio frecuencia. (RFIDPOINT, 2010)

“RFID”: hace referencia a un tipo de tecnología de intercambio inalámbrico de datos. La lectura y grabación de los datos se realiza a partir de un chip conectado a una antena que recibe señales de radiofrecuencia desde un dispositivo de lectura y grabación (denominado normalmente lector, codificador o interrogador). El intercambio de datos se produce automáticamente, sin que ningún operador tenga que intervenir para activar la lectura de RFID. (Globatel, 2009)

Por tanto se puede decir que RFID se basa en las tecnologías que usan ondas de radio para identificar

Capítulo 1: *Fundamentación Teórica*

automáticamente ítems individuales. Esta información es guardada en un microchip el cual se acopla a una antena. Juntos antena y microchip son llamados “tag o etiqueta” RFID. La antena le permite al chip transmitir la información de identificación al lector. El lector convierte las ondas de radio en datos digitales los cuales pueden ser utilizados por una computadora. RFID es un ejemplo de la tecnología de auto-identificación, en la cual cualquier objeto es identificado automáticamente.

1.2.2 Antecedentes de la Tecnología RFID.

RFID se trata de un nombre moderno para una tecnología que ha venido existiendo desde hace más de 50 años. Los orígenes de la tecnología no están claros, pero la mayoría de las personas consideran que el origen de RFID es la antena IFF³ o transponder IFF la cual entró en funcionamiento en el año 1939 durante la Segunda Guerra Mundial, donde los británicos utilizaron esta tecnología para distinguir entre sus propios aviones de regreso a sus bases y aquellos aviones del enemigo que venían a atacarles desde la costa francesa. Gracias a esta tecnología esta distinción era capaz de realizarse hasta una distancia de 40 kilómetros. Este sistema consistía en instalar una antena en el fuselaje de los aviones aliados de manera que respondieran correctamente a una señal de interrogación que se les enviaba, y de este modo podrían distinguir entre un avión ‘amigo’ y un avión ‘enemigo’. El control de aviones actual está basado sobre este sistema. (Gotor Carrasco, 2009).

Faltaban aún por desarrollar transistores, microprocesadores y eran necesarios adelantos en las redes de comunicación, incluso un cambio en la visión de realizar negocios para que los sistemas RFID fueran factibles. (Gotor Carrasco, 2009)

En la década de los 60’ la actividad comercial comenzó a existir en este campo. El primer sistema que fue usado era el EAS (Electronic Article Surveillance) o “Vigilancia Electrónica de Artículos” para detectar robos en grandes almacenes. El sistema era sencillo con un único bit de información, para detectar la etiqueta o no, dentro del radio de acción del lector y hacer sonar una alarma acústica en caso de que una etiqueta no desactivada pasase por el alcance del lector. Típicamente eran dos lectores ubicados de tal forma que el cliente tenía que pasar entre ellos para salir del establecimiento. (Guevara, 2007)

En los 70’ se produjeron notables avances, las primeras patentes para dispositivos RFID fueron solicitadas en Estados Unidos, concretamente en enero de 1973 cuando Mario W. Cardillo se presentó con una

³ **IFF:** Estas siglas hacen referencia a Identify: Friend or Foe, lo cual significa Identificación: Amigo o enemigo.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

etiqueta RFID activa que portaba una memoria reescribible. El mismo año, Charles Walton recibió la patente para un sistema RFID pasivo que abría las puertas sin necesidad de las llaves. A partir de la década de los 80' y con ella la implementación de tantos estudios y desarrollos realizados en años anteriores se logró que en EEUU se interesaran por aplicaciones en el transporte, accesos y en menor grado en los animales. En países europeos como Francia, España, Portugal e Italia se centraron más en aplicaciones y sistemas de corto alcance para controlar animales.

En los primeros años de los 90' se inicio el uso del peaje con control electrónico en autopistas de Houston y Oklahoma en EEUU. En Europa también se investigó este campo y se usaron sistemas de microondas e inductivos para controles de acceso y billetes electrónicos. Un nuevo avance en el mundo del automóvil vino con la tecnología RFID, sistemas de control de encendido y de acceso del automóvil, entre otras acciones. Aplicaciones para autopistas y billetes electrónicos se fueron extendiendo por Asia, África, Suramérica y Australia. (Guevara, 2007)

En 1994 el departamento de defensa estadounidense (DOD) utilizó la tecnología inalámbrica de identificación de productos para seguir el rastro de sus contenedores de envío, lo que le ha permitido reducir en un 90% el número de contenedores que necesitan. También, la firma norteamericana GAP inició en 2001 un programa piloto para mejorar la eficiencia de la cadena de aprovisionamiento incluyendo en los productos una etiqueta que permite conocer la situación del producto en todo momento gracias a la tecnología RFID. (Gotor Carrasco, 2009)

En la actualidad el principal responsable del desarrollo e implantación de esta tecnología es Auto-ID Center, una sociedad constituida en 1999 por un centenar de empresas punteras, universidades y centros de investigación de todo el mundo. El Auto-ID Center, ahora conocido como Auto-ID Labs, está conformado por 6 laboratorios localizados en universidades de prestigio como el MIT (Massachusetts Institute of Technology) de EEUU, Universidad de Cambridge en el Reino Unido, Universidad de Adelaide en Australia, Universidad de Keio en Japón, Universidad de Fudan en China y Universidad de St. Gallen en Suiza. (Gotor Carrasco, 2009)

1.2.3 Arquitectura de la Tecnología RFID.

Un sistema RFID está formado por los siguientes componentes: etiqueta, lector y software RFID.

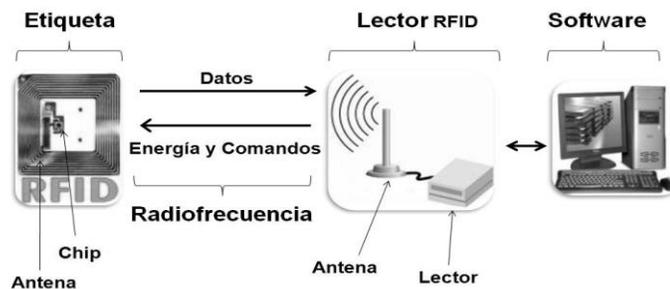


Figura 1.1 - Componentes de un sistema RFID.

1.2.3.1 Etiqueta RFID o Tag.

Una etiqueta RFID, básicamente, es un chip unido a una antena. Dependiendo de la aplicación pueden ser de diferentes formas (rígido, flexible, adhesivo, entre otros), tamaños (desde unos pocos milímetros hasta decenas de centímetros), funciones y estándares lo cual repercutirá directamente en diferentes precios. Una etiqueta RFID está formada por los siguientes componentes como se muestra en la figura 1.2: (Galarraga Sosa, 2009), (Advantec, 2010)

- Chip de Circuito Integrado: El cual almacena la información del objeto que se desea identificar y la programación que le indica que hacer frente al lector.
- Antena: Habilita al chip para iniciar la comunicación con el lector, una antena RFID está construida principalmente de aluminio y cobre, el tamaño de la antena y la cantidad de material conductor determinan la sensibilidad de la misma.
- Sustrato: Sostiene el circuito integrado, la antena y el ensamblaje de estos, juntos sobre la etiqueta, el sustrato puede tener adhesivo para pegar la etiqueta al objeto a identificar.

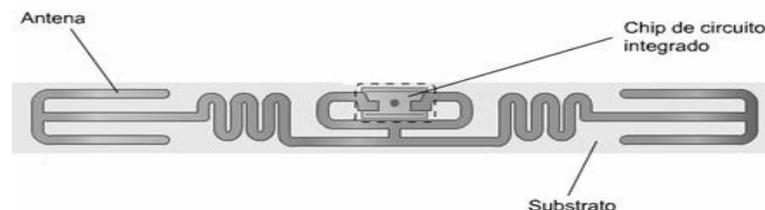


Figura 1.2 - Componentes de una Etiqueta RFID.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

Clasificación de las etiquetas.

En cuanto a la utilización de alimentación se clasifican en tres tipos: (Gotor Carrasco, 2009)

- Las pasivas: no poseen ningún tipo de alimentación o batería. Aprovecha para la transmisión de los datos, la energía procedente del lector, que es tomada por la antena.
- Las activas: poseen alimentación autónoma, con la cual alimentan el chip y son capaces de realizar la transmisión.
- Las semi-activas o semi-pasivas: utilizan una batería para activar el circuito del chip, como las etiquetas RFID activas, pero la energía para generar la comunicación con el lector, es la que recoge de las ondas de radio de éste, como las etiquetas RFID pasivas.

En cuanto a las funcionalidades que permite se clasifican en: (Gotor Carrasco, 2009)

- Sólo lectura: el código de identificación que contiene es único y es personalizado durante la fabricación de la etiqueta.
- De una sola escritura: el usuario puede escribir el código de identificación en la etiqueta una única vez, para luego convertirse en una etiqueta de sólo lectura.
- De lectura y escritura: la información de identificación puede ser modificada por el lector.
- De anticollisiones: son etiquetas especiales que permiten que un lector identifique varias al mismo tiempo (habitualmente las etiquetas deben entrar una a una en la zona de cobertura del lector).

1.2.3.2 Lector de RFID.

El lector es un dispositivo que interactúa con la etiqueta para leer la información que ésta posee o para escribir y cambiar la información de la etiqueta según la aplicación en la que se utilice. Un lector consta de los siguientes componentes: (Advantec, 2010) (EPC, 2006)

- Antena: es el elemento más sensible de todo el sistema RFID ya que debe captar las señales de baja potencia que irradian las antenas de las etiquetas. La antena de un lector puede variar su ubicación dependiendo de la aplicación que se le va a dar al sistema RFID.
- Módulo de radiofrecuencia (RF): es el encargado de proveer una señal portadora al modulador (del

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

transmisor) y una señal de referencia al demodulador (en el receptor).

- Transmisor: es el elemento que se encarga de crear una señal de radio modulada que contiene comandos e información para las etiquetas RFID.
- Receptor: es el elemento encargado de demodular la señal que recibe el lector y enviar la información que estaba contenida en la onda modulada a la unidad de control.
- Unidad de control: es el elemento encargado de procesar los datos transmitidos y recibidos. Controla todos los componentes del lector y es el encargado de interactuar con el usuario.

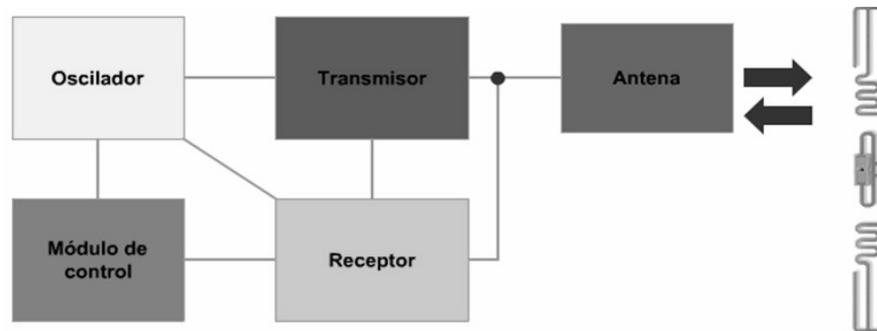


Figura 1.3 - Diagrama de bloques de un lector RFID.

Los lectores pueden ser manuales, móviles o fijos, y también pueden estar integrados en otros equipos como terminales handheld (PDAs, lectores de mano, entre otros). Utiliza ondas de radio para leer la información almacenada en la etiqueta. Existen dos modos de interacción entre el lector y la etiqueta: en el primer modo el lector envía a la etiqueta la orden de transmitir la información que tiene almacenada, en el segundo modo la etiqueta transmite la información que contiene periódicamente, en espera de que algún lector la detecte.

1.2.3.3 Software RFID.

El software RFID debe ser capaz de administrar la interacción entre el lector, las etiquetas y la aplicación para el usuario. Para realizar estas actividades el software RFID ha sido dividido en 3 capas las cuales se detallan a continuación: (Advantec, 2010), (EPC, 2006), (García Candel, 2008)

Manejo de dispositivos: Esta capa controla el intercambio de información entre el lector y las etiquetas

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

RFID, por lo que se encarga de realizar las siguientes funciones:

- Lectura y Escritura: la lectura ocurre cuando la etiqueta está en el rango de transmisión del lector y éste accede a la información que la memoria de la etiqueta contiene; la escritura en la etiqueta sucede cuando el usuario reescribe la memoria de la etiqueta a través del lector usando la aplicación del usuario.
- Anticolisión: esta función está presente en sistemas especiales en los cuales el lector puede identificar varias etiquetas al mismo tiempo (habitualmente las etiquetas deben entrar una a una en la zona de cobertura del lector).
- Detección y corrección de errores: esta función la realiza el lector, el cual debe ser capaz de detectar y descartar información incompleta o duplicada.
- Seguridad: la seguridad de un sistema RFID se refiere a la inscripción de la información, la autorización y autenticación entre los dispositivos RFID para evitar que lectores desconocidos capten la información de las etiquetas. Cabe aclarar que incorporar estas funciones en un sistema RFID encarece el costo de las etiquetas.

Aplicaciones de interfaz: Esta capa opera entre los lectores y las aplicaciones del usuario, realiza dos funciones importantes las cuales son:

- Manejo de flujo de datos entre lectores y las aplicaciones del usuario: esta función se refiere al tratamiento que se le dará a la información que el lector recibe de las etiquetas; es decir permite traducir la información, filtrarla, asociarla a diferentes eventos mediante la aplicación del usuario y agregarla en la etiqueta si es que ésta posee dicha funcionalidad.
- Operación de dispositivos RFID: esta función consiste en comandar el lector para leer y escribir las etiquetas, configurar los parámetros para la recepción y transmisión de los datos entre las etiquetas y entre el computador, y monitorear el estado del lector automáticamente.

Aplicación del Usuario: Esta capa recibe la información de la etiqueta procesada por la capa de aplicación de interfaz. La aplicación del usuario es un programa utilizado para el control de inventarios, control de asistencia o acceso de personal, la administración de un almacén comercial, entre otros. Este

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

programa debe administrar una base de datos que contendrá información detallada del objeto a ser identificado.

1.2.4 Funcionamiento de RFID.

El lector envía una serie de ondas de radiofrecuencia a la etiqueta. El campo de radiofrecuencia genera una corriente eléctrica sobre la bobina de recepción del dispositivo. Esta señal es rectificadora y de esta manera se alimenta el circuito. Una etiqueta lleva un microchip incorporado que almacena un número de identificación, una especie de matrícula única de dicho producto, como por ejemplo Código Electrónico de Producto, que en general se puede definir como un código único. Las ondas activan el microchip, el cual a través de la microantena y mediante ondas de radiofrecuencia transmite al lector el código único. (Globatel, 2009)

Finalmente, el lector recibe el código único del objeto y lo utiliza para el servicio que haya sido programado, por ejemplo enviarlo a una base de datos en la que previamente se han registrado las características del producto que lleva la etiqueta. (Globatel, 2009)

1.2.5 Ventajas del uso de la tecnología RFID.

Entre los disímiles beneficios que presenta esta tecnología cabe destacar los siguientes:

- Rapidez y exactitud: el tiempo actual depende de la comunicación con la computadora central, pero el tiempo total está entre 30 y 100 milisegundos. El lector RFID detecta automáticamente todas las etiquetas EPC que pasan a través del campo de lectura. (Gotor Carrasco, 2009)
- No necesita contacto: la posición del lector en relación con la del microchip no es importante; es posible colocar el microchip por debajo, sobre o cubierto por otro material. (Guevara, 2007)
- Confiabilidad: RFID es extremadamente confiable en cuanto a su rango de error: 1 en 2 millones. (CITIC, 2009)
- Robusto y de bajo mantenimiento: se pueden empacar de manera que pueden ser resistentes a todo tipo de ambientes. Algunos resisten desde -40°C hasta 200°C y pueden ser leídos a través de la suciedad, pintura y cemento. Además, al no tener partes móviles, el microchip no requiere mantenimiento y pueden operar sin defectos por años. (CITIC, 2009)

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

- La tecnología RFID anula la falsificación: las etiquetas RFID no pueden ser copiadas o igualadas ya que son únicas, en el caso de que éstas dispongan de código de seguridad. Además existen etiquetas RFID que para evitar falsificaciones incorporan hologramas. (Gotor Carrasco, 2009)
- Elimina el error humano: se reducen los errores humanos en los procesos repetitivos, ya que es capaz de realizar lecturas de todos los productos en su área de alcance de una sola vez. (Gotor Carrasco, 2009)

1.2.6 Desventajas del uso de la tecnología RFID.

La desventaja más importante es la de violación de la privacidad de las personas. Los clientes temen ser rastreados, ser vigilados y estudiados, motivos por los cuales se necesitan leyes específicas para esta tecnología. (Gotor Carrasco, 2009)

Otra desventaja es que la tecnología RFID no es una tecnología basada en un campo visual como es el sistema de códigos de barras, existen dispositivos, entornos y elementos que pueden crear interferencias en las señales de radiofrecuencia, ejemplo: las cintas transportadoras, los dispositivos inalámbricos, algunas sustancias químicas, entre otras, a algún nivel crean interferencias en las señales RFID, dependiendo de la potencia y las frecuencias generadas por los equipos. (Guevara, 2007)

1.2.7 Aplicaciones actuales de RFID.

Las aplicaciones actuales de la tecnología RFID son inmensas y se prevé que crezcan de manera exponencial en los próximos años; entre otras cabe destacar:

1.2.7.1 Facturación.

Facturación de equipajes en vuelos: La compañía British Airways lleva desde 1999 identificando el equipaje de las líneas regulares de Manchester y Múnich con tecnología RFID. Otras compañías, como Delta-Airlaines, y AirFrance, utilizan este tipo de tecnología. Las etiquetas proporcionan un código de identificación único para cada maleta y se utiliza para dirigir el equipaje de manera rápida y con menos errores, eliminando gran parte de riesgo de pérdidas. (Gotor Carrasco, 2009)

1.2.7.2 Telepeajes.

En muchas de las autopistas a nivel mundial, como por ejemplo la de FasTrak de California, el sistema I-Pass de Illinois, el Telepeaje TAG en las autopistas urbanas de Santiago de Chile y la autopista general

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

de Rumiñahui de Quito utilizan etiquetas RFID para recaudación con peaje electrónico. Las tarjetas son leídas mientras los vehículos pasan; la información es utilizada para cobrar el peaje en una cuenta periódica o descontarla de una cuenta prepago. El sistema ayuda a disminuir la congestión de tráfico causado por las cabinas de peaje. (Guevara, 2007)

1.2.7.3 Seguridad.

Las aplicaciones más corrientes de estos sistemas son, el control de accesos y la inmovilización de vehículos. Para los inmovilizadores de vehículos se usan etiquetas para acceder al vehículo, el identificador único transponder (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 transponder con el ID correcto, el vehículo queda inmovilizado. (Guevara, 2007)

1.2.7.4 Identificación de pacientes en hospitales.

Gracias a la Identificación por Radiofrecuencia se puede controlar además de las personas (pacientes y médicos) a los activos del hospital, dando lugar a un perfecto funcionamiento en un hospital. En cuanto a la gestión de las personas, se refiere a que se debe controlar al personal sanitario y a los pacientes del centro, y en la gestión de los activos se deberá controlar la maquinaria especializada, material sanitario, sistema de información sanitaria, contenedores de quirófano, camas de pacientes, ropa del personal, control de acceso y farmacia del hospital. (Gotor Carrasco, 2009)

1.2.7.5 Control de activos o Inventario.

La principal aplicación que se está dando actualmente a RFID a nivel mundial consiste en la gestión de los activos. Para la gestión de los activos se implantan etiquetas RFID a los artículos, reemplazando al actual Código de Barras, para seguir su trazabilidad⁴ a lo largo de su ciclo de vida. Marcas reconocidas como Desigual, Levi's y Lacoste usan este tipo de tecnología incrementando sus ingresos considerablemente.

También se utilizan como medida de seguridad en tiendas de Estados Unidos. Para el control en las bibliotecas existen varios ejemplos, como puede ser la biblioteca del Vaticano (la cual utiliza esta tecnología para poder controlar su patrimonio) y la biblioteca pública de Seattle. (Guevara, 2007)

⁴**La trazabilidad:** consiste en el conjunto de procedimientos que permiten seguir la ubicación y trayectoria de un producto a través de todas sus etapas de producción, transformación y distribución.

1.3 Radio definido por software (SDR).

1.3.1 Conceptos básicos de la Tecnología SDR.

El término Radio Definido por Software (Software Defined Radio, SDR) fue acuñado a principio de los años noventa. Un SDR es un dispositivo de comunicaciones cuya funcionalidad se encuentra definida en el software, lo cual minimiza la necesidad de realizar modificaciones de hardware durante actualizaciones tecnológicas. (Fernández de Villegas, 2008)

Una definición más clara queda expresada como: “Un sistema de Radio Definido por Software es un sistema de radiocomunicaciones donde los componentes típicamente implementados en hardware (mezcladores, filtros, amplificadores, detectores, moduladores/demoduladores, etc.) son implementados en software, utilizando una computadora personal (PC) u otros dispositivos de computación embebida.” (Estudillo Ramírez, y otros, 2005)

1.3.2 Principio de funcionamiento de un Radio Definido por Software.

Como se ha mencionado anteriormente, los sistemas SDR presentan su mayor funcionalidad a través de un software, aunque no debe olvidarse que también están conformados por un hardware que es el soporte físico para que esto pueda ser realidad.

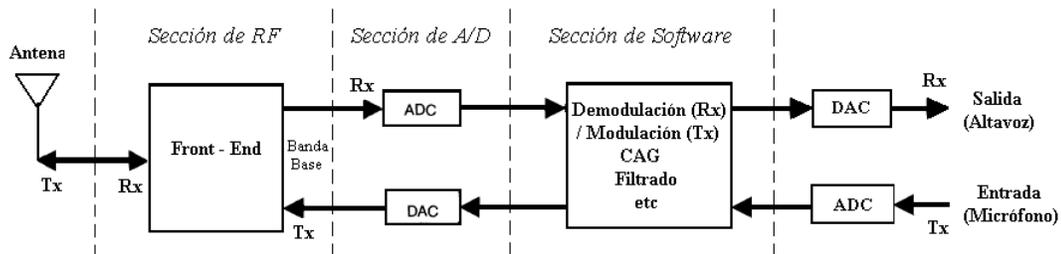


Figura 1.4 - Diagrama en bloques general de los sistemas SDR.

Si se observa el modelo anterior se puede deducir que la arquitectura de Radio Definido por Software contiene las siguientes secciones:

Sección de Radiofrecuencia (RF), también llamada “Front-End”: es la responsable de transmitir / recibir las señales de radiofrecuencia, para adecuarlas y convertirlas a banda base en el caso de la recepción o amplificar y modular las señales en banda base, adecuándolas para la transmisión en el aire en el caso de

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

la transmisión. Las funciones básicas de esta sección son: (REED, 2002)

- Conversión *Down/Up*.
- Selección del canal.
- Rechazo a interferencias.
- Amplificación.

Sección de conversión análogo-digital: es la encargada de digitalizar la señal en banda base en el caso de la recepción mediante conversores análogos-digitales. En el caso de la transmisión, se encarga de convertir la señal a banda base, utilizando para esto conversores digitales-análogos. A menudo el proceso de digitalización de la señal (y viceversa) es llevado a cabo por medio de la tarjeta de sonido del ordenador. Esto trae grandes ventajas, ya que así se ahorra en cuanto al costo de dichos conversores (Tuttlebee, 2002). Este proceso se realiza a través de la técnica de conversión directa.

Sección de Software: esta es el corazón de la tecnología SDR. Gracias a ello la computadora puede interactuar con el resto del equipo SDR. Desde el ordenador y visualizando en el monitor, se pueden realizar infinidad de funciones sobre la señal tales como: cambiarle el tipo de demodulación/modulación, ampliarle o disminuirle el ancho de banda, reducirle el ruido, analizar su espectro, entre otros. El software varía en dependencia del fabricante o del equipo SDR para el cual fue diseñado. (Tuttlebee, 2002)

Para lograr el desarrollo de los sistemas SDR en el ámbito de las radiocomunicaciones, la técnica empleada consiste en trasladar la frontera entre el mundo analógico y el digital lo más cerca posible a la antena, es decir, que cada vez se hagan menos cosas en analógico y más en digital.

1.4 Factibilidad económica. Análisis de precios.

Para poner en práctica la solución propuesta se hace necesario realizar un pequeño análisis de los precios que tendría la adquisición actual de los lectores definidos por hardware en diferentes partes del mundo (sin tener en cuenta los aranceles por cuestión de envíos), en comparación con los lectores definidos por software para representar la viabilidad de la solución y el ahorro que representaría para el país en el plano económico. Esto permite mantener las mismas potencialidades de uso y hacen mucho más factible la implementación de productos que utilicen las potencialidades que brinda la tecnología RFID.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

Un proyecto RFID consta de:

- Costo fijo: costes de los equipos necesarios para la implantación y software para hacer compatible la aplicación con la tecnología RFID. En el presente estudio no se tiene en cuenta el último acápite del coste fijo.
- Costo variable: correspondiente al propio coste de los tags y de su aplicación al producto.

1.4.1 Costo fijo.

En la actualidad la adquisición y utilización de la tecnología RFID es bastante costosa debido a los altos precios de los lectores. Entre las principales empresas comercializadoras de lectores RFID se pueden encontrar: (RFIDPOINT, 2010), (Dipole, 2011), (MBCESStore.com, 2011)

UNITECH: Fundada en Taipéi, Taiwán, para proveer a los mercados locales con sistemas automáticos para automatizar los procesos de las empresas. Algunos de sus productos son:

- La Unitech HT660 tiene un diseño de uso rudo, es la terminal ideal creada para aplicaciones de fabricación, ventas, transportación, logística y manufactura. Permite capturar datos en ambientes hostiles. El precio está sobre los 1446.96 dólares.
- El Unitech PA970 es la terminal portátil ideal para aplicaciones móviles de ventas, entregas, recepción, ideal para empresas de mensajería, control de tráfico, oficinas postales. El precio está sobre los 1957.05 dólares.

INTERMEC: Desarrolla, fabrica e integra computadoras móviles, terminales alámbricas e inalámbricas para la captura de datos, tiene más de 100 patentes en tecnología RFID y sistemas de computación móvil para las compañías del mundo entero.

- El Intermec IF30 es un lector fijo RFID de alto desempeño, ideal donde se requiere leer y escribir tags UHF en ambientes ruidosos. Este equipo recibe la sensibilidad de grandes poblaciones de tags. El precio está sobre los 1670.40 dólares.

Además se pueden encontrar una serie de productos que trabajan con la frecuencia de operación UHF de los cuales se ponen algunas características y precios.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

- Invengo XCRF- 860E: Ideal para entornos multi-tag, tiene un circuito integrado y puede utilizar hasta 4 antenas. También posee técnicas avanzadas de filtrado para eliminar interferencias. El precio es de 1790.00 euros, aunque existen otras versiones que están sobre los 1394.00 euros.
- UHF Tag-Reader: fabricado por la compañía Impinj, de altas prestaciones para entornos donde se necesite la lectura de gran cantidad de etiquetas de manera concurrente. Puede utilizar hasta 4 antenas y el precio está sobre los 1658.70 dólares.

Dado los altos precios que poseen los lectores RFID a nivel mundial (esto sin tener en cuenta los precios de las antenas que necesitan para captar las señales), no permiten que muchos de los países del tercer mundo utilicen las potencialidades de dicha tecnología, por lo que una alternativa viable sería la utilización del software para la confección del lector. Por tanto la utilización de la tecnología SDR, para lograr la implementación del lector, solo traería los costos asociados a gastos en implementación de software que serían relativamente ínfimos.

Es importante aclarar que todo software para funcionar necesitaría un hardware que lo respalde, por tanto se utilizaría una computadora con mínimas prestaciones, de la cual se pondrán algunos precios para la adquisición de la misma: (Paguito.com, 2011), (Mercado Libre)

- Computadora Dell Intel Pentium 4, 2.5 GHz, 512 RAM, disco 40 Gb, lector DVD, 4 puertos USB y memoria RAM: 512 MB. El precio está sobre los 200 dólares.
- Lenovo, procesador Intel Pentium 4 3000 MHz, Chipset de la Placa Base Intel, memoria RAM 512 MB, Tarjeta gráfica Intel(R -128 MB, disco duro (160 GB, 7200 RPM, SATA-II) y lector óptico DVD-ROM/CD-RW. El precio está sobre los 240 dólares.
- Procesador Intel Celeron 2.5ghz, disco duro 500 Gb sata, memoria ddr2 1gb, tarjeta madre (Biostar, Foxconn o Asrock). El precio está sobre los 270 dólares.

Los precios de las computadoras, que es el equipo que soportará el software del lector RFID, están entre los 200 y 300 dólares, sin contar que no son necesarios algunos de los accesorios como: mouse, teclado y lector DVD. Además el lector puede funcionar perfectamente con 512 MB de RAM y solo se necesita 40 GB de disco duro o menos para su funcionamiento (Algo de semejanza con un cliente ligero).

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

La computadora necesitaría un lector SDR con el objetivo de obtener una frecuencia que pueda ser escuchada por la tarjeta de sonido.

WR-G305i: es un receptor definido por software (SDR) de tercera generación para las bandas de VHF y UHF. Con un rango de frecuencia de 9 KHz a 1,800 MHz este receptor tiene una etapa de entrada extraordinariamente sensible y ruido de fase muy bajo. El límite superior de frecuencia puede ser ampliado hasta los 3,500 MHz. Para mantener los costos bajos este receptor usa la tarjeta de audio de la computadora para realizar el procesamiento DSP. El precio está sobre los 100 dólares. (Astro Radio, 2011)

WR-G315e: esta es una versión externa del WR-G315i con características similares. Este receptor se conecta a una computadora tipo IBM-compatible vía el puerto USB. Varios receptores pueden ser controlados por una sola PC haciendo posible la construcción de un sistema de receptores múltiples VHF/UHF. El precio está sobre los 150 dólares. (Astro Radio, 2011)

Los lectores SDR necesitan la utilización de antenas para captar las señales emitidas por la etiquetas. Las antenas UHF, para estos lectores, se pueden adquirir a un precio que oscila entre 50 y 100 dólares. (RADCOM, 2010)

Por tanto el lector RFID definido sería una alternativa viable, donde se reducirían los costos de adquisición en más de 3 veces, manteniendo prestaciones relativamente parecidas a las de un lector RFID definido por hardware.

1.4.2 Costo variable.

Las etiquetas pasivas, en la práctica tienen distancias de lectura que varían entre unos 10 milímetros hasta cerca de 20 metros dependiendo del tamaño de la antena del Tag y de la potencia y frecuencia en la que opera el lector. En 2005, el dispositivo disponible comercialmente más pequeño de este tipo medía 0.4 milímetros x 0.4 milímetros, y más fino que una hoja de papel; estos dispositivos son prácticamente invisibles. (Portal Industrial, 2010)

La gran mayoría de las etiquetas RFID son pasivas, que son mucho más baratas de fabricar y no necesitan batería. Hoy en día los precios de las etiquetas oscilan entre 20 y 80 centavos dólar las pasivas y entre 6 y 50 dólares las activas. Los precios dependen del fabricante y el número de compras que se

Capítulo 1: *Fundamentación Teórica*

realicen, aunque es importante mencionar que se espera que disminuyan sus precios en los próximos 10 años variando entre 0.5 y 20 dólares. (MBCEStore.com, 2011), (Dipole, 2011) (RFIDPOINT, 2010)

A continuación se muestran algunos ejemplos de etiquetas con sus características y precios de adquisición: (Dipole, 2011)

- Etiqueta RFID Idipole: UHF pasiva, transparente con adhesivo superior de 25 x25 milímetros. Posee chip monza 3, con memoria de 32 bit de TID y 96 bits de EPC. Está fabricada cumpliendo con las normas ISO 18000-6c y el estándar Class 1 Gen 2. El precio es de 0. 40 dólares la unidad en adquisiciones que sobrepasen las 20 mil unidades.
- Etiqueta RFID Idipole: UHF pasiva, de polietileno blanco de 100 x 18,5 milímetros. Posee chip monza 3, con memoria de 32 bit de TID y 96 bits de EPC. Está fabricada cumpliendo con las normas ISO 18000-6c y el estándar Class 1 Gen 2. El precio es de 0. 50 dólares la unidad en adquisiciones que sobrepasen las 10 mil unidades.
- MTCHEU: Etiqueta RFID para metales de carcasa rígida de 98,0 x 26,0 milímetros. Posee chip NXP G2XM, con memoria de 64 bit de TID, 240 bits de EPC y 512 bits de usuario. Está fabricada cumpliendo con las normas ISO 18000-6c y el estándar Class 1 Gen 2. El precio es de 0. 75 dólares la unidad en adquisiciones que sobrepasen las 7 mil unidades.

Como se puede observar los precios de las etiquetas no serían un problema económico complejo para la utilización de la tecnología RFID. Además la tendencia a nivel mundial es lograr el máximo abaratamiento de los costos de producción y comercialización de las etiquetas con el objetivo de difundir a todos los niveles el uso de la tecnología RFID.

1.5 Lenguajes de modelado.

1.5.1 Lenguaje Unificado de Modelado.

Unified Modeling Language (UML) es un lenguaje para visualizar, especificar, construir y documentar los artefactos de un sistema que involucra gran cantidad de software (Jacobson, et al., 1999). Proporciona una forma estándar de representar los planos de un sistema, y comprende tanto elementos conceptuales, como los procesos de negocio y las funciones del sistema. Permite una comunicación sencilla y rápida entre desarrolladores y clientes del software que desarrolla y simplifica el proceso complejo de análisis y

diseño de software.

1.5.2 Notación de Modelado de Procesos de Negocio (BPMN).

Business Process Modeling Notation (BPMN) es una notación gráfica que describe la lógica de los pasos de un proceso de negocio. Esta notación ha sido especialmente diseñada para coordinar la secuencia de los procesos y los mensajes que fluyen entre los participantes de las diferentes actividades. Proporciona un lenguaje común para que las partes involucradas puedan comunicar los procesos de forma clara, completa y eficiente. De esta forma BPMN define la notación y semántica de un Diagrama de Procesos de Negocio. (Durocher, 2007)

BPMN presenta como características principales: (Durocher, 2007):

- Visibilidad de los procesos de las empresas y mayor flexibilidad y agilidad para adaptación al cambio.
- Brinda la posibilidad de integrar la información del negocio dispersa y permite adquirir una ruta de mejoramiento y eficiencia continua.
- Adquirir la habilidad para diseñar, simular y monitorear procesos de manera automática y sin la participación de usuarios técnicos.

1.6 Herramientas CASE.

Las herramientas CASE⁵ tienen diversas aplicaciones informáticas destinadas a aumentar los aspectos claves de todo el proceso de desarrollo de un software, desde el principio hasta el final.

“CASE proporciona al ingeniero la posibilidad de automatizar actividades manuales y de mejorar su visión general de la ingeniería [...] Las herramientas CASE ayudan a garantizar que la calidad se diseñe antes de llegar a construir el producto” (Pressman, 2005). Actualmente Rational Rose, Enterprise Architect y Visual Paradigm son las herramientas de desarrollo más utilizadas en la producción de software.

⁵ **CASE:** Computer Aided Software Engineering o Ingeniería Asistida por Computadora.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

1.6.1 Visual Paradigm.

Visual Paradigm es una robusta herramienta multiplataforma y de carácter propietario que soporta el ciclo de vida completo del desarrollo de software. Permite dibujar todos los tipos de diagramas de clases y el intercambio de diagramas UML y modelos con otras herramientas. Soporta un conjunto de lenguajes, tanto en generación de código e ingeniería inversa como Java, C + +, PHP y XML. (Visual Paradigm, 2008)

La Universidad de las Ciencias Informáticas posee la licencia para su uso y es fácil de instalar. Tiene integración con el Subversion para el control de versiones. Entre sus características principales se tienen las siguientes:

- Ingeniería inversa - Código a modelo, código a diagrama.
- Permite la generación de código - Modelo a código, diagrama a código.
- Diagramas de flujo de datos.
- Generadora de informes
- Presenta disponibilidad para plataformas (Windows/Linux/Mac OS X).

1.7 Herramientas para el control estadístico.

En los últimos años, la evolución del software estadístico ha significado un importante ahorro en tiempo, precisión y calidad de representación gráfica. Se han desarrollado múltiples herramientas con estos fines que permiten realizar una gran variedad de análisis estadístico.

1.7.1 Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS).

Es una potente herramienta de tratamiento de datos y análisis estadístico, que utiliza menús descriptivos y cuadros de diálogo sencillos que realizan la mayor parte del trabajo. SPSS puede adquirir datos de casi cualquier tipo de archivo y posee poderosas capacidades para generar informes tabulares, gráficos y diagramas de distribuciones y tendencias, estadísticos descriptivos y análisis estadísticos complejos. Es un sistema versátil, similar a una hoja de cálculo, para definir, introducir, editar y presentar datos.

Otra razón para seleccionar SPSS es que recientemente ha sido desarrollado un paquete libre llamado PSPP.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

1.8 Conclusiones parciales.

En este capítulo se realizó un estudio de la tecnología RFID, el cual arrojó que dicha tecnología es ampliamente utilizada, robusta, confiable y rápida en cuanto a al funcionamiento, la cual no necesita contacto y elimina el error humano.

Se definió que las etiquetas a usar son las pasivas en cuanto a la alimentación (porque no presentan ningún tipo de alimentación o batería aprovechando para la transmisión de los datos la energía procedente del lector) y de solo lectura en cuanto a las funcionalidades que posee (el código de identificación que contiene es único y es personalizado). También se puede añadir que esta combinación hace sumamente barata la fabricación y adquisición de dicha etiqueta.

Además se realizó un análisis de la tecnología SDR como alternativa de solución para la confección de un lector RFID definido por software, debido a que la adquisición de los lectores definidos por hardware, en el mercado mundial, son relativamente costosos.

También se realizó estudio sobre los principales componentes de la tecnología SDR, así como del principio de funcionamiento, para explotar al máximo el rendimiento de la tecnología que soporta múltiples protocolos y tiene gran escalabilidad por lo que tiene un valor significativo para el diseño de un lector RFID multi-protocolo.

Capítulo 2: Propuesta de solución

2.1 Introducción.

En este capítulo se realiza la descripción de la propuesta de solución del presente trabajo, para ello se estudian las frecuencias en las que operan los sistemas RFID entre el lector y las etiquetas. Además se especifican las normas ISO y el estándar EPC que son utilizados para establecer el uso de la tecnología RFID a nivel mundial.

También se especifica el modo de comunicación entre el lector y las etiquetas, la secuencia y formato del intercambio de información entre ellos, la composición de los bancos de memoria de las etiquetas y el tipo de información que almacenan, los comandos que se utilizan para el intercambio de los datos y los algoritmos utilizados para eliminar las colisiones entre los datos.

Además se realiza una propuesta de los componentes necesarios para la creación de un lector definido por software, así como la comunicación entre dichos componentes, quedando plasmado algunos componentes de hardware necesarios para el funcionamiento de dicho lector.

2.2 Frecuencia de operación entre el lector y la etiqueta.

La frecuencia de utilización es el elemento más determinante a la hora de desplegar un sistema RFID influyendo sobre los siguientes parámetros: (Cesar Corredera, 2010)

- Capacidad de almacenamiento de datos: a mayor frecuencia, mayor será la cantidad de datos que puede almacenar la etiqueta.
- Velocidad y tiempo de lectura de datos. es el parámetro más afectado por la frecuencia. En términos generales, cuanto más alta sea la frecuencia de funcionamiento mayor será la velocidad de transferencia de los datos. Esta circunstancia está estrechamente relacionada con la disponibilidad de ancho de banda en los rangos de frecuencia utilizados para realizar la comunicación. El tiempo de lectura dependerá lógicamente de la velocidad de lectura y de la cantidad de datos que hay que transmitir.
- Cobertura: además de la frecuencia, la cobertura depende también de la potencia disponible en la etiqueta, de la potencia suministrada por la antena del lector y de las condiciones del entorno de la

Capítulo 2: Propuesta de solución

aplicación.

- Características de la zona de lectura: orientación de la etiqueta, influencia de los obstáculos e influencia de las interferencias.

Las distintas bandas de frecuencia que se consideran en los sistemas RFID son: (Gotor Carrasco, 2009)

- Etiquetas de baja frecuencia (LF): actúan a 135 KHz y utilizan para el funcionamiento el acoplamiento inductivo. El voltaje inducido es proporcional a la frecuencia, gracias a ello se puede producir el voltaje necesario para alimentar un circuito integrado dado un número suficiente de espiras, por lo que es más usual este rango de frecuencias para etiquetas pasivas.
- Etiquetas de alta frecuencia (HF): actúan a 13,56 MHz y el principio de funcionamiento es igual que las de baja frecuencia, acoplamiento inductivo. En este tipo de etiquetas se utiliza un espiral plano con 5 o 7 vueltas y un factor de forma parecido al de una tarjeta de crédito para lograr distancias de decenas de centímetros. Las antenas de alta frecuencia suelen ser de cobre o aluminio.
- Etiquetas de frecuencia ultra alta (UHF): operan en las frecuencias 433 MHz, 860 MHz, 928 MHz, 960 MHz. Utilizan antenas clásicas de dipolo, donde es necesaria una capa de metal (suelen ser de cobre o aluminio), reduciendo por lo tanto el coste. Las antenas dipolo, no se ajustan muy bien a las características de los circuitos integrados típicos. Se pueden usar dipolos plegados o bucles cortos como estructuras inductivas adicionales para mejorar la alimentación. Los dipolos de media onda son demasiado grandes para la mayoría de aplicaciones RFID, por lo que hay que doblar las antenas para satisfacer las necesidades de tamaño.
- Etiquetas de microondas: Estos sistemas RFID actúan a 2,45 o 5,8 GHz

Tabla 2.1 - Características de las diferentes frecuencias de funcionamiento. (Gotor Carrasco, 2009) (Cesar Corredera, 2010)

Parámetros	Baja frecuencia	Alta frecuencia	Ultra alta frecuencia	Frecuencia microondas
Cobertura	< 0.5 m <i>tag</i> pasivo	~1 m <i>tag</i> pasivo	~ 4 m <i>tag</i> pasivo ~ 10 m <i>tag</i> activo	~ 15 m <i>tag</i> activo
Velocidad de lectura de datos	Típicamente: 200 bps – 1 Kbps	Típicamente: 25 Kbps	Típicamente: 28 Kbps	Típicamente: 100 Kbps
Capacidad de almacenamiento	Pasivas: alrededor de los 64 bits. Activas: hasta 2 Kbits.	Pasivas: desde los 512 bits hasta los 8 Kbits.	Activas y pasivas con capacidades típicas desde los 32 bits hasta los 4	Etiquetas tanto activas como pasivas con capacidades de entre los 128 bits hasta los 12

Capítulo 2: Propuesta de solución

			Kbits, divididos en páginas de 128 bits.	Kbits.
Lectura en presencia de líquidos o metales	Buena penetración en materiales no conductores, pero no funcionan bien con materiales conductores	Buena penetración en materiales y líquidos no conductores.	Buena penetración en materiales conductores y no conductores, pero presenta dificultades ante la presencia de líquidos, principalmente agua.	Buena penetración en materiales no conductores, pero no así en líquidos que contienen agua.
Lectura en presencia de interferencias electromagnéticas	Susceptibles a interferencias electromagnéticas industriales de baja frecuencia.	La susceptibilidad a interferencias electromagnéticas industriales es menor que los sistemas LF.	Casi inmune a interferencias electromagnéticas de LF.	Es susceptible al ruido
Coste	Las etiquetas son más costosas pero los lectores son baratos.	Coste es inferior al de las etiquetas de baja frecuencia.	En grandes cantidades son más baratas que las etiquetas de HF.	Es la de mayor costo.
Áreas de aplicación	Control de accesos, identificación de animales, gestión de bienes, identificación de vehículos y contenedores.	Gestión de maletas en aeropuertos, bibliotecas, aplicaciones logísticas en la cadena de suministros.	Trazabilidad y seguimiento de bienes y artículos. Logística de la cadena de suministros.	Control de accesos, peaje, aplicaciones logísticas, automatización en la fabricación.

La mayor parte de los sistemas RFID del mercado operan en la banda (UHF) o en (HF). La banda UHF es la más utilizada en aplicaciones de cadena de suministros, control de activos y de automatización industrial. El conocido estándar Gen 2 de EPCglobal es una tecnología UHF. (IBM & Asociación Europea para la Identificación Segura IDtrack., 2007)

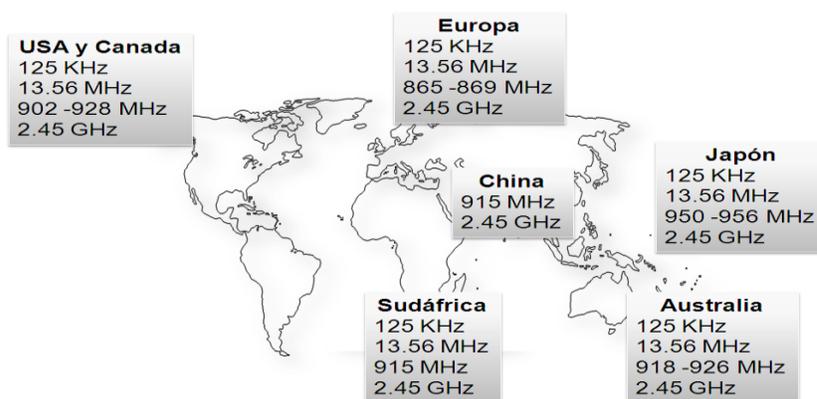


Figura 2.1 - Diferentes frecuencias de operación utilizadas por la tecnología RFID por regiones geográficas.

Capítulo 2: Propuesta de solución

2.3 Estándares ISO.

Los estándares permiten la interoperabilidad entre aplicaciones y/o dispositivos, además de ayudar a que los diferentes productos no interfieran su función con la de otros, sin importar que fabricante lo haya elaborado. Existen actualmente, de acuerdo al tipo de aplicación, diferentes estándares como se muestra en la figura 2.2.

El desarrollo de estándares es responsabilidad del comité técnico de la Organización Internacional de Normalización (ISO – International Organization for Standardization) compuesta por representantes de los Organismos de Normalización Nacionales, como la DIN⁶ en Alemania, el AENOR⁷ de España, el ANSI⁸ en Estados Unidos, entre otros. Si bien la ISO es una organización no gubernamental muchos de sus miembros son representantes de los gobiernos de los países miembros.

Entre los estándares ISO, que hacen referencia a la tecnología RFID, se encuentran los siguientes: (Bernal, 2007)

- ISO/IEC 15961 RFID for item management – Data protocol: application interface: se enfoca en el control de comandos con funcionalidades y características de sintaxis comunes, por ejemplo, tipos de etiquetas, formatos de almacenamiento de datos, o compresión de datos.
- 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 de unidad. Crea un formato de datos uniforme y correcto, una estructura de comandos y define como será el 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 el uso de la etiqueta RFID. Se ha diseñado para el control de calidad durante el proceso de fabricación. También está dirigido a la trazabilidad de las etiquetas RFID durante este proceso, el ciclo de vida y control para anticolisión de varias etiquetas en la zona de interrogación.

⁶ **DIN**: es el acrónimo de *Deutsches Institut für Normung* (en español, Instituto Alemán de Normalización).

⁷ **AENOR**: Asociación Española de Normalización y Certificación, dedicada al desarrollo de la normalización y la certificación (N+C) en todos los sectores industriales y de servicios.

⁸ **ANSI**: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI, por sus siglas en inglés: American National Standards Institute).

Capítulo 2: Propuesta de solución

- ISO/IEC 19762: Armonice vocabulary – Part 3: radio-Frequency Identification: este documento proporciona términos generales y definiciones en el área de la identificación automática y técnicas de captura de datos. 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 las etiquetas:

Este estándar contiene 7 partes diferentes. La parte 1 se refiere a los parámetros genéricos, la parte 2 a la comunicación de la interfaz aire para frecuencias globalmente aceptadas como 135 KHz (incluye básicamente el tipo A, FDX a 125 KHz, y el B, HDX a 134,2 KHz). La parte 3, para la frecuencia 13.56 KHz (contempla dos modos, el 1 que es prácticamente la norma ISO 15693 con alguna extensión de protocolo, y el 2 que usa Phase Jitter Modulation). La parte 4 para 2.4 GHz (contempla un modo para elementos pasivos y otro para activos). La parte 5 para 5.8 GHz. La parte 6, UHF (860 a 960 MHz) y finalmente, la parte 7 para elementos activos a 433 MHz.

- 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, entre otros. También contiene una clasificación de los tipos de las etiquetas según las aplicaciones.

Los estándares ISO 11784, ISO 11785 e ISO 14223 especifican etiquetas para la identificación animal en la banda de frecuencia por debajo de los 135 KHz. Los estándares originales definieron sólo un único identificador fijo de 64 bits, pero con el más reciente estándar ISO 14223 son permitidos la lectura/escritura y los bloques de datos protegidos contra escritura.

El estándar ISO 10374 especifica todos los requerimientos necesarios para la identificación automática de contenedores de carga (por ejemplo trenes y barcos), incluyendo un sistema de identificación, codificación de datos, descripción de los datos, criterios de rendimiento y características de seguridad.

El estándar ISO 18046 hace referencia a los métodos de prueba del rendimiento de las etiquetas y lectores RFID, mientras que la norma ISO 18047 cubre los dispositivos RFID; este estándar es un punto de alineación entre los estándares ISO y el estándar EPCglobal.

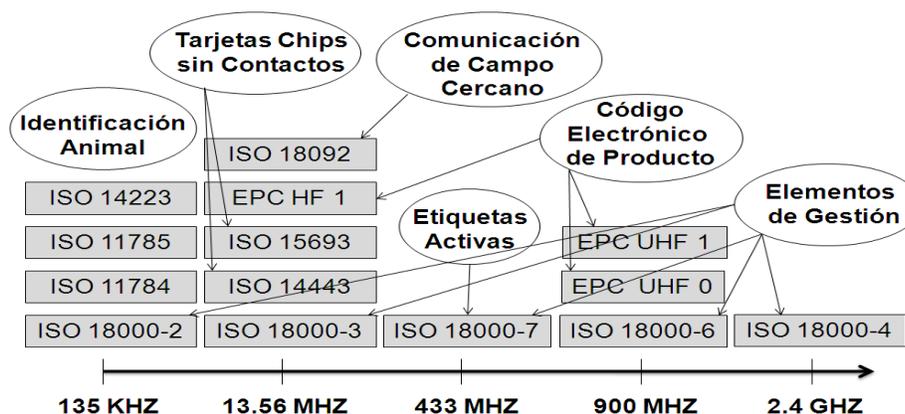


Figura 2.2 - Estándares y Frecuencias de Operación RFID.

2.4 Código Electrónico de Producto (EPC).

El EPC, siglas de Electronic Product Code, nace de las manos de EPCglobal⁹, un consorcio formado por EAN Internacional (European Article Numbering) el cual tiene 101 organizaciones miembro, representadas en 103 países y UCC (Uniform Code Council) propietario del UPC (Universal Product Code), presente en 140 países. (EPC, 2006)

Actualmente, todo estándar que desarrolla EPCglobal pasa por la supervisión de la ISO (International Standards Organization), con la única condición de que los estándares concretos que cree y use EPCglobal sean ratificados y rectificadas por la ISO.

El código EPC es un número individual y único asignado a cada objeto con tecnología RFID. Es un protocolo de carácter universal desarrollado por el Auto-ID Center en el 2000. Estos códigos pueden tener distintos tamaños, actualmente se utilizan sobre todo los tag de 64 y 96 bits, pero recientemente han aparecido en el mercado tag de 128 y próximamente lo hará la versión de 256 bits. (EPC, 2006)

La estructura describe el estándar EPC (figura 2.3), y consiste en las siguientes 4 partes: (EPC, 2006)

- Cabecera (8 bits), que denota la versión del EPC utilizada.

⁹**EPCglobal:** Es una sociedad fundada en 1999, cuya finalidad es seleccionar la tecnología y crear estándares necesarios para la identificación de objetos mediante radio frecuencia.

Capítulo 2: Propuesta de solución

- Número manager (28 bits), que indica el nombre de la compañía, o al menos el sector de trabajo de la misma.
- Clase de objeto (24 bits), que representa el tipo de objeto “taggeado”.
- Número de serie (36 bits).

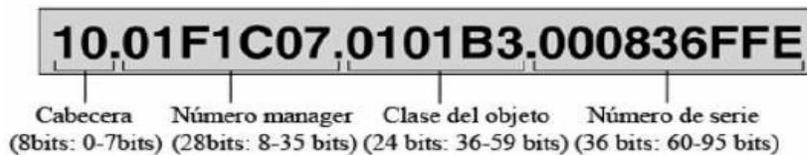


Figura 2.3 - Estructura del código EPC de 96 bits.

El estándar EPC divide las etiquetas usadas en seis tipos diferentes, dependiendo de su funcionalidad:

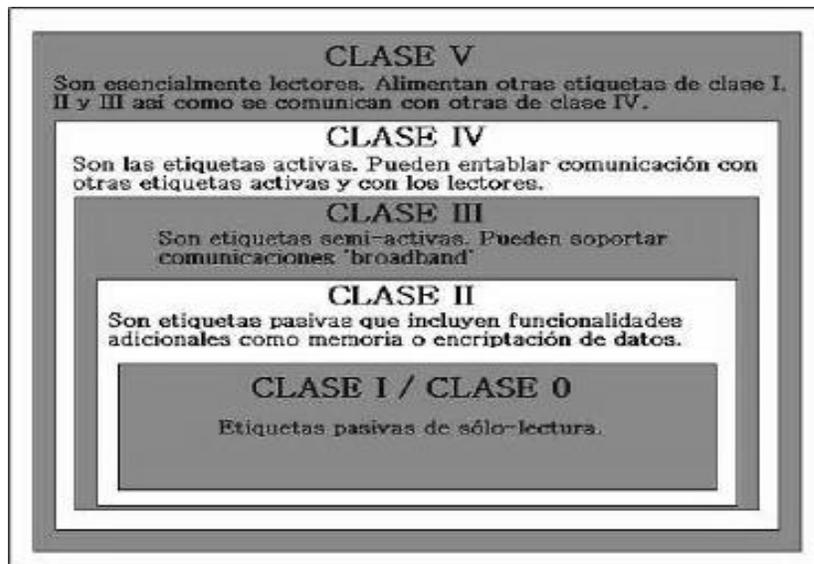


Figura 2.4 - Tipos de etiquetas definidas en el EPC.

2.4.1 Tipos de datos que manejan de las etiquetas utilizando el estándar EPC.

Las etiquetas RFID, en particular las etiquetas RFID Gen 2, puede transportar datos de tres tipos diferentes: (EPCglobal, 2010)

- Datos de negocio: es la información que describe el objeto físico al que la etiqueta se pone. Esta

información incluye el Código Electrónico de Producto (EPC) que identifica el objeto físico, y también puede incluir otros elementos de datos añadidos en la etiqueta. La mayoría de los datos de negocio estandarizados en una etiqueta RFID es equivalente a los datos empresariales que se pueden encontrar en otros soportes de datos, como códigos de barras.

- Control de información: es el conjunto de bits o la información utilizada por las aplicaciones de captura de datos (lectores) para ayudar a controlar el proceso de intercambio de datos entre el lector y las etiquetas aumentando la eficiencia de lectura y el manejo de la información especial que afecta al comportamiento de la aplicación de captura.
- Fabricación de etiquetas de información: es la información que describe la propia etiqueta en comparación con el objeto físico al que la etiqueta se pone. Incluye un ID del fabricante y un código que indica el modelo de etiquetas. También puede incluir información que describe las capacidades de las etiquetas, así como un número de serie único asignado en el momento de fabricación.

Cabe señalar que estas categorías son algo subjetivas, y las líneas pueden ser borrosas en algunas aplicaciones. Sin embargo, son útiles para entender cómo las normas de etiqueta de datos están estructuradas, y son una buena guía para su uso efectivo y correcto. (EPCglobal, 2010)

2.4.2 Mapa de memoria de las etiquetas.

La estructura de datos binarios definidos en los estándares de datos destinados a ser utilizados en las etiquetas RFID, especialmente en la frecuencia UHF y representado en la norma ISO 18000-6C, especifica la estructura de la memoria. En concreto, se especifica que la memoria de estas etiquetas consta de cuatro bancos direccionables por separado, numerados 00, 01, 10, y 11 respectivamente. (EPCglobal, 2010)

Las direcciones de memoria se describen utilizando direcciones bits en hexadecimales, donde cada banco comienza con 00h se extiende hacia arriba tantos bits como tenga el banco, la capacidad de cada banco puede verse limitado en algunos aspectos por [UHFC1G2]¹⁰, pero también puede variar con cada etiqueta, marca y modelo. La figura 2.5 muestra la disposición de la memoria en una etiqueta. (EPCglobal, 2010)

¹⁰ **UHFC1G2:** Utilización de la frecuencia UHF en el estándar EPC Clase 1 de Gen 2.

Capítulo 2: Propuesta de solución

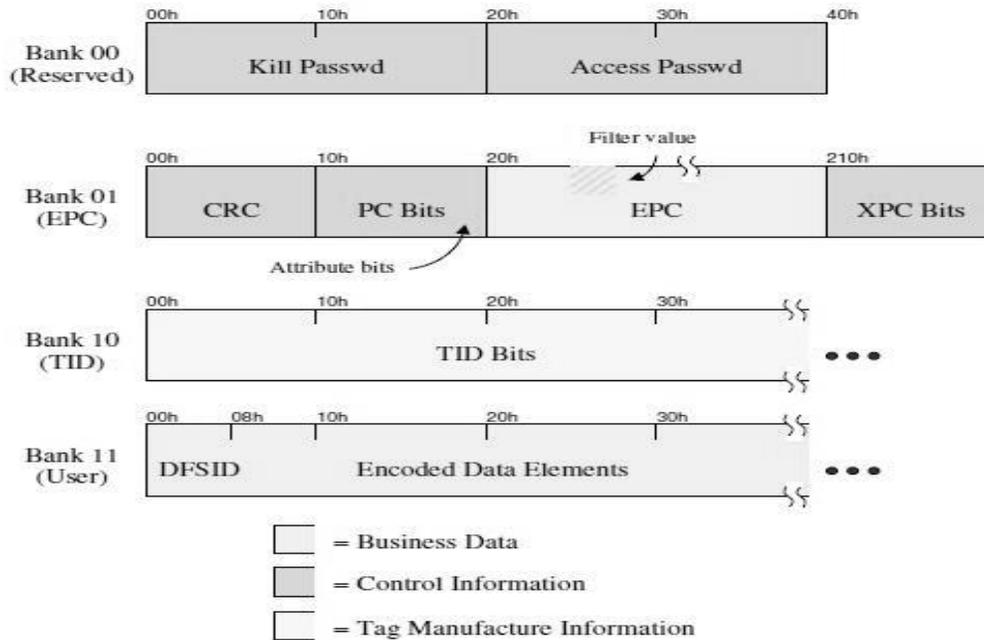


Figura 2.5 - Mapa de memoria de las etiquetas.

En la tabla 2.2 se describen cada uno de los campos de los bancos de memoria expuestos en la figura 2.5. (EPCglobal, 2010) (Glover, y otros, 2006)

Tabla 2.2 - Descripción de los campos de los bancos de memoria.

Banco	Bits	Campo	Descripción	Categoría
Bank 00 (Reserved)	00h – 1Fh	Kill Password	Una contraseña de 32 bits que contiene la etiqueta con el fin de que solo el lector autorizado acceda a la etiqueta.	Control de Información
	20h – 2Fh	Access Password	Una contraseña de 32 bits que contiene la etiqueta con el fin de realizar operaciones privilegiadas.	Control de Información
Bank 01 (EPC)	00h – 0Fh	CRC	16 bits de redundancia cíclica, calculado sobre el contenido del banco de EPC.	Control de Información
	10h – 1Fh	PC Bits	Protocolo de control de bits	Control de Información

Capítulo 2: Propuesta de solución

	20h – End	EPC	Código Electrónico de Producto, más el valor del filtro. El código de producto electrónico es un identificador único global para el objeto físico al que se pone la etiqueta. El valor de filtro proporciona un medio para mejorar la eficiencia de la lectura de la etiqueta mediante la selección de un subconjunto de las etiquetas de interés.	Datos del negocio excepto el valor de filtro, que es de Control de Información.
	210h – 21Fh	XPC Bits	Extendido protocolo de control de bits. Si el bit 16 h del banco de memoria EPC se ajusta a uno, de los bits 210h - 21Fh contienen bits de control de protocolo adicional.	Control de Información
Bank 10 (TID)	00h – End	TID Bits	Proporcionan información sobre la propia etiqueta, en comparación con el objeto físico al que se le pone la etiqueta.	Fabricación de etiquetas de información
Bank 11 (User)	00h – End	DFSID	Lógicamente, el contenido de la memoria de usuario es un conjunto de pares nombre-valor, donde la parte del nombre es un ID y el valor es una cadena de caracteres. Físicamente, los bits de los primeros son un formato de almacenamiento de datos de identificación tal como se especifica en [ISO15961] y [ISO15962]. El DFSID especifica el formato para el resto del banco de memoria de usuario. El DFSID es típicamente ocho bits de longitud, pero podrá ampliarse según se especifica en [ISO15961].	Datos de negocio

La figura 2.6 ilustra con mayor detalle los bits del Banco EPC (Banco 01) y, en particular, muestra los diferentes campos dentro de los bits de protocolo de control (10h - 1Fh). (EPCglobal, 2010) (Glover, y otros, 2006)

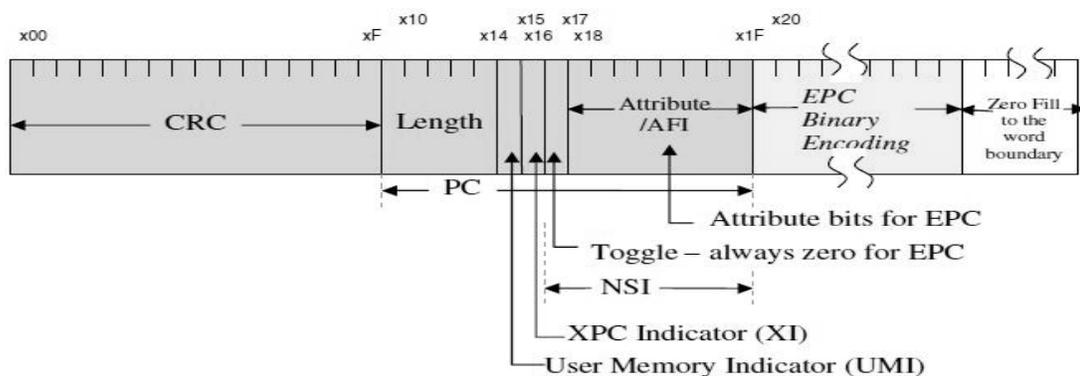


Figura 2.6 - Protocolo de control (PC) Mapa de bits de memoria.

Capítulo 2: Propuesta de solución

Tabla 2.3 - Descripción de los campos del protocolo de control (PC) Mapa de bits de memoria.

Bits	Campo	Descripción
00h- 1fh	CRC (comprobación de redundancia cíclica)	Es una forma de verificar que un bloque de datos no se ha dañado. El remitente del bloque de datos calcula un valor por el tratamiento de todo el bloque como un gran número y divide por un número llamado polinomio de CRC. El resto de esta operación es el CRC. El remitente envía esta convención junto con los datos, y el receptor utiliza el mismo método para calcular un CRC en el bloque de datos para la comparación. Si el CRC del remitente no coincide con el CRC calculado por el destinatario, el destinatario puede solicitar que se vuelva a enviar los datos. Para generar CRC, los protocolos EPC utilizan el polinomio CCITT-CRC, que pasa a ser el mismo polinomio utilizado para la detección de errores en la mayoría de unidades de disco y en el protocolo de transferencia de archivos XMODEM. Este protocolo es un CRC de 16 bits que utiliza el polinomio $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$. Captura el 99,998 por ciento de errores y puede ser más o menos fácil de realizar.
10h – 14h	Length	Representa el número de palabras de 16 bits que comprende el ámbito de protocolo de control y el campo de EPC.
15h	User Memory Indicator (UMI)	Indica si el banco de memoria de usuario está presente y contiene datos.
16h	XPC Indicator (XI)	Indica si el campo XPC está presente
17h	Toggle	Si es cero, indica una solicitud de EPCglobal, en particular, indica que los bits 18h - 1Fh contienen los bits de atributo y el resto del banco EPC contiene un binario codificado EPC. Si es uno, indica que una aplicación que no es EPCglobal, en particular, indica que los bits 18h - 1Fh contienen la Solicitud de la Familia ISO Identificador (AFI) como se define en [ISO15961] y contiene el resto del banco EPC un único elemento identificador (UII) apropiados para la AFI.
18h – 1Fh (if toggle = 0)	Attribute Bits	Los bits que pueden guiar el manejo del objeto físico al que la etiqueta se pone.
18h – 1Fh (if toggle = 1)	AFI	Un identificador para la familia de aplicación que especifica una aplicación que no es EPCglobal para el que se codifica el resto del banco EPC.

Del Bits 17h - 1Fh se conocen colectivamente como el Identificador de Sistema de Numeración (INE). Cabe señalar, sin embargo, que cuando el bit (17h) es cero, el sistema de numeración es siempre el Código Electrónico de Producto, y (18h - 1Fh) contienen los bits de atributo cuya finalidad no guarda ninguna relación con identificar el sistema de numeración utilizado. (EPC, 2006) (Glover, y otros, 2006)

2.5 Comunicación entre el lector y las etiquetas.

La comunicación entre el lector y la etiqueta ocurre de un modo 'empaquetado', de manera que un simple paquete contiene un comando completo proveniente del lector o una completa respuesta proveniente de la etiqueta. (EPCglobal, 2010) (Glover, y otros, 2006)

2.5.1 Comandos.

2.5.1.1 Comandos de inventario.

Query: el lector comienza un inventario mediante la emisión de una orden de consulta, que especifica la sesión y el número de ranuras. Las etiquetas generan números aleatorios para determinar que ranura utilizarán para enviar la respuesta. Las etiquetas que escogen la ranura cero entran en el estado de respuesta, mientras que las etiquetas que escogen otra ranura permanecen en el estado de arbitraje.

Query Adjust: cambia el número de ranuras en una ronda de inventario; puede agregar uno al número de ranuras, restar uno a ese número, o dejar el número igual. Las etiquetas generan números aleatorios y seleccionan los espacios de la nueva gama. Las etiquetas que escogen ranura cero entran en el estado de respuesta, mientras que las etiquetas que escogen otras ranuras permanecen en el estado de arbitraje.

QueryRep: cuando se usa este comando se decrementa el contador de cada etiqueta en uno. Si el contador llega a cero entra en el estado de respuesta, sino permanecen en el estado de arbitraje.

ACK: es una respuesta del lector hacia la etiqueta que contiene un número de 16 bits.

NAK: es un número de 8 bits de longitud. Cuando una etiqueta recibe un NAK vuelve al estado de arbitraje a menos que se encuentre en el estado de macheo o listo, en cuyo caso la etiqueta pasa por alto el NAK.

2.5.1.2 Comandos de acceso.

Los comandos de acceso permiten al lector cambiar el contenido de la memoria de una etiqueta, leer de la memoria, bloqueo de bancos de memoria, machear una etiqueta, o solicitar un número aleatorio de 16 bits generado por la etiqueta. El lector debe identificar una sola etiqueta para poder utilizar cualquiera de los comandos de acceso.

Req RN: respuesta al número aleatorio de la etiqueta.

Capítulo 2: Propuesta de solución

Read: lee datos de un banco en particular de la memoria de etiquetas.

Write: escribe datos en un banco en particular de la memoria de etiquetas. Antes de escribir, el lector emite un Req_RN. La etiqueta responde con un nuevo número aleatorio de 16 bits, que el lector a continuación, utiliza como código de la cubierta para proteger a los 16 bits de datos enviados en el comando de escritura. Para una secuencia de datos largos, la secuencia Req_RN-Write es repetida tantas veces como sea necesario.

Kill: desactiva permanentemente una etiqueta. Tiene el mismo funcionamiento que el comando Write, pero una vez que este comando se completa, la etiqueta no responde a otra solicitud. Sin embargo, si la contraseña de machear de una etiqueta es cero, no hará caso a este comando.

Lock: establece la lectura o escritura de privilegios para los bancos de memoria o contraseñas específicas.

Access (optional): si una etiqueta tiene una contraseña diferente de cero, el lector puede utilizar el comando de acceso para poner una etiqueta que está en el estado abierta en un estado seguro.

BlockWrite (optional): este comando es similar a Write, pero es capaz de escribir varios bloques de 16 bits a la vez sin un código de la cubierta.

BlockErase (optional): este comando permite al lector borrar varios bloques de un banco de memoria. El comando BlockErase está protegido con un código aleatorio de 16 bits.

2.5.1.3 Estado de la etiqueta.

Ready: este es el estado en el que una etiqueta termina el proceso de intercambio de información con el lector y no forma parte del inventario actual.

Arbitrate: este es el estado en el que una etiqueta está en espera y es parte de un inventario, pero aún no se encuentra en la ranura cero.

Reply: cuando una etiqueta entra en el estado de respuesta, genera un número aleatorio de 16 bits y lo envía al lector. Si obtiene un número de 16 bits como respuesta, entra en el estado de reconocido, en caso contrario, vuelve al estado de arbitraje.

Acknowledged: una etiqueta en este estado puede ir a cualquier otro estado, excepto al estado de

Capítulo 2: Propuesta de solución

macheo.

Open: una etiqueta con una contraseña distinta de cero entra en este estado cuando se encuentra en el estado reconocido y recibe un Req_RN del lector. Una etiqueta en este estado puede ir a cualquier estado, excepto al estado de reconocido.

Secured: una etiqueta con una contraseña de cero entra, en este estado, cuando se recibe una Req_RN y se encuentra en el estado reconocido. Una etiqueta con una contraseña distinta de cero entra en este estado desde el estado de abierto cuando recibe un comando de acceso. Una etiqueta en este estado puede entrar en cualquier estado, excepto al estado abrir o reconocido.

Killed: cuando una etiqueta entra en el estado de macheo, envía una respuesta de éxito para el lector y se deshabilita permanente; la etiqueta no responde a una petición de un nuevo lector.

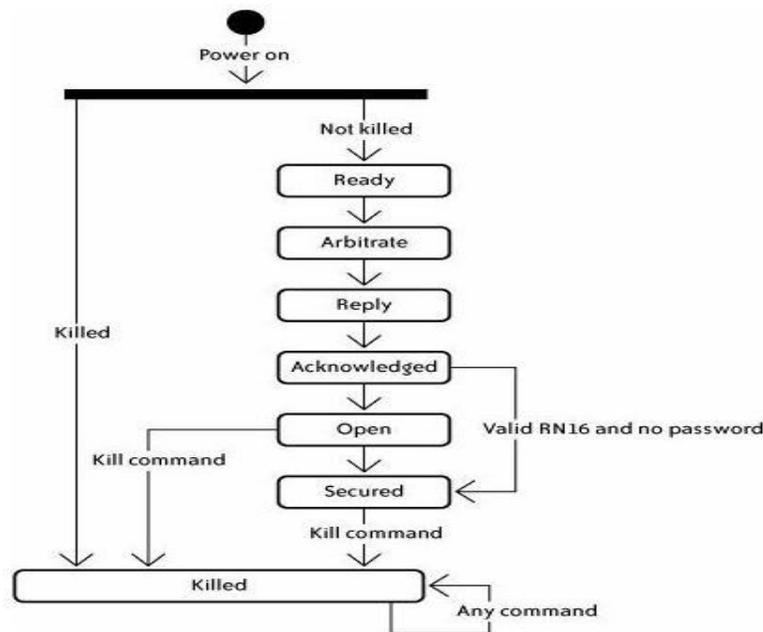


Figura 2.7 - Diagrama de protocolo de estados. (Glover, y otros, 2006)

2.5.2 Protocolos de anti-colisión.

La velocidad de identificación indica que muchas etiquetas pueden ser identificadas en una unidad de

Capítulo 2: Propuesta de solución

tiempo. Para la identificación de varias etiquetas, se utiliza el protocolo de control de acceso al medio (MAC) que se define como un algoritmo de anti-colisión en el estándar RFID. El algoritmo de anti-colisión de árbol binario y ALOHA ranurado son definidos en la norma ISO-18000 Tipo B y C, respectivamente. (Ahson, y otros, 2008)

Los protocolos de anti-colisión de las etiquetas se pueden clasificar en dos enfoques en cuanto a la forma de determinar el punto de tiempo de transmisión como se puede observar en la figura 2.8: (Ahson, y otros, 2008)

- Enfoque basado en árboles: en los protocolos de anticollisión de etiquetas basados en árboles, una etiqueta determina el punto de transmisión en la recepción del mensaje de un lector y realiza un proceso a partir del mensaje, es decir, una decisión de si se debe responder al mensaje.
- Enfoque probabilístico: en los protocolos de anticollisión probabilístico se utiliza un número aleatorio generado por la etiqueta para determinar el punto de transmisión. Cada etiqueta genera un número aleatorio y espera su tiempo de difusión de acuerdo con el número elegido.

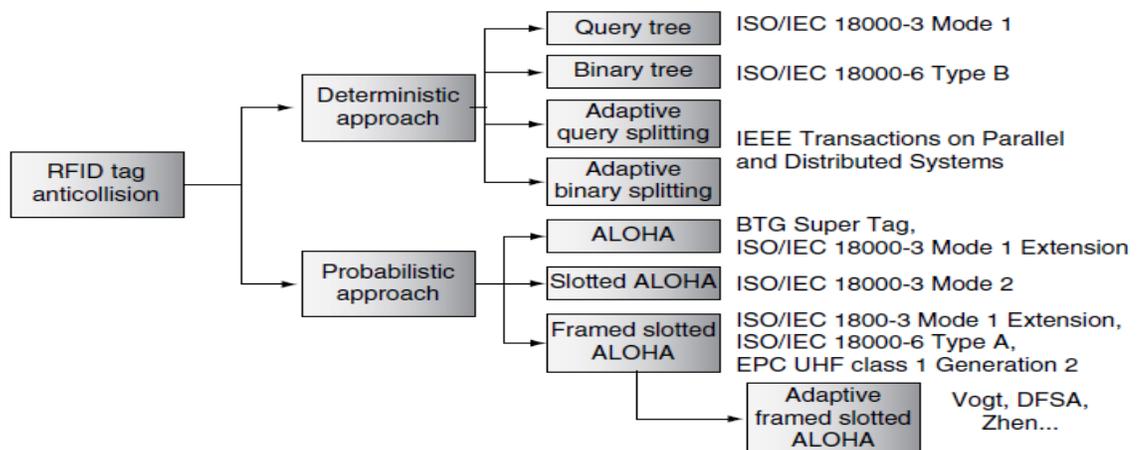


Figura 2.8 – Taxonomía de los protocolos anticollisión de etiquetas RFID.

Con el fin de identificar varias etiquetas, se solicita el método de decisión del estado. Después de recibir la respuesta de la etiqueta, el lector podrá identificar el estado de la respuesta de las etiquetas mediante el examen de las señales recibidas. Si una de las etiquetas responde, el estado se establece como dato correcto UID (número de identificación único). Si más de una etiqueta responde, indica colisión. Después

Capítulo 2: Propuesta de solución

de decidir el estado, el proceso de identificación de múltiples etiquetas se realiza utilizando algoritmos de anti-colisión. Los cambios de operación dependen del resultado del estado de decisión para garantizar que el proceso de identificación se realiza de manera continua y fiable. Por lo tanto el proceso de decisión de estado juega un papel crucial en el proceso anti-colisión. (Ahson, y otros, 2008)

En el proceso de decisión, se definen cuatro estados: Datos, No Response, Collision and Crc Error. Datos indica la identificación exitosa de una sola etiqueta. No Response indica que no hay respuesta de ninguna etiqueta que se reciba en esta ronda de identificación. Collision indica que hay más de una etiqueta enviando la respuesta simultáneamente y pueden causar corrupciones en la información de ellas. Crc Error indica el caso de respuesta de una etiqueta que se recibe con errores, posiblemente causado por la corrupción de la señal.

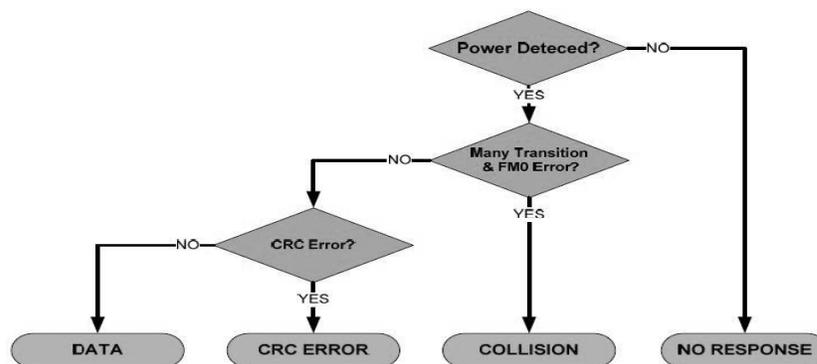


Figura 2.9 – Diseño de la decisión de estado.

2.5.2.1 Protocolo de anticollisión ALOHA Ranurado.

En ALOHA, cada etiqueta genera un número aleatorio y espera a su tiempo de emisión en función del número elegido. Si los datos transmitidos por la etiqueta no son interferidos por otros datos, el lector puede identificar la etiqueta. Una etiqueta sigue haciendo el mismo trabajo después de su transmisión. Si durante el intervalo de transmisión de dos o más etiquetas, una colisión total o parcial se produce; con el fin de resolver problemas parciales de colisión, el tiempo de transmisión se divide en intervalos de tiempo discreto. (Ahson, y otros, 2008)

Capítulo 2: Propuesta de solución

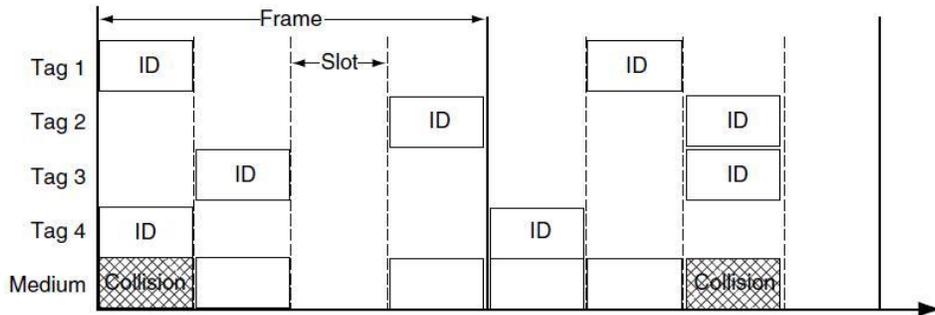


Figura 2.10 - Enmarcado ALOHA Ranurado.

Dado el número de etiquetas y el tamaño del marco, se puede calcular las probabilidades de los sucesos legibles, tiempo inactivo, y la colisión. Mediante el uso de estas probabilidades, se puede calcular la relación de colisión, que es una fracción del número de colisión con el tamaño del marco.

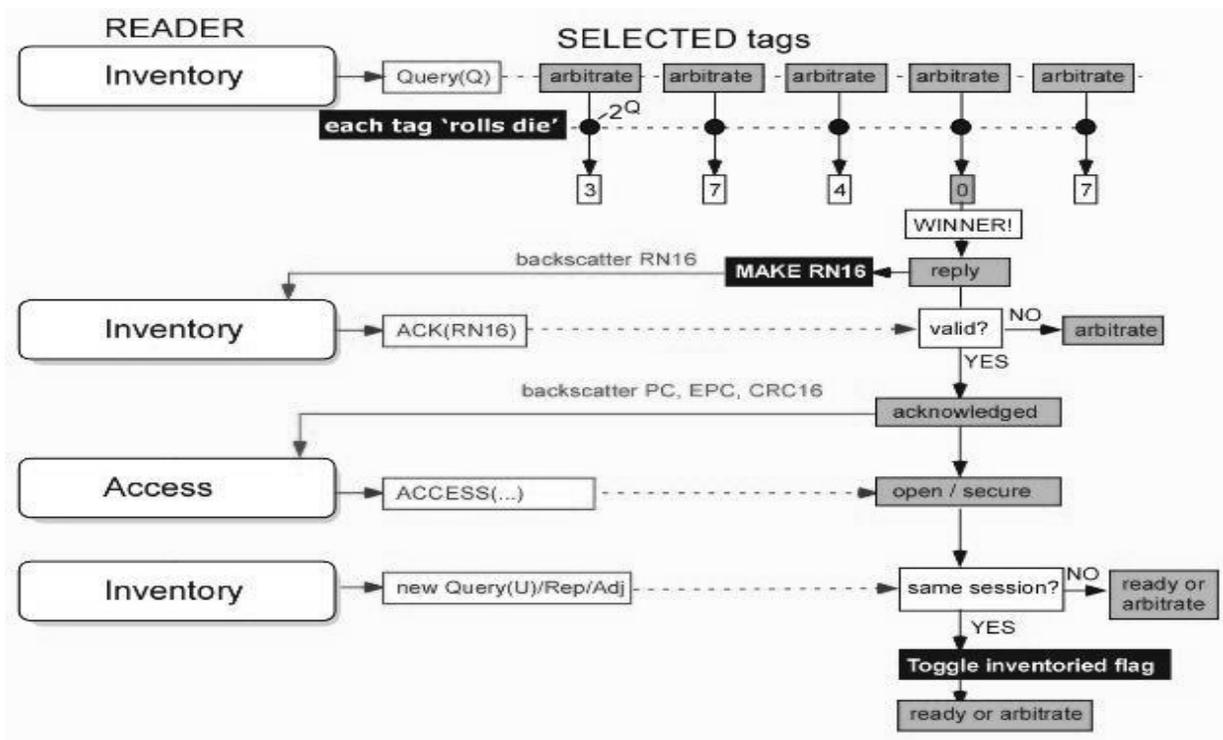


Figura 2.11 - Comunicación lector – etiqueta. (Ahson, y otros, 2008)

En el ejemplo de la figura 2.11 se puede observar que la comunicación lector-etiqueta tiene su inicio cuando el lector emite un comando QUERY, donde cada etiqueta es como un dado de muchos lados,

Capítulo 2: Propuesta de solución

donde se establece el número de lados por el lector. El lector, ya sea después de recibir una respuesta o sin respuesta, puede emitir un comando QUERY REP, haciendo que todas las etiquetas disminuyan sus contadores en uno; cualquier etiqueta que llegue a un valor de contador 0 responde. Si el número de lados se elige correctamente, una y sólo una etiqueta responderá a la mayoría de los comandos de consulta REP.

Aloha Ranurado mejora la escalabilidad del protocolo y reduce las probabilidades de colisión considerablemente. Esto, junto con comparaciones de potencia de la señal recibida por el lector, ha dado lugar a un protocolo, que algunos han afirmado es capaz de leer casi 1.000 etiquetas por segundo.

2.5.3 Comunicación lógica entre el lector y la etiqueta.

En la figura 2.12 se muestra un ejemplo para el inventario y el acceso a una etiqueta RFID usando el protocolo definido en el estándar de la ISO 18000 Parte 6C. (Ahson, y otros, 2008)

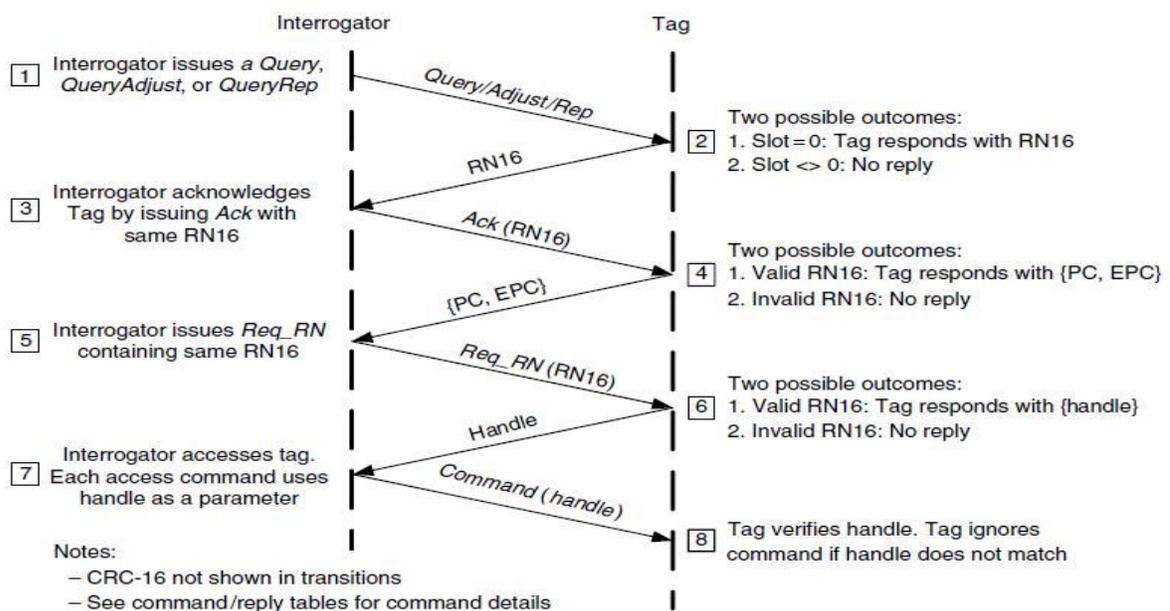


Figura 2.12 - Ejemplo de una transición para el estándar ISO 18000 Part-6c.

En el paso 1, el interrogador (lector) emite una consulta. En el paso 2, la etiqueta responde con un número de 16 bits generado aleatoriamente. El lector reconoce el número al devolver al azar el número de 16 bits en el paso 3. Se selecciona una etiqueta con la cual comunicarse, ya que el número aleatorio está

Capítulo 2: Propuesta de solución

diseñado para evitar la discordia entre varias etiquetas y asegurarse de que el lector se comunica con una sola etiqueta. En el paso 4, sólo la etiqueta que ha emitido el número al azar responde con su PC y EPC, en esencia su identificador. En el paso 5, el lector emite una solicitud de transacción con el mismo número al azar. La etiqueta responde con una operación de la manija en el paso 6. En el paso 7, la transacción se envía un conjunto de datos de confirmación.

Las operaciones de comunicación entre el lector RFID y la etiqueta pueden ser divididas en una serie de primitivas de RFID. El formato de los campos respectivos de cada una de las primitivas necesarias y la respuesta correspondiente se muestra en la figura 2.13 (Ahson, y otros, 2008). El código de comando es un campo único o código de operación que sirve de identificador. Cada primitiva RFID también contiene un subconjunto de campos con diferentes longitudes para los datos presentes en un comando, como se puede deducir de la figura 2.13. Del mismo modo, la respuesta de la etiqueta RFID a cada primitiva tiene campos de longitud variable.

Query command								
QCcmd	DR	M	TRext	Sel	Session	Target	Q	CRC-5
4 bit	1 bit	2 bit	1 bit	2 bit	2 bit	1 bit	4 bit	5 bit

Response

RN16
16 bit

Ack command

AC md	RN
2 bit	16 bit

Response

PC	EPC	CRC-16
16 bit	96 bit	16 bit

Req_RN command

Cmd	RN	CRC-16
8 bit	16 bit	16 bit

Response

RN	CRC-16
16 bit	16 bit

Write command

Cmd	Mem Bank	Word Ptr	Data	RN	CRC-16
8 bit	2 bit	8 bit	16 bit	16 bit	16 bit

Response

Header	RN	CRC-16
1 bit	16 bit	16 bit

Figura 2.13 – Primitivas y formatos de respuestas del estándar ISO 18000 Part-6C.

Un paquete completo desde el lector hacia la etiqueta consiste en ocho campos y cinco bits de paridad entre esos campos. Los campos y los bits de paridad tienen el siguiente formato: (Ahson, y otros, 2008),

Capítulo 2: Propuesta de solución

(EPCglobal, 2010)

[PREAMBL] [CLKSYNC] [SOF] [CMD] [P₁] [PTR] [P₂] [LEN] [P₃] [VALUE] [P₄] [P₅] [EOF]

Tabla 2.4 – Descripción de los campos y bits de paridad de los comandos del lector.

Campo	Número de Bits	Descripción del campo
PREAMBL	8	Comando prefijado con 8 unos binarios.
CLKSYNC	20	Cada comando es prefijado por una serie de 20 ceros binarios para conseguir una apropiada sincronización entre el tag y lector. La circuitería de sincronización usada en la etiqueta usa esta parte del mensaje para establecer su propio reloj de lectura/ decodificación y de las respuestas.
SOF	1	Marca el inicio de la transmisión de datos por parte del lector. Es un uno binario.
CMD	8	Especifica el comando enviado por parte del lector.
P₁	1	Paridad impar del campo CMD.
PTR	8	Puntero a una localización (o índice de bit) en el identificador del tag. El índice del bit empieza en el MSB (el valor del PTR será cero) y acaba en el LSB. Dependiendo del valor del PTR, podrá tener 8 bits (para valores menores que 254), 2 bytes (valores entre 255 y 510), etc. PTR es el punto de partida para empezar búsquedas de valor especificado en el campo.
P₂	1	Paridad impar del campo PTR.
LEN	8	Longitud de datos enviados en el campo VALUE. Dependiendo del valor de VALUE, podrá tener 8 bits (para valores menores que 254), 2 bytes (valores entre 255 y 510), etc. El campo LEN debe ser mayor que cero.
P₃	1	Paridad impar del campo LEN.
VALUE	Variable	Varía en dependencia del comando. Esto son los datos que la etiqueta debe encontrar en su identificador.
P₄	1	Paridad impar del campo VALUE.
P₅	1	Paridad impar de los bits de paridad.
EOF	1	Indica el fin de la transmisión de datos por parte del lector. Es un uno binario.

Capítulo 2: Propuesta de solución

Las etiquetas no mandan comandos al lector, simplemente ejecutan los que les manda el lector. Solo cuenta con un campo adicional **[PREAMBL]** que marca el inicio de la transmisión de los datos. Los demás datos se envían acorde con el banco de memoria que se esté pidiendo y la información que necesite para aplicar los algoritmos de anticolisión.



Figura 2.14 – Ejemplo de un paquete del banco de memoria EPC. (EPCglobal, 2010)

2.6 Modos de comunicación.

La comunicación entre el lector y la etiqueta en un sistema RFID puede darse de dos modos, los cuales se detallan a continuación: (CITIC, 2009)

En el sistema full-dúplex (FDX), la señal de retorno empieza tan pronto como empieza la señal de interrogación y el acumulador se ha cargado. La señal de retorno se recibe repetidamente y sin interrupción mientras se mantenga la señal de interrogación. Consecuentemente, un transponder FDX no necesita almacenar energía para ser capaz de devolver su código entero.

En el sistema half-dúplex (HDX), la señal de retorno empieza sólo después de terminar la señal de interrogación y si el acumulador se ha cargado totalmente. La señal de retorno sólo se envía una vez, dado que la etiqueta vacía su acumulador después de enviar el código.

2.7 Codificación de la señales.

Uno de los principales componentes de un sistema de comunicación RFID es el protocolo de capa física empleada para codificar bits de información. Las características de la capa física para el mecanismo de codificación de bits varían en los diferentes estándares RFID. Por ejemplo, la ISO 18000 en la parte 7, el estándar de etiquetas especifica la codificación Manchester¹¹ para transmitir los datos codificados e

¹¹ **Codificación Manchester:** también denominada codificación bifase-L, es un método de codificación eléctrica de una señal binaria en el que en cada tiempo de bit hay una transición entre dos niveles de señal. Es una codificación autosincronizada, ya

Capítulo 2: Propuesta de solución

interrogadores, mientras que la ISO 18000 parte 6C norma las diferentes características de la capa física de las transacciones entre los lectores y las etiquetas. El Pulso-Intervalo de codificación (PIE) se utiliza para codificar los datos transmitidos por los lectores a las etiquetas, y FM0¹² o la codificación Miller¹³ se utiliza para codificar los datos de retrodispersión de las etiquetas hacia los lectores. (Ahson, y otros, 2008)

2.7.1 Codificaciones PIE, FM0 y Miller.

PIE y FM0 son dos codificaciones diferentes utilizadas en el estándar ISO 18000 Parte 6C. PIE se utiliza para la transmisión de datos y FM0 para retrodispersión de la respuesta, mediante la absorción o reflexión de la transmisión de energía de RF.

Las características de la capa física del PIE se muestran en la figura 2.15a. Las codificaciones para 1 y 0 se basan en un pulso de alta actividad seguido de un espacio de ancho fijo llamado **PW**. La longitud del pulso determina si un 1 o un 0 lo que se codifica. Por lo tanto, el período **T** es diferente para cada valor. A diferencia de las codificaciones anteriores, hay una gran flexibilidad en las longitudes de pulso para un valor válido de PIE-codificado.

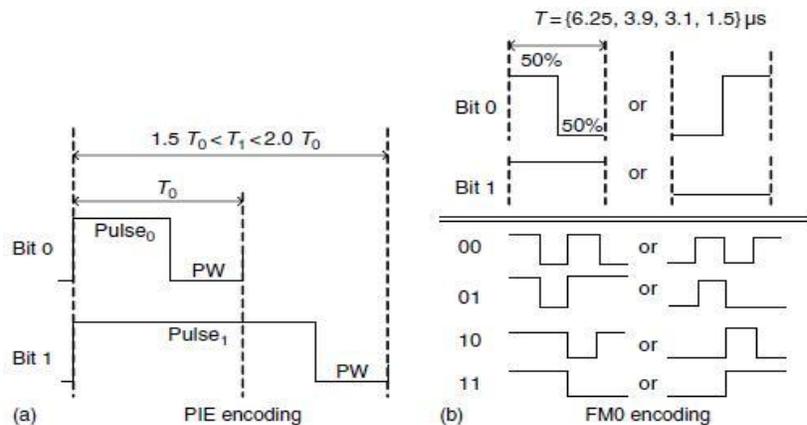


Figura 2.15 - Forma de onda continua para los bits 0 y 1 de las codificaciones PIE y FM0.

Para la codificación PIE en la representación textual que se muestra en la figura 2.16, se introduce la

que en cada bit se puede obtener la señal de reloj, lo que hace posible una sincronización precisa del flujo de datos.

¹² **Codificación FM0:** un binario "0" tiene una transición en medio de un símbolo, mientras que un binario "1" no.

¹³ **Codificación Miller:** es similar a la codificación Manchester, excepto que ocurre una transición en el medio de un intervalo sólo cuando el bit es 1, lo que permite mayores índices de datos.

Capítulo 2: Propuesta de solución

palabra clave **error**, lo que permite que una transición tenga lugar dentro de un rango. Por ejemplo, 7.5 us error de 1.6, significa que la transición puede ocurrir en cualquier parte desde 5.9 hasta 9.1 us. Esto es diferente de **A** que corresponde a las fluctuaciones asociadas a la transmisión de RF. En algunos casos, el propio período puede estar comprendido en un rango que es descrito por la palabra clave **error**. (Ahson, y otros, 2008) (García Candel, 2008)

```
'0': Sig='1' after 0 us & '0' after 3.55 us error 0.65 us;
T= 6.25 us; A=1%;
    Sig='1' after 0 us & '0' after 7.5 us error 1.6 us;
T=12.5 us; A=1%;
    Sig='1' after 0 us & '0' after 15.1 us error 3.3 us;
T= 25 us; A=1%;

'1': Sig='1' after 0 us & '0' after 8.3 us error 2.2 us;
T=10.95 us error 1.55 us; A=1%;
    Sig='1' after 0 us & '0' after 19.95 us error 7.75 us;
T=21.85 us error 3.15 us; A=1%;
    Sig='1' after 0 us & '0' after 33.8 us error 9.5 us;
T= 43.75 error 6.25 us; A=1%;
```

Figura 2.16 - Descripción textual de la codificación PIE.

Las codificaciones de la capa física para FM0 que se muestran en la figura 2.15b, a diferencia de PIE, FM0 es una codificación de tiempo determinado. La velocidad de datos de FM0 puede ser uno de varios valores discretos como se especifica en la norma ISO 18000 Parte 6C estándar, incluyendo 160, 256, 320 y 640 Kbps. El período de una ventana de bits es 6.2, 3.9, 3.1, y 1.5 us con la tolerancia de errores de 7%, 10%, 10% y 15%, respectivamente. Para codificar un 0, debe haber una transición en el centro de una ventana de bits y para codificar un 1 no hay una transición dentro de una ventana de bits, sin embargo, entre los dos bits adyacentes, debe haber una transición en el borde de la ventana de bits.

La representación textual de FM0 se muestra en la figura 2.17. La descripción de FM0 es similar a la forma diferencial de Manchester; se describe la excepción de cada valor que tiene cuatro representaciones diferentes correspondientes a cada uno de los cuatro tipos de datos. Además, la codificación para 1 es más sencilla, ya que no tienen una transición dentro de la ventana de bits y como tal no tiene **&** en la descripción de forma de onda. (Ahson, y otros, 2008)

Capítulo 2: Propuesta de solución

```

'0': if Lprev='0' then Sig='1' after 0 us & '0' after 3.1 us;
     if Lprev='1' then Sig='0' after 0 us & '1' after 3.1 us;
     T=6.2 us; A=7%;

     if Lprev='0' then Sig='1' after 0 us & '0' after 2 us;
     if Lprev='1' then Sig='0' after 0 us & '1' after 2 us;
     T=3.9 us; A=10%;

     if Lprev='0' then Sig='1' after 0 ns & '0' after 1.5 us;
     if Lprev='1' then Sig='0' after 0 ns & '1' after 1.5 us;
     T=3.1 us; A=10%;

     if Lprev='0' then Sig='1' after 0 ns & '0' after 0.7 us;
     if Lprev='1' then Sig='0' after 0 ns & '1' after 0.7 us;
     T=1.5 us; A=15%;

'1': if Lprev='0' then Sig='1' after 0 us;
     if Lprev='1' then Sig='0' after 0 us;
     T=6.2 us; A=7%;

     if Lprev='0' then Sig='1' after 0 us;
     if Lprev='1' then Sig='0' after 0 us;
     T=3.9 us; A=10%;

     if Lprev='0' then Sig='1' after 0 us;
     if Lprev='1' then Sig='0' after 0 us;
     T=3.1 us; A=10%;

     if Lprev='0' then Sig='1' after 0 us;
     if Lprev='1' then Sig='0' after 0 us;
     T=1.5 us; A=15%;

```

Figura 2.17 - Descripción textual de la codificación FM0.

La codificación Modificada de Miller es un esquema de codificación que se emplea a menudo en la comunicación de 10 cm o menos. Esta tiene un pulso bajo en el comienzo de la ventana de bits para codificar un 0 o el pulso bajo tiene un retraso de medio período para codificar un 1. Sin embargo, si un 0 está precedido por un 1, el 0 se codifica sin pulso bajo en absoluto. (Ahson, y otros, 2008)

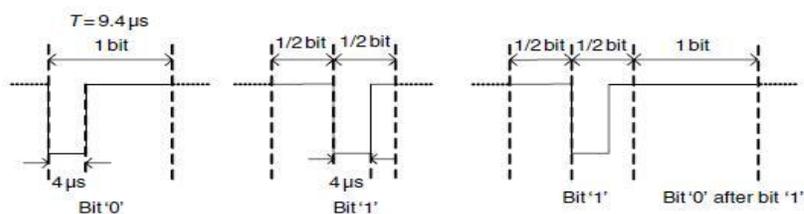


Figura 2.18 - Forma de onda continua para los bits de 0 y 1 de la codificación modificada de Miller.

En la descripción textual se introduce el nuevo campo **Vprev** que corresponde al valor previamente codificado. En el ejemplo de la figura 2.19, la codificación modificada de Miller se muestra durante un período de 9,4 us. Para codificar un 0 en un pulso en el inicio de la ventana **if** en el bit actual fue precedido por un 0 o no tiene pulso, sino **if** precedido por un 1. La codificación de un 1 no especifica un valor **Vprev**.

Capítulo 2: Propuesta de solución

```
'0': if Vprev = '0' then Sig = '0' after 0 us & '1' after 4 us;  
      if Vprev = '1' then Sig = '1' after 0 us;  
T = 9.4 us; A = 5%;  
  
'1': Sig = '1' after 0 us & '0' after 4.7 us & '1' after 4 us;  
T = 9.4 us; A = 5%
```

Figura 2.19 - Descripción textual de la codificación modificada de Miller.

2.8 Bloques de lector RFID definidos mediante la tecnología SDR.

La tecnología de Radio Definida por Software (SDR) soporta múltiples protocolos y tiene gran extensibilidad por lo que tiene un valor significativo para el diseño de un lector RFID multi-protocolo. Por otra parte la banda UHF (860 MHz a 960 MHz) de sistemas RFID ha recibido una enorme atención debido al largo alcance y capacidades de rápida identificación. Esta se compone de dos partes: un lector y las etiquetas. Las acciones de comunicación detallada, que contienen codificaciones, modulaciones, los protocolos de interfaz aérea, entre otros, se deciden en los estándares. (Chang Seok, y otros, 2008)

Type	Modulation	Data Coding	Rate (kbps)
<i>Reader to Tag (Forward link)</i>			
A	ASK	PIE	33
B	ASK	Manchester	10, 40
C	DSB, SSB, PR-ASK	PIE	26.7 to 128
<i>Tag to reader (Return link)</i>			
A	Backscatter	FM0	40
B	Backscatter	FM0	40, 160
C	ASK or PSK	FM0 or Miller	40 to 640

Figura 2.20 - Características básicas de la frecuencia UHF.

2.8.1 Propuesta de la arquitectura del sistema de un lector RFID definido por software.

Los lectores definidos por software serían extremadamente baratos y se pudieran fabricar en el propio país, por lo que se puede experimentar en algunas aplicaciones con ellos. Se trataría de un hardware o “board SDR” sencillo, acoplado a una computadora de bajas prestaciones por la tarjeta de audio (para datos) y por puerto USB (para alimentación). La computadora debe contener una interfaz Ethernet para la comunicación con el software RFID. El software pudiera dividirse en dos niveles: el de procesamiento de señales digitales (DSP) y otro de datos y control, los cuales están diseñados de forma independiente para la eficiencia. El primero de estos niveles tendría un acondicionador de señal, dando paso a un decodificador (régimen de Rx) y un codificador y un modelador o reforzador de señal (régimen de Tx), estos procesos de transmisión y recepción de la señal digital serán explicados en profundidad en el epígrafe 2.8.2. Mientras que la capa de datos y control contendría toda la implementación de los

Capítulo 2: Propuesta de solución

estándares de interpretación de los datos y comandos de control para lectores RFID.

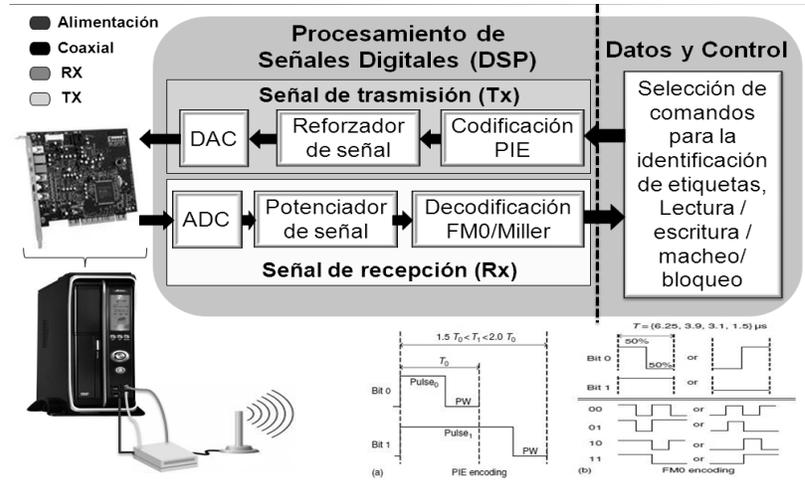


Figura 2.21 – Estructura de un lector RFID definido por software.

El hardware constaría de una antena, una sección de RF o Front-End, un bloque de conversión y la entrada a la computadora. El Front-End llevaría un filtro pasa banda, encargado de limitar la banda de paso, un amplificador de bajo ruido y un último filtro limitando a la banda de la tarjeta de audio.

En una vista de flujo de señales, la arquitectura del sistema completo puede ser dividida en una parte de la señal de transmisión (Tx) y una parte de recepción (Rx).

La comunicación se inicia desde la parte (Tx). En primer lugar, el elemento de control selecciona el comando de acuerdo al estado del lector y la señal recibida anteriormente. El comando seleccionado está codificado de acuerdo al formato definido en los estándares y a continuación se procesan las señales digitales (Epígrafe 2.8.2.1) y es enviado a la parte analógica del sistema RFID. En parte analógica, las señales analógicas se modularán de señales de banda base a señales RF. Por último las señales de RF se moverán a la antena y serán enviadas a la etiqueta RFID. La etiqueta recibe el comando del lector y enviará señales de respuesta al lector en función de su estado y el tipo de comando recibido.

En la parte (Rx) del lector, las señales recibidas de la etiqueta son filtradas por el filtro pasa banda obteniéndose la señal de banda base. Luego la señal banda base es procesada por el subsistema de procesamiento de señal digital (Epígrafe 2.8.2.2).

Capítulo 2: Propuesta de solución

El resultado de la decodificación determinará la situación de la decisión del estado, como la colisión de los datos o no. El estado se envía a la parte de control y el siguiente comando del lector a la etiqueta estará en función de la decisión del estado. A continuación, una nueva ronda de operaciones de transmisión y recepción repetirá.

2.8.2 Fichas de Procesos.

2.8.2.1 <Ficha de proceso de transmisión de señales digitales>

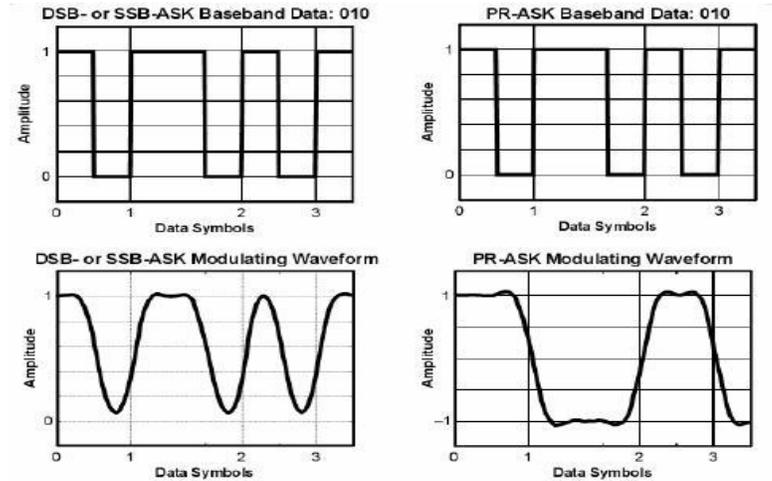
Ficha de Proceso	
Proceso:	Trasmisión de señales digitales
Descripción:	Es el proceso de transformación de la señal digital antes de convertirla a señal analógica.
Entradas:	Secuencia de números binarios que están en dependencia de los comandos e información que el lector necesite transmitir.
Salidas:	Señal analógica modulada.
Procesos asociados:	Datos y control, Conversión analógica- RF.
Reglas del Negocio:	-
Clasificación:	Principal
Flujo básico:	1,2,3,4,5,6

Actividades Principales

1. Obtener número binarios.	Se obtienen la secuencia de números binarios que contienen la información del comando emitido por el lector RFID.
2. Codificar números binarios.	Se codifica la secuencia de información de la actividad anterior a través de la codificación pulso-intervalo o ancho de pulso. Las codificaciones para 1 y 0 se basan en un pulso de alta actividad seguido de un espacio de ancho fijo llamado PW . La longitud del pulso determina si un 1 o un 0 lo que se codifica. Por lo tanto, el período T es diferente para cada valor, siendo más corto el pulso en caso de que se codifique un 0.
3. Modular señal	Según el estándar EPC Class Gen 2, lector puede enviar información a una o más etiquetas de varios formatos de modulación diferente. La portadora de RF puede ser modulada por el

Capítulo 2: Propuesta de solución

cambio de amplitud de doble banda lateral de claves (DSB-ASK), cambio de amplitud de banda lateral única de claves (SSB-ASK), o cambio de la amplitud de fase invertida de claves (PR-ASK), utilizando un formato de codificación de pulso del intervalo.



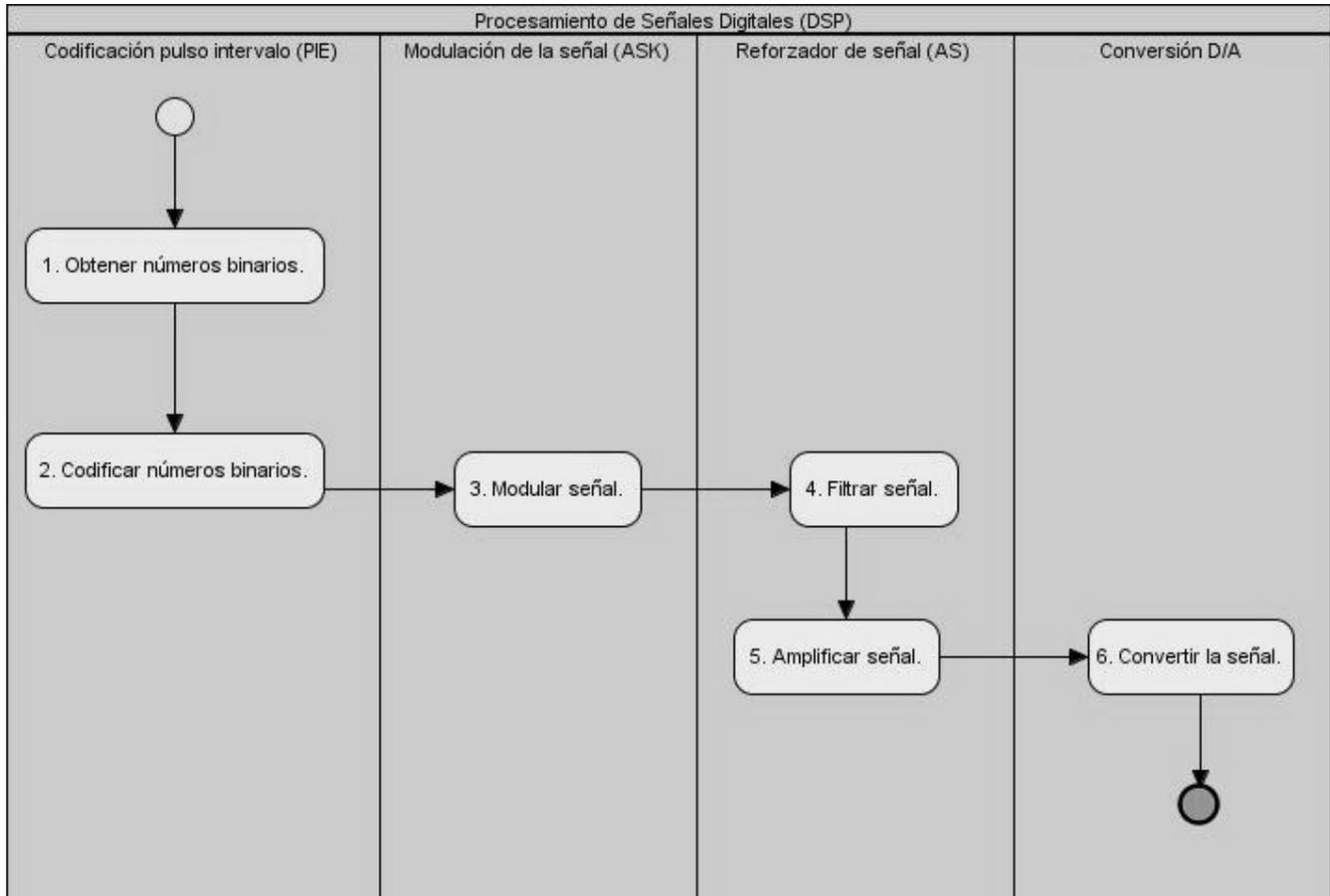
En la figura anterior se muestra de manera gráfica como sería el proceso de modulación de la señal que se encuentra en pulsos binarios mediante SSB-ASK o PR-ASK y a través de transformadas de Fourier.

- | | |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. Filtrar señal. | Se filtra la señal codificada para solo utilizar la señal que se necesita transmitir y eliminar las demás, entre ellas el ruido. |
| 5. Amplificar señal. | Se encarga de incrementar la intensidad o la potencia de la señal que se le aplica a la entrada; obteniéndose la señal <i>umentada</i> a la salida para una utilización óptima del nuevo ancho de banda. |
| 6. Convertir señal | Se encarga de convertir la señal digital en banda base a través de la comparación entre la tensión de entrada y la proporcionada por el convertor D/A ¹⁴ aplicado a un generador de números binarios; se trata de aproximar el número-resultado a aquel cuya correspondiente tensión analógica es igual a la de entrada. |

Diagrama de Proceso

¹⁴ **Convertor digital-analógico** o DAC (Digital to Analogue Converter): es un dispositivo para convertir datos digitales en señales de corriente o de tensión analógica. Las resistencias varían en proporciones definidas y el flujo de corriente de cada uno está directamente relacionado con el valor binario del bit recibido.

Capítulo 2: Propuesta de solución



2.8.2.2 <Ficha de proceso de recepción de señales digitales>

Ficha de Proceso

Proceso: Recepción de señales digitales.

Descripción: Recepción de la señal I^{15}/Q^{16} hasta que es entregada la información al bloque de datos y

¹⁵ **I: Señal en Fase** o **Señal I** ("In phase signal"): es la señal convertida correspondiente a la original no desfasada.

¹⁶ **Q: Señal en Cuadratura** o **Señal Q** ("Quadrature signal"): es la señal convertida correspondiente a la señal original desfasada +90 (o -90) grados.

Capítulo 2: Propuesta de solución

	control
Entradas:	Señal I / Q
Salidas:	Información en secuencia de número binarios
Procesos asociados:	Conversión RF-analógica, Datos y control.
Reglas del Negocio:	-
Clasificación:	Principal
Flujo básico:	1,2,3,4,5,6,7

Actividades Principales

1. Obtener la señal digitalizada I. Se obtiene la señal I modulada que contiene la información con la respuesta emitida por la etiqueta al comando enviado por el lector.

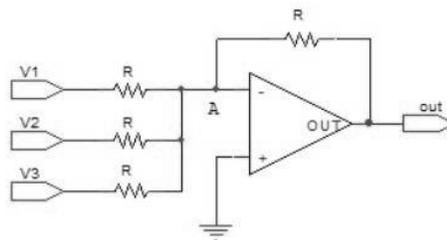
2. Obtener la señal digitalizada Q. Se obtiene la señal Q modulada que contiene la información con la respuesta emitida por la etiqueta al comando enviado por el lector.

Suma ambas señales. El punto A es una tierra virtual y por tanto la corriente de entrada vale: $I_n = V_1/R + V_2/R + V_3/R$

Se obtiene:

$$V_{out} = -(V_1+V_2+V_3)$$

3. Sumador de señales Las entradas pueden ser positivas o negativas. En el caso de que las resistencias sean diferentes entre sí, se obtiene una suma ponderada. Esto vale por ejemplo para hacer un sumador binario si las resistencias fuesen por ejemplo R, 2R, 4R, 8R, etc., y de hecho constituye el fundamento de un convertidor analógico-digital. (Cárdaba, 2008)



Capítulo 2: Propuesta de solución

4. Convertir señal Se encarga del muestreo, cuantificación y codificación de la señal en el proceso de conversión de la señal banda base en digital A/D¹⁷.

La señal digital que resulta tras la cuantificación es sensiblemente diferente a la señal eléctrica analógica que la originó, por lo que siempre va a existir una cierta diferencia entre ambas que es lo que se conoce como error de cuantificación lo que se puede convertir en un ruido. Por tanto el filtrado se encarga de eliminar el ruido generado como subproductos indeseables, así como los canales indeseados.

5. Filtrar la señal El filtro que se utilizará es el **filtro de Butterworth** es uno de los filtros electrónicos más básicos, diseñado para producir la respuesta más plana que sea posible hasta la frecuencia de corte. En otras palabras, la salida se mantiene constante casi hasta la frecuencia de corte, luego disminuye a razón de $20n$ dB por década (ó $\sim 6n$ dB por octava), donde n es el número de polos del filtro.

6. Potenciar la señal Se encarga de incrementar la intensidad o la potencia de la señal que se le aplica a la entrada; obteniéndose la señal *aumentada* a la salida.

Según el estándar EPC Class Gen 2, la señal binaria modulada puede ser por cambio de amplitudes (ASK=Amplitude Shift Keying) o modulación por cambio de fase (PSK= Phase Shift Keying). El objetivo de la demodulación es alterar el valor de la frecuencia, amplitud o fase de una onda permitiendo un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información en forma simultánea, protegiéndola de posibles interferencias y ruidos.

7. Demodular la señal **ASK:** Consiste en cambiar la amplitud de la sinusoides entre dos valores posibles; si uno de los valores es cero se le llama OOK (On-Off keying). Definamos una señal $b(t)$ que toma el valor de 1 cuando el bit enviado es un UNO y -1 cuando el bit enviado es un CERO. La señal ASK puede expresarse como: (WEBdiee, 2010)

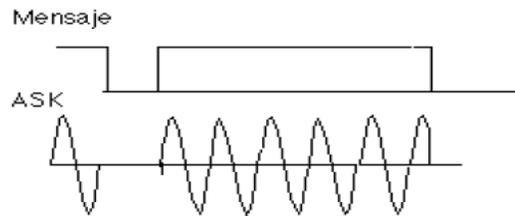
$$s_{ASK}(t) = \sqrt{2P_s} \left(\frac{b(t)+1}{2} \right) \text{Sen} \omega_c t = \sqrt{\frac{P_s}{2}} (b(t)+1) \text{Sen} \omega_c t$$

A continuación se ilustra un ejemplo de un mensaje en ASK y el resultado del mensaje

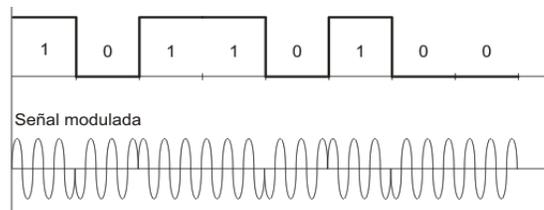
¹⁷ **Convertidor analógico digital** o ADC (Analogue to Digital Converter), circuito electrónico que convierte una señal analógica en digital. La señal analógica, que varía de forma continua en el tiempo, se conecta a la entrada del dispositivo y se somete a un muestreo (cuantificación discreta, o asignación de un valor numérico a una determinada intensidad de la señal) a una velocidad fija, obteniéndose así una señal digital a la salida del mismo.

Capítulo 2: Propuesta de solución

demodulado.



PSK: es una modulación de fase donde la señal moduladora (datos) es digital. A continuación se ilustra un ejemplo de un mensaje en PSK y el resultado del mensaje demodulado. (Textos Científicos, 2005)



8. Decodificar señal

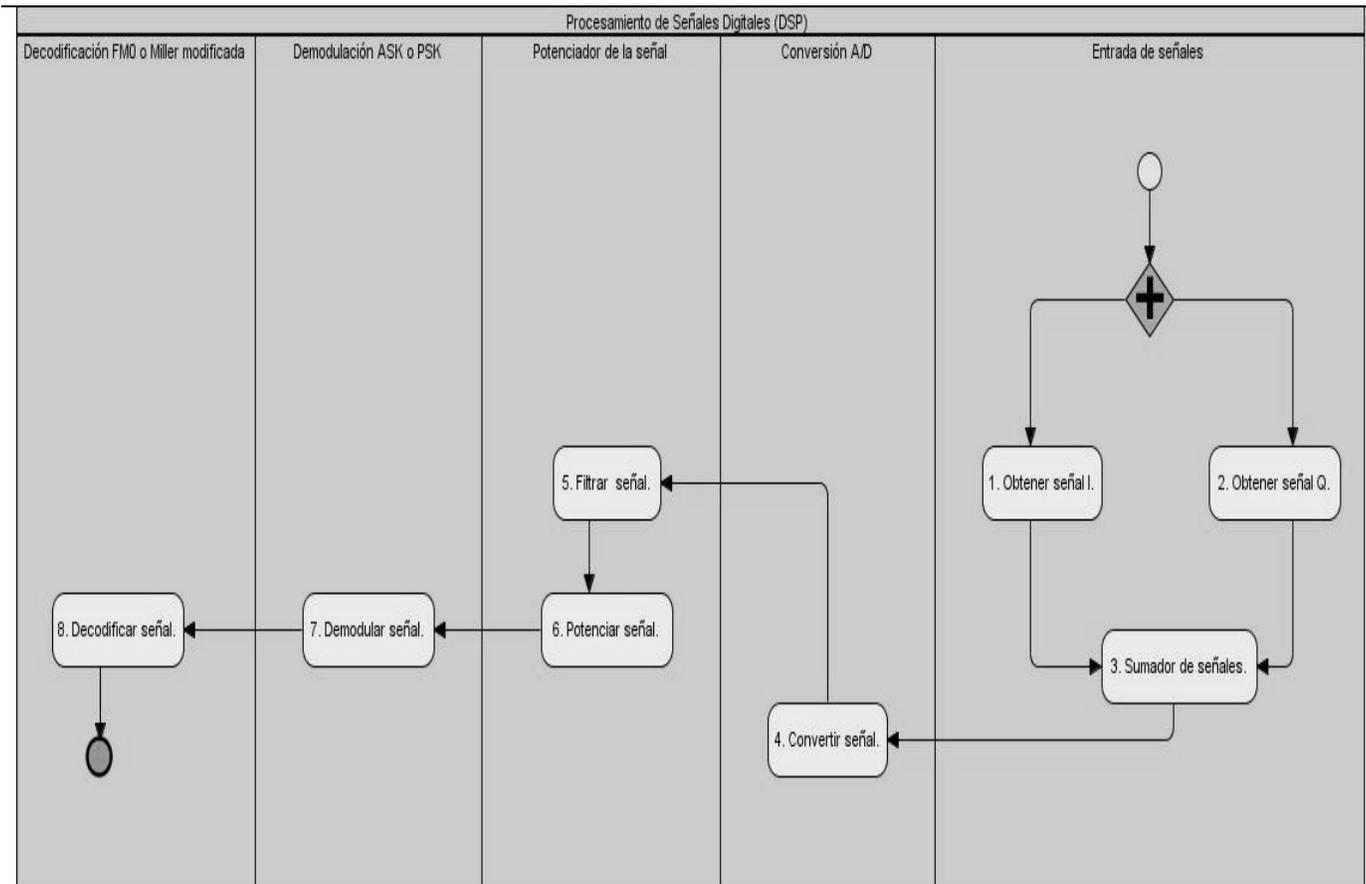
Se decodifica la señal para dejarla en una secuencia de números binarios que contiene la información enviada por la etiqueta. Según el estándar EPC se utilizan dos formas para decodificar la señal digital:

En **FMO** el período de una ventana de bits es de 6.2, 3.9, 3.1, y 1.5 us. Para codificar un 0, debe haber una transición en el centro de una ventana de bits y para codificar un 1 no hay una transición dentro de una ventana de bits, sin embargo, entre los dos bits adyacentes, debe haber una transición en el borde de la ventana de bits.

En la **Modificada de Miller** se tiene un pulso bajo en el comienzo de la ventana de bits para codificar un 0 o el pulso bajo tiene un retraso de medio período para codificar un 1. Sin embargo, si un 0 está precedido por un 1, el 0 se codifica sin pulso bajo en absoluto.

Diagrama de Proceso

Capítulo 2: Propuesta de solución



2.9 Tarjetas de audio.

La tarjeta de sonido o placa de sonido es una tarjeta de expansión para computadoras que permite la entrada y salida de audio bajo el control de un programa informático llamado controlador (en inglés driver). (Curtis, 2010)

Incorpora un chip de sonido que por lo general contiene el conversor digital-analógico, el cual cumple con la importante función de "traducir" formas de ondas grabadas o generadas digitalmente en una señal analógica y viceversa (conversor analógico-digital). (Isaac, 2005)

Para grabar y reproducir audio al mismo tiempo con la tarjeta de sonido debe poseer la característica "full-dúplex" para que los dos conversores trabajen de



Capítulo 2: Propuesta de solución

forma independiente.

Las prestaciones de un receptor SDR dependen totalmente de las prestaciones del chip DSP que procesa las señales I y Q, y en consecuencia, de que la tarjeta de sonido empleada en el ordenador contenga un chip DSP de mejores o peores prestaciones.

Se debe tener en cuenta que la tarjeta de sonido procesa el audio entregado por el hardware o circuitería física del receptor SDR, y es una banda de audiofrecuencia que es digitalizada por un conversor A/D, procesada digitalmente por el DSP de la tarjeta y por el software SDR, y convertida de nuevo a sonido analógico mediante un conversor D/A, para escucharla en los altavoces conectados a la tarjeta de sonido. (Fernández de Villegas, 2008)

La resolución del chip DSP (o de la tarjeta de sonido que lo soporta) indica el número de bits por muestra de señal analógica digitalizada. Cuanto mayor sea esta resolución, mayor será el rango dinámico del equipo SDR. Actualmente, la mayoría de las tarjetas de sonido para ordenador son de 16 bits de resolución.

La frecuencia de muestreo determina el ancho de banda máximo que podrá filtrar, monitorizar y procesar simultáneamente la tarjeta de sonido o el dispositivo DSP y el ancho de banda monitorizado corresponde a la mitad de la frecuencia de muestreo empleada. La frecuencia de muestreo oscila de 48 a 192 KHz. (Fernández de Villegas, 2008)

Si se quiere emplear para procesar señales de RF de varios MHz de frecuencia, recibidas en la antena y dado que la tarjeta de sonido no puede manejar frecuencias tan elevadas, es necesario convertir las señales de RF a señales de frecuencias muy inferiores, en el rango de frecuencias que puede aceptar la tarjeta de sonido (es decir, en el rango de las bajas frecuencias), manteniendo éstas el mismo esquema de modulación de las señales de RF. El sistema más habitual para convertir una señal de una banda de frecuencias a otra es mediante el uso de un mezclador, el cual combina dos señales, la que se recibe en antena, con la procedente de un oscilador local, la cual será una señal pura sin modular.

En un receptor que opera por conversión de frecuencias se debe introducir un filtrado adicional a la salida del mezclador, para dejar pasar la señal que interese.

2.10 Conclusiones parciales.

En este capítulo se realizó un análisis de las frecuencias en las que operan las señales RFID entre el lector y las etiquetas. La frecuencia que se propone es UHF debido a que la velocidad de transferencia de datos es mayor, posee un amplio espectro de cobertura, una escasa interferencia provocada por los medios electrónicos y soporta protocolos de anticollisión que hace que se puedan leer simultáneamente mayor número de etiquetas.

Se hizo un estudio de las normas ISO y el estándar EPC que son utilizados para establecer el uso de la tecnología RFID a nivel mundial. Se propone la utilización del estándar de codificación de datos EPC por ser libre en cuanto a su uso, además la longitud del tamaño de código puede ser variable dependiendo del uso para el cual se destine. También está diseñado explícitamente para la tecnología RFID y está supervisado por la norma ISO.

También se realizó un estudio de los datos almacenados en las etiquetas y los bancos de memoria en que se dividía la misma. Se especificó detalladamente cómo se lleva a cabo la comunicación y el intercambio de datos entre el lector y la etiqueta, así como la secuencia, orden y formato que poseen dichos datos.

Se propuso la tecnología SDR como alternativa de solución para la confección de un lector RFID definido por software definiéndose los componentes necesarios para la creación de dicho lector definido por software, así como la comunicación entre dichos componentes. Además se plasmaron algunos componentes de hardware necesarios para el funcionamiento de dicho lector.

Por último se realizó una descripción gráfica y textual de los procesos de transmisión y recepción del bloque de procesamiento de señales digitales del lector RFID definido por software, quedando plasmado la interacción de la codificación, modulación, decodificación, demodulación y tratamiento de las diferentes señales para obtener un procesamiento efectivo y lo más fiel posible a la señal inicial.

Capítulo 3: Validación de la solución propuesta

3.1 Introducción.

En el presente capítulo se realiza la validación del modelo propuesto teniendo en cuenta las valoraciones y criterios de un pequeño panel de especialistas en el tema y el empleo de una representación gráfica de los datos recogidos en la encuesta realizada a los mismos. Se utilizaron técnicas propuestas por el método Delphi, basado en el criterio de expertos para la obtención y modelado de estos criterios.

3.2 Método Delphi.

El método Delphi, cuyo nombre se inspira en el antiguo oráculo de Delphos, fue ideado originalmente a comienzos de los años 50 en el seno del Centro de Investigación estadounidense RAND Corporation por Olaf Helmer y Theodore J. Gordon, como un instrumento para realizar predicciones sobre un caso de catástrofe nuclear. Desde entonces, ha sido utilizado frecuentemente como sistema para obtener información sobre el futuro. (Facultad de CC.EE. y Empresariales.)

Linston y Turoff definen la técnica Delphi como: “Un método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo”. (Facultad de CC.EE. y Empresariales.)

Este método consiste en la selección de un grupo de expertos a los que se les encuesta la opinión sobre cuestiones referidas a acontecimientos del futuro. La capacidad de predicción del método se basa en la utilización sistemática de un juicio intuitivo emitido por un grupo de expertos. Es decir, el método Delphi procede por medio de la interrogación a expertos con la ayuda de cuestionarios sucesivos, a fin de poner de manifiesto convergencias de opiniones y deducir eventuales consensos.

La encuesta es realizada de forma anónima por lo que la calidad de los resultados depende del cuidado que se ponga en la confección del cuestionario y en la elección de los expertos a consultar. (Facultad de CC.EE. y Empresariales.)

Dentro de las características que presenta se puede encontrar:

- Anonimato: Durante el Delphi ningún experto conoce la identidad de los otros que componen el grupo de debate.

Capítulo 3: Validación de la solución propuesta

- Iteración y realimentación controlada: La iteración se consigue al presentar varias veces el mismo cuestionario, para que los expertos vayan conociendo los diferentes puntos y puedan ir modificando su opinión.
- Respuesta del grupo en forma estadística: La información que se presenta a los expertos no es solo el punto de vista de la mayoría sino que se presentan todas las opiniones indicando el grado de acuerdo que se ha obtenido.
- Heterogeneidad: Pueden participar expertos de determinadas ramas de actividad sobre las mismas bases.

Teniendo en cuenta las características de la investigación se decide utilizar el método Delphi, ya que mediante este los expertos deben predecir los resultados a alcanzar con la propuesta elaborada para obtener información sobre el futuro, permitiendo a través de esto arribar a conclusiones acerca de la validez de la guía confeccionada. El procesamiento estadístico y matemático de la información es la característica más importante del método que lo diferencia del resto de los métodos, ya que la decisión final que se toma es un criterio fuertemente avalado por la experiencia y conocimiento del colectivo de expertos consultado. (Izquierdo Moreno, y otros)

A continuación, se detallan los pasos necesarios para la aplicación del método al problema en cuestión:

- Selección de los expertos.
- Elaboración del cuestionario para la validación de la propuesta.
- Cálculo de concordancia entre los expertos.

3.2.1 Selección de expertos.

“Se entiende por experto, tanto al individuo en sí, como a un grupo de personas u organizaciones capaces de ofrecer valoración conclusiva de un problema en cuestión y hacer recomendaciones respecto a sus momentos fundamentales con un máximo de competencia.” (Caseres, 2006)

Luego de analizar detenidamente esta definición de experto se entiende como tal a un individuo o persona que posee conocimiento y experiencia en un área determinada. Una persona capaz de interpretar

Capítulo 3: Validación de la solución propuesta

correctamente las informaciones sobre dicha área, de ofrecer valoraciones conclusivas de un problema en cuestión y hacer recomendaciones al respecto.

La selección de los expertos es sin lugar a dudas un paso de gran importancia, de este depende en cierto grado la calidad de los resultados. Debido a esto se decide seleccionar a profesores titulares de las asignaturas de Teleinformática de la UCI y la CUJAE, a ingenieros informáticos que trabajan en proyectos relacionados con la Teleinformática e ingenieros en telecomunicaciones que pertenecen al movimiento de radioaficionados de Cuba como los expertos para la investigación. Ellos son especialistas con una vasta experiencia en los diferentes temas relacionados con las tecnologías de auto-identificación, procesamiento digital de señales y la utilización de la tecnología SDR como alternativa a las implementaciones definidas por hardware.

3.2.1.1 Determinar la cantidad de expertos.

Este método no tiene definido un número exacto de expertos, sin embargo un grupo de investigadores del tema indican que este número debería estar comprendido entre un mínimo de cinco y un máximo de treinta expertos. Utilizando este criterio como punto de partida se seleccionó una muestra de siete expertos para la confección del panel, todos con experiencia en las tecnologías mencionadas en el presente trabajo.

3.2.1.2 Confirmación de participación de los expertos.

Luego de la selección realizada se invitó personalmente a cada experto a participar en la evaluación. Al ser confirmada su participación, se estableció el listado final de los expertos, informando a cada uno su inclusión en el proceso a evaluar, las instrucciones necesarias para contestar las preguntas y el plazo de entrega. De esta forma culmina el proceso de selección, obteniendo la colaboración de los expertos seleccionados.

3.2.2 Elaboración de la encuesta.

Para obtener resultados fiables se definen los atributos (P) a evaluar por los especialistas, estos deben ser precisos, medibles e independientes. Los atributos que fueron identificados son:

P1: Nivel de conocimiento en el campo de las tecnologías de auto-identificación.

Capítulo 3: Validación de la solución propuesta

P2: Importancia o necesidad de llevar a cabo un adecuado control de los activos a través de las tecnologías de auto-identificación.

P3: Necesidad de la definición de un lector RFID definido por software.

P4: Nivel de completitud de la propuesta.

P5: Correcta definición de los procesos.

P6: Nivel de efectividad de los procesos.

P7: Posibilidad de aplicación de los procesos.

Estos atributos constituyen las bases de la encuesta elaborada (Anexo # 1), que será realizada de manera anónima a cada uno de los especialistas y con una serie de preguntas que permiten visualizar la posibilidad real de aplicar la propuesta. Se ofrece a los expertos la posibilidad de modificar aspectos que ellos consideren necesarios y presentar su opinión general, a favor o en contra de los indicadores propuestos, con la libertad de expresar sus criterios. Se les proporcionó un plazo de tiempo en el que pudieran hacer un análisis profundo y hacer entrega de la misma.

3.2.3 Cálculo de concordancia entre los expertos.

Luego de obtener los resultados de las encuestas se prosiguió a construir la matriz de rango que a continuación se presenta:

Nota 1: Se da una puntuación de 1 si la respuesta de los especialistas ha sido positiva y 0 si la respuesta ha sido negativa.

Nota 2: En los atributos P3, P6 y P7 se dará una puntuación de 2/3/4 para baja/media/alta respectivamente.

Nota 3: En el atributo P1 se dará una puntuación de 2 si es menor que 3. Si es mayor que 4 y menor que 7 tendrá una puntuación 3. Si es mayor que 7 tendrá una puntuación de 4.

Capítulo 3: Validación de la solución propuesta

Especialista Preguntas	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
P1	3	3	4	3	4	4	3
P2	0	1	1	1	1	0	1
P3	4	3	3	4	3	3	3
P4	0	1	1	1	1	1	1
P5	0	1	1	1	1	1	0
P6	4	4	4	3	4	4	4
P7	3	4	4	3	4	4	4

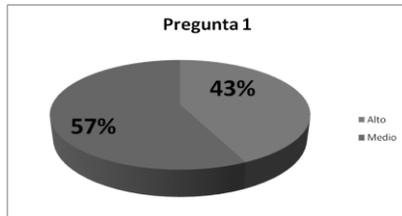
Se procedió posteriormente a determinar el grado de concordancia entre los expertos, con respecto a las evaluaciones que hicieron. Para ello se determinó utilizar el coeficiente de Kendall (W).

El coeficiente W de Kendall es una medida de la concordancia de los especialistas y por definición del Método Delphi, el resultado debe moverse en un rango de 0 a 1 y debe ser siempre $W > 0,5$ porque cuanto más se acerque el coeficiente a 1, mayor será el grado de concordancia entre los expertos. En el estudio realizado resultó ser un aproximado de $W = 0.631$, por tanto la propuesta resultó ser aceptada y con un nivel de concordancia alto con respecto a los criterios que fueron evaluados.

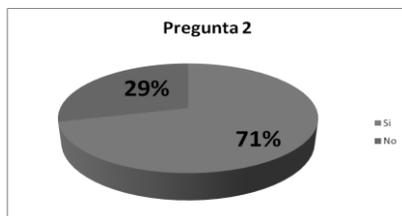
El valor del nivel crítico (0,001) es menor que 0,05, por tanto se puede rechazar la hipótesis de concordancia nula y concluir que entre las puntuaciones de las variables estudiadas existe asociación significativa.

De acuerdo a los criterios emitidos por los especialistas sobre la propuesta de la modelación de los procesos de transmisión y recepción de las señales del bloque DSP de un lector definido por software se resume que:

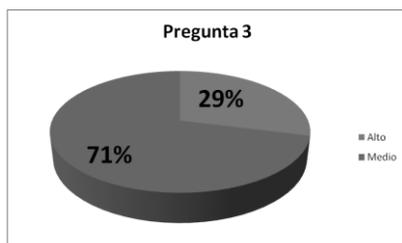
Capítulo 3: Validación de la solución propuesta



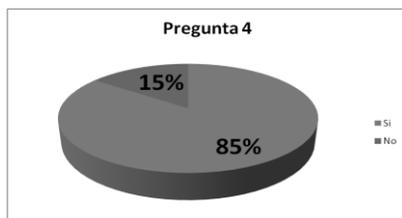
En el gráfico de la pregunta 1 el 57% de los especialistas opinan que el nivel de conocimiento en el campo de las tecnologías de auto-identificación es alto.



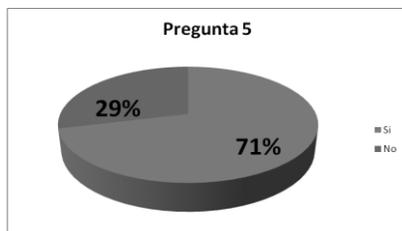
En el gráfico de la pregunta 2 el 71% de los especialistas opinan que es de gran importancia llevar a cabo un adecuado control de los activos a través de las tecnologías de auto-identificación.



En el gráfico de la pregunta 3 el 71% de los especialistas opinan con un alto grado que es necesaria la definición de un lector RFID definido por software para contribuir a la utilización de la tecnología RFID, con el objetivo de abaratar los costos de los lectores y mantener las prestaciones que realizan.

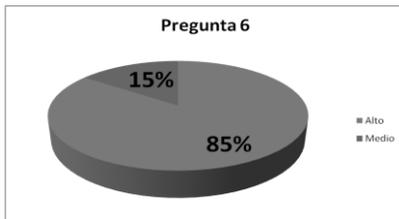


En el gráfico de la pregunta 4 el 85% de los especialistas consideran que la propuesta presentará un buen control y calidad del procesamiento de la señal digital.

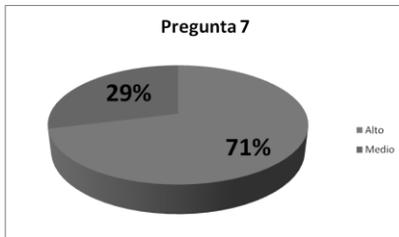


En el gráfico de la pregunta 5 el 71% de los especialistas valoran que es correcta la definición de las actividades de los procesos de transmisión y recepción de señales para realizar un tratamiento adecuado del procesamiento digital de la señal de un lector RFID definido por software.

Capítulo 3: Validación de la solución propuesta



En el gráfico de la pregunta 6 el 100% de los especialistas valora entre Alta y Media nivel de efectividad de los procesos para el procesamiento digital de señales de un lector RFID definido por software.



En el gráfico de la pregunta 7 refleja que el 71% de los encuestados opinan que existe una alta posibilidad de aplicar los procesos en la implementación del subsistema procesamiento digital de señales de un lector RFID definido por software.

De manera general se pudo determinar que todos los expertos estuvieron de acuerdo con la modelación de los procesos de transmisión y recepción de las señales del bloque DSP de un lector definido por software. Por tanto, teniendo en cuenta la concordancia aceptable lograda en esta ronda; establecida con el objetivo de valorar y validar la propuesta, se concluye satisfactoriamente la aplicación del método Delphi sin necesidad de recurrir a una segunda ronda de cuestionarios.

3.3 Conclusiones parciales.

En el presente capítulo se validó la propuesta de los procesos de transmisión y recepción de las señales en el bloque DSP de un lector RFID definido por software mediante el Método Delphi, el cual permitió realizar un análisis de los criterios de cada uno de los expertos consultados y determinar el índice de aceptación que tiene la propuesta de la investigación, obteniéndose una alta concordancia en el criterio de cada uno de ellos y una alta aceptación de los procesos definidos con el objetivo de utilizar la tecnología SDR para implementar un lector RFID definido por software.

Conclusiones generales

Con la realización del presente trabajo se arriba a las siguientes conclusiones generales:

- La frecuencia que se propone es UHF debido a que la velocidad de transferencia de datos es mayor, posee un amplio espectro de cobertura, una escasa interferencia provocada por los medios electrónicos y soporta protocolos de anticollisión que hace que se puedan leer simultáneamente mayor número de etiquetas.
- El estándar de codificación de los datos será EPC por ser libre en cuanto al uso, la longitud del tamaño de código puede ser variable dependiendo del uso para el cual se destine. Además está diseñado explícitamente para la tecnología RFID y está supervisado por la norma ISO.
- Se definieron los componentes necesarios para la creación de un lector definido por software, así como la comunicación entre dichos componentes. Además se plasmaron algunos componentes de hardware necesarios para el funcionamiento de dicho lector.
- La investigación del presente trabajo arrojó que la tecnología SDR es viable para la realización de un lector RFID ya que soporta múltiples protocolos y tiene gran escalabilidad por lo que tiene un valor significativo para el diseño de un lector RFID multi-protocolo. Además los lectores definidos por software serían extremadamente baratos y se pueden fabricar en el país.
- Se realizó una descripción gráfica y textual de los procesos de transmisión y recepción del bloque de procesamiento de señales digitales del lector RFID definido por software, quedando plasmado la interacción de la codificación, modulación, decodificación, demodulación y tratamiento de las diferentes señales para obtener un procesamiento efectivo y lo más fiel posible a la señal inicial.
- La propuesta fue validada por especialistas del tema con un grado de concordancia entre ellos de 0.63, lo que indica resultados satisfactorios.

Se concluye finalmente que:

- Con la modelación del subsistema de procesamiento digital de señales de un lector RFID definido por software es posible un procesamiento efectivo de las señales digitales emitidas, tanto del lector como de la etiqueta.

Recomendaciones

La elaboración de este trabajo conlleva una serie de recomendaciones y sugerencias, las cuales deben ser tomadas en cuenta para futuras investigaciones y proyectos relacionados con este tema:

- Investigar con mayor profundidad la tecnología RFID y SDR, actualizando paulatinamente la información.
- Realizar la implementación del lector RFID definido por software, utilizando el diseño propuesto y basado en los estándares definidos.
- Realizar la implementación de la aplicación que utilizará los datos procesados por el lector RFID.

Bibliografía

- Advantec. 2010.** Advantec. *Curso Online: Introduccion a la Tecnologia RFID*. [En línea] 2010. [Citado el: 15 de enero de 2011.] <http://www.advantec.com>.
- Ahson, Syed y Ilyas, Mohammed. 2008.** *RFID Handbook: Applications, Technology, Security and Privacy*. United States of America : Taylor & Francis group, 2008. 13: 978-1-4200-5499-6.
- Astro Radio. 2011.** Astro Radio. [En línea] 2011. [Citado el: 23 de mayo de 2011.] <http://www.astroradio.com/122001.html>.
- Bernal, Iván. 2007.** "Folleto de comunicaciones inalámbricas". 2007. Vol. 1. EPN.
- Cárdaba, Luis M. 2008.** lcardaba.com. *Amplificadores operacionales*. [En línea] 2008. [Citado el: 29 de mayo de 2011.] <http://www.lcardaba.com/articles/opamps.html>.
- Caseres, E. 2006.** *El método Delphi. Características*. [En línea] 2006. [Citado el: 28 de mayo de 2011.] <http://www.codesyntax.com>.
- Cesar Corredera, José. 2010.** *Tecnologías y Servicios para la Sociedad de la Información (TSSI)*. Madrid : Consejo Social de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), 2010. Vol. 2.
- Chang Seok, Yoon y Sung Ho, Cho. 2008.** "A Design of the Multi-Protocol UHF RFID Reader System". Seoul, Korea. : s.n., 2008.
- CITIC. 2009.** *Informe de vigilancia Tecnológica: Tecnología de identificación por radiofrecuencia . Madrid: Confederación Empresarial de Madrid y la Comunidad de Madrid*. Madrid : s.n., 2009.
- Colla, Pedro. 2009.** "Apuntes sobre Radio Definida por Software". 2009.
- Corbo León, Reinier Raúl. 2010.** *Estudio, análisis y demostración de las potencialidades de la Radio Definido por Software*". Ciudad Habana : s.n., 2010.
- Curtis, Robert. 2010.** "Tarjeta de Sonido y Audio". "Tarjeta de Sonido y Audio". [En línea] 2010. [Citado el: 4 de abril de 2011.] <http://www.songwriting-software.com/sound-audio.html> .
- de Henares, Alcalá. 2009.** "Radio Definida por Software: Un nuevo paradigma". 2009.
- Dipole. 2011.** Dipole. "Etiquetas RFID: Listado de etiquetas Idipole disponibles". [En línea] 2011. [Citado el: 14 de mayo de 2011.] http://www.dipolerfid.es/productos/etiquetas_RFID/Listado_Etiquetas_RFID.aspx.
- Durocher, E. 2007.** *Business process Managements Notation*. 2007.
- EPC. 2006.** *Código Electrónico Universal*. Venezuela : s.n., 2006.

EPCglobal. 2010. *EPC Tag Data Standard*. 2010. versión 1.5.

Estudillo Ramírez, Jorge y Cumplido, René. 2005. “*Integración de Redes y Protocolos con SDR*”. 2005.

Facultad de CC.EE. y Empresariales. Universidad Nacional San Sebastian, Colombia. *El método Delphi*. [En línea] [Citado el: 28 de mayo de 2011.] http://www.unalmed.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregrado/Sept_29/Metodo_delphi.pdf. . E-20.080.

Fernández de Villegas, Fernando. 2008. “*Equipos de Radio Definidos por Software*”. [En línea] 2008. [Citado el: 5 de febrero de 2011.] <http://www.ea1uro.com/sdr.html>. (EB3EMD).

—. 2008. “SDR: Equipos de Radio Definidos por Software”. “*SDR: Equipos de Radio Definidos por Software*”. [En línea] 2008. [Citado el: 24 de abril de 2011.] <http://www.ea1uro.com/sdr1/sdr.htm>. EB3EMD.

Galarraga Sosa, Jenny. 2009. *Identificación Animal con tecnología RFID*. Quito : s.n., 2009.

García Candel, Virginia. 2008. *Estudio de la Identificación por Radio-Frecuencia (RFID) y desarrollo de software relacionado con el control de la cadena de suministro*. [En línea] 2008. [Citado el: 17 de febrero de 2011.] <http://pc23te.dte.uma.es/Recursos/RFID/RFID-Memoria.pdf>.

Globaltel. 2009. Globaltel/Intermec. *Conceptos básicos de RFID: Conocimiento y uso de la identificación por radio frecuencia*. [En línea] 2009. [Citado el: 28 de noviembre de 2010.] http://www.inveligent.com/site/library/abc_RFID.pdf.

Glover, Bill y Himanshu, Bhatt. 2006. *RFID Essentials*. United States of America : O’Reilly Media, 2006. 0-596-00944-5.

Gotor Carrasco, Eva. 2009. *Estado del Arte en Tecnologías RFID*. Madrid : s.n., 2009.

Guevara, Luis Ignacio. 2007. *Estudio de la Tecnología RFID*. Quito : s.n., 2007.

IBM & Asociación Europea para la Identificación Segura IDtrack. 2007. IBM & Asociación Europea para la Identificación Segura IDtrack. [En línea] 2007. [Citado el: 2 de febrero de 2011.] <http://www.consultoras.org>.

Isaac, German. 2005. “Definición de la tarjeta de sonido”. “*Definición de la tarjeta de sonido*”. [En línea] 2005. [Citado el: 14 de abril de 2011.] <http://www.mastermagazine.info/termino/6823.php>.

Izquierdo Moreno, Paula Cecilia y Pascual Plaza, Beatriz. *El método Delphi*. [En línea] [Citado el: 28 de mayo de 2011.]

http://www.google.com.cu/url?sa=t&source=web&ct=res&cd=2&ved=0CCEQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.uam.es%2Fpersonal_pdi%2Feconomicas%2Frmc%2Fprevision%2Fpdf%2FDELPHI.ppt&rct=j&q=caracteristicas+del+metodo+delphi&ei=C_DtS9q7EMH38AbKo.

Jacobson, I y Booch, G. 1999. *El Lenguaje Unificado de Modelado*. España : Addison Wesley., 1999.

Bibliografía

- MBCEStore.com. 2011.** MBCEStore.com. “Comercializadora de productos de hardware de auto-identificación”. [En línea] 2011. [Citado el: 14 de mayo de 2011.] ”<http://www.mbcestore.com.mx/>.
- Mercado Libre.** Mercado Libre. [En línea] 2011. [Citado el: 17 de mayo de 2011.]
- Morales Santiago, José. 2009.** CIDEM. *Centro de Innovacion y Desarrollo Empresarial*. [En línea] 2009. [Citado el: 30 de noviembre de 2011.] http://www.cidem.com/cidem/binaris/rfid_aAidacentre_tcm48-33733.pdf.
- Paguito.com. 2011.** Paguito.com. [En línea] 2011. [Citado el: 17 de mayo de 2011.] <http://www.paguito.com/portal/hemeroteca/index200501261021.html>.
- Portal Industrial. 2010.** Portal Industrial. “RFID (Radio Frequency Identification)”. [En línea] 2010. [Citado el: 17 de mayo de 2011.] <http://www.portal-industrial.com.ar/index.php/news/main/205/event=view>.
- Pressman, Roger. 2005.** *Ingeniería de Software. Un enfoque practico*. La Habana : Felix Varela, 2005.
- RADCOM. 2010.** Especialistas en comunicaciones por radio. “Antenas para VHF/UHF”. [En línea] 2010. [Citado el: 23 de mayo de 2011.] <http://www.radcom.es/index.shtml?url=/catalog/antenas/gte/index.html>.
- REED, Jeffrey H. 2002.** “*Software Radio: A Modern Approach to Radio Engineering*”. 2002. ISBN 0-13-081158-0.
- RFIDPOINT. 2010.** RFIDPOINT. [En línea] 2010. [Citado el: 28 de noviembre de 2010.] <http://www.rfidpoint.com/category/fundamentos>.
- Smart Card Alliance. 2004.** Smarcart Alliance. “Acceso Logico y Seguro: El papel de las tarjetas Inteligentes”. [En línea] octubre de 2004. [Citado el: 8 de diciembre de 2010.] http://www.smartcardalliance.org/latinamerica/translations/Logical_Access_Security_Spanish.pdf.
- Textos Científicos. 2005.** Textos Científicos. *PSK - Desplazamiento de fase*. [En línea] 2005. [Citado el: 24 de mayo de 2011.] <http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/psk>.
- Tuttlebee, Walter. 2002.** “*Software Defined Radio: Enabling Technologies*”. 2002. 0470843187.
- UCA, Grupo de Investigación. 2009.** *CONVERSIÓN ANALÓGICA DIGITAL*. 2009.
- Vásquez, Luis Ignacio. 2009.** *Estudio de la tecnología RFID y Técnicas Auto-ID*. Quito : s.n., 2009.
- WEBdiee. 2010.** Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.Tecnológico de Monterrey. *Modulador y Demodulador ASK*. [En línea] 2010. [Citado el: 24 de abril de 2011.] <http://webdiee.cem.itesm.mx/web/servicios/archivo/trabajos/comunicaciones/ask/desarrollo.html>.

Anexos

- **Anexo # 1: Encuesta para evaluar la modelación del subsistema de procesamiento digital de señales de un lector para la Identificación por Radiofrecuencia definida por software.**

Nombre del Encuestado:

Especialidad:

Años de Experiencia:

Preguntas

1. Valore su conocimiento en el campo de las tecnologías de auto-identificación, marque con una (X) en una escala del 0 al 10.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. ¿Considera usted que es importante llevar a cabo un adecuado control de los activos a través de las tecnologías de auto-identificación en los centros de la Universidad y en algunos de los productos informáticos que se realizan, para asegurar la seguridad de los activos y realizar productos informáticos más competitivos y completos?

Sí _____ No _____

En caso que la respuesta sea negativa, explique brevemente.

3. Determinar la necesidad de la definición de un lector RFID definido por software. (Referido al grado con que se necesita esta solución para contribuir a la utilización de la tecnología RFID, con el objetivo de abaratar los costos de los lectores y mantener las prestaciones que realizan)

Alto _____ Medio _____ Bajo _____

4. ¿Cree usted que con la propuesta realizada de los procesos de transmisión y recepción de la señal se obtendrá un control y calidad del procesamiento de la señal digital para un lector RFID definido por software.

Sí _____ No _____

En caso que la respuesta sea negativa, explique brevemente.

5. ¿Considera usted que los procesos definidos, de transmisión y recepción de la señal, engloban todas las actividades necesarias para realizar un tratamiento adecuado del procesamiento digital de la señal de un lector RFID definido por software con el objetivo de adquirir los datos lo más fielmente posible?

Sí _____ No _____

En caso que la respuesta sea negativa, explique brevemente.

6. Determinar el nivel de efectividad de los procesos. (Referido al grado de efectividad que usted considera que poseen los procesos para el procesamiento digital de señales de un lector RFID definido por software)

Alto _____ Medio _____ Bajo _____

7. Posibilidad de aplicación de los procesos. (Referido a la capacidad que usted considere con que cuentan los procesos propuestos de ser aplicados en la implementación del subsistema procesamiento digital de señales de un lector RFID definido por software)

Alto _____ Medio _____ Bajo _____

Sugerencias que desee hacer: _____