

CAPÍTULO 3. PRINCIPIOS DE LA TECNOLOGÍA RFID.

3.1 Principios básicos de funcionamiento.

En la tecnología RFID los principios de operación del circuito consta de 2 elementos principales: la etiqueta y los lectores.

La etiqueta es el elemento compuesto por silicio (Si), está unido al objeto o producto al que se va a identificar.

El lector o también llamado Reader es el mecanismo que permite leer a la etiqueta pegada en el objeto a identificar, logrando así un intercambio de información contenida en la etiqueta, de acuerdo a la programación de la misma.

Esta tecnología también puede llamarse “tecnología inalámbrica” la cual se utiliza para identificar un objeto único, mediante la comunicación entre el lector y la etiqueta, la cual contiene una antena y un chip con capacidad para almacenar información, el chip recibe el nombre de transponder o tag el cual va adherido al objeto. Con el uso de la tecnología RFID es posible realizar lecturas simultáneas de objetos, productos, vehículos o personas. El chip almacena un número de identificación, para cada producto sin repetirse, el funcionamiento es sencillo y se puede detallar en 3 pasos.

1. El lector envía señales de radiofrecuencia en forma de ondas al tag, el cual puede captar la señal por su micro antena.
2. Las ondas alimentan al chip por medio del micro antena, por radiofrecuencia, transmite al lector la información que está contenida en la memoria.
3. El lector recibe la información que contiene el tag y lo envía a una base de datos, el cual previamente se han registrado las características del producto.

La comunicación entre el lector y la etiqueta se realiza por medio de ondas de radiofrecuencia, la cual tiene características específicas en cuanto al alcance, velocidad y seguridad según el rango de frecuencia, tipo de antena, tipo de etiquetas, etc. [GLO06]

La frecuencia de operación en los sistemas RFID se realiza entre 50KHz y 2.5GHz, las etiquetas que funcionan a bajas frecuencias (50KHz – 14KHz) son de bajo costo, corto alcance y resistentes al ruido, no requiere de licencias para su operación. Las etiquetas que funcionan a altas frecuencias (14MHz – 2.5GHz) son de mayor costo, tecnología más compleja, mayor alcance, y tampoco requiere de licencias para poder operar.

Los factores que hay que tener en cuenta para la creación de sistemas RFID son:

- Rango de alcance para poder mantener la comunicación.
- Capacidad de información que puede almacenar el transponder.
- Velocidad de transmisión y recepción entre etiqueta y lector.
- Tamaño de la etiqueta.
- Velocidad de lector para poder leer varias etiquetas a la vez.
- Posibles interferencias entre lector y etiqueta para su óptimo funcionamiento.
- Elegir entre etiquetas activas o pasivas.
- Tipo de batería (solo en etiqueta activa).
- Potencia de la etiqueta.

Un sistema de comunicación RFID se basa en comunicación bidireccional entre el lector y una etiqueta, por medio de ondas electromagnéticas de radiofrecuencia. El sistema de transmisión de información varía según la frecuencia en la que opera, de esta manera, un sistema RFID se basan en sistemas de acoplamiento. El tipo de acoplamiento afecta directamente al rango de lectura entre las etiquetas y los lectores. Los tipos de acoplamiento son:

- Acoplamiento electromagnético: Es utilizado para los sistemas RFID de ultra alta frecuencia (UHF). Consiste en reflejar la señal para enviarla al origen.

Como el lector y la etiqueta utilizan la misma frecuencia para comunicarse, dependen de un sistema Half-duplex, el cual se basa en envío de información bidireccional no simultaneo. Sin embargo el lector emite energía todo el tiempo a la etiqueta hasta que esta le envíe respuesta.

- Acoplamiento inductivo: el lector proporciona energía en forma de acoplamiento inductivo a las etiquetas mediante antenas en forma de bobina para generar campo magnético.
- Acoplamiento magnético: Este tipo de acoplamiento se produce cuando la antena del lector consiste en una bobina enrollada en una pieza de ferrita con los extremos al aire.
- Acoplamiento capacitivo o eléctrico: basado en otro tipo de acoplamiento cerrado, como el magnético.

En toda comunicación realizada por medio de ondas electromagnéticas, se requiere de un campo sinusoidal variable o dicho de otra manera una onda portadora. La comunicación se consigue aplicando una variación a este campo, ya sea en amplitud, frecuencia o fase, en función de los datos a transmitir, a este proceso se le conoce como modulación. En los sistemas RFID se aplican diferentes técnicas de modulación: ASK (Amplitude Shift Keying), FSK (Frequency Shift Keying) y PSK (Phase Shift Keying). Los diferentes métodos de propagación de la información son usados en las diferentes frecuencias, de tal modo que el acoplamiento inductivo funciona con frecuencias bajas y el sistema de propagación de ondas a frecuencias altas. [GON06][LAN05]

3.1.1 Acoplamiento inductivo

El acoplamiento inductivo se basa en un principio similar al de los transformadores, las frecuencias de campo magnético creado por la antena es la energía que aprovecha el transponder para su comunicación, debido a que el campo está cerca de la antena del lector, el cual permite comunicación a distancias cercanas al diámetro

de la antena, por lo consiguiente si se requiere de mayor distancia se necesitaría elevar la potencia de la antena. La bobina del lector genera un campo electromagnético, el cual atraviesa la sección de la antena del transponedor y puede ser interpretado como campo magnético simple alternante con respecto a la distancia entre el transponder y el lector, como puede observarse en la figura 8.

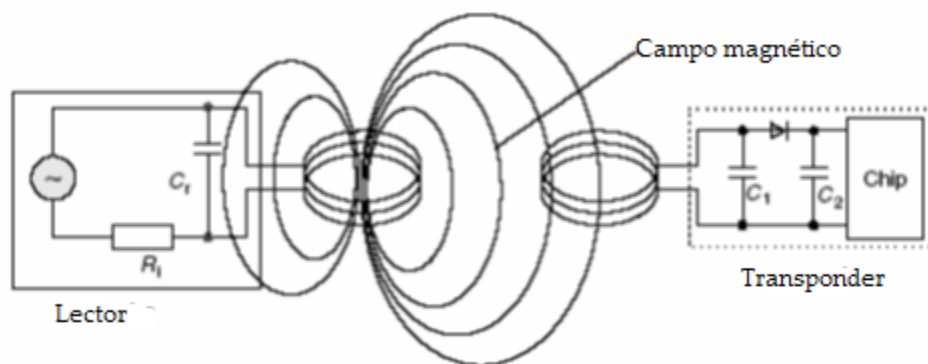


Figura 8. Acoplamiento inductivo entre lector y transponder [BAT05]

Una parte del campo magnético emitido penetra en la bobina del transponder, se genera una tensión en la antena por inducción, dando lugar a un voltaje el cual es rectificado y sirve como alimentación para el microchip del transponder el cual contiene la información. Como se muestra en la imagen anterior, un capacitor es conectado en paralelo con la antena que forma un circuito paralelo de resonancia con una frecuencia igual a la frecuencia de transmisión del lector. Debido a esto en la antena se generan grandes corrientes en consecuencia a la resonancia del circuito paralelo, con ello se logra obtener campos intensos necesarios para la comunicación entre el lector y el transponder. Del mismo modo, la antena del transponder y el capacitor en paralelo forman el circuito resonante a la misma frecuencia del lector. El voltaje generado en el transponder es alto, debido a la resonancia producida por el circuito del transponder. [BAT05]

Por lo tanto la eficiencia de la energía transmitida entre las antenas del lector y del transponder es proporcional a la frecuencia de operación, la relación entre el numero de espiras que tiene la bobina, el área encapsulada por la antena del transponder, el ángulo que forman las bobinas en una relación a la otra y la distancia entre dos bobinas.

Para la transferencia de datos entre el transponder y el lector para este tipo de acoplamiento inductivo se utilizan 3 tipos de modulación:

- Load Modulation
- Load Modulation con subportadora
- Subarmonicos

Load Modulation

Como en el funcionamiento de un transformador podemos llamar la bobina primaria a la situada en lector y la bobina secundaria al del transponder, teniendo en cuenta la distancia entre las bobinas debe ser corta. Por lo tanto si un transponder en resonancia se encuentra dentro del campo magnético de un lector, este toma la energía de ese campo magnético. El resultado de la retroalimentación del transponder en la antena del lector puede ser representado como una impedancia. Conectando y desconectando la resistencia de carga se consigue variar el valor de dicha impedancia, con lo que el voltaje que existe en la antena del lector también varía, el tiempo de conexión y desconexión de la resistencia de carga es controlado por los datos, esto se usa para enviar los datos del transponder al lector. [WEI03]

Load Modulation con Subportadora

Con respecto al acoplamiento que se realiza entre el lector y el transponder es débil, las oscilaciones que se producen en la tensión de la antena del lector, debido a la información es de varios órdenes de magnitud inferior a la tensión de salida del lector. Para poder detectar este tipo de oscilaciones se requiere de un circuito complicado, como solución se usan las bandas contiguas a la modulación creada. Para la realización de esta solución es necesario colocar una resistencia de carga en el transponder que se conecta y desconecta a una frecuencia elevada. Uno de los métodos posibles es utilizar un transistor FET en el transponder, como se puede apreciar en la figura 9.

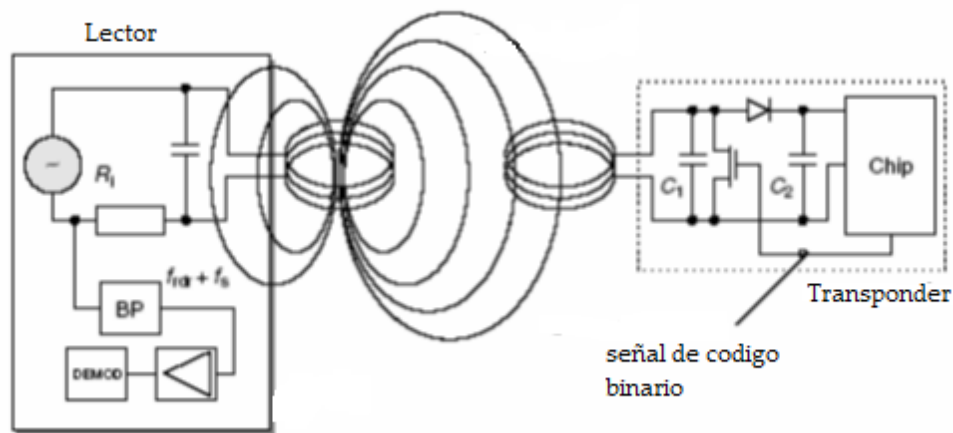


Figura 9. Generación de un load Modulation [BAT05]

Subarmonicos

Para este tipo de modulación se utilizan Subarmonicos de una frecuencia, es decir de una portadora obtenemos su armónico de la siguiente manera $f = f_{tx}$, $f_1 = f_{tx}/2$, $f_2 = f_{tx}/3$, etc. Para esta modulación se utiliza el primer subarmónico, es decir la mitad de la frecuencia del lector. La señal después del divisor es modulada por el flujo de datos y enviada para el transponder, siendo esta ultima la frecuencia del transponder. El transponder necesitara un divisor binario de frecuencia para realizar dicha operación.

La frecuencia idónea para los sistemas de Subarmónicos es de 128kHz, mostrado en la figura 10. [BAT05]

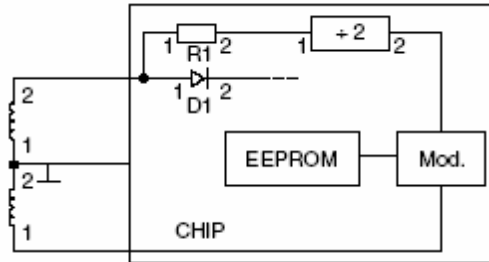


Figura 10. Diseño de un transponder que utiliza Subarmónicos.

3.1.2 Acoplamiento por propagación de ondas electromagnéticas

El sistema de transmisión de información de largo alcance (mayores a 1 metro), se basan en el uso de ondas electromagnéticas en frecuencias altas (UHF) o microondas. También llamados sistemas “backscatters” esto por su principio de operación. La frecuencia que utiliza este sistema es de 868MHz en UHF y de 2.5GHz en Microondas. La ventaja de trabajar con frecuencias altas es tener una longitud de onda corta, lo que permite antenas de tamaño pequeño y gran eficiencia, logrando alcances típicos de 3 metros en transponders pasivos y de 15 metros en transponders activos. La energía para la transmisión entre el transponder y el lector es extraída del campo magnético generado por el interrogador al realizar la comunicación con el transponder. El transponder modula la información recibida desde el lector, variando la impedancia de la antena, se logra variando la resistencia de carga. El lector cuenta con acoplador direccional para separar la señal transmitida de la señal recibida mucho más débil. El interrogador detecta los datos transmitidos por la tarjeta como una perturbación del propio nivel de la señal, mostrado en la figura 11. [BHU05]

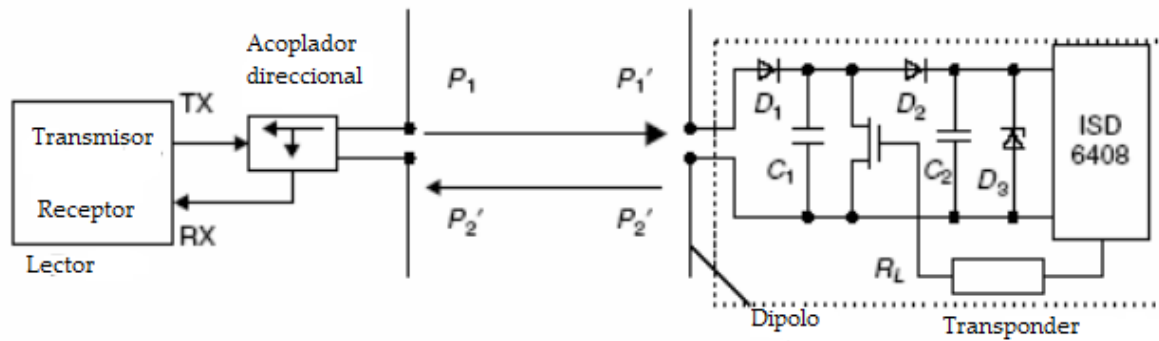


Figura 11. Esquema de funcionamiento de un sistema de acoplamiento por propagación de ondas electromagnéticas.

La principal diferencia con los sistemas inductivos es donde proviene la energía que toma el transponder para realizar la comunicación, mientras los sistemas a una frecuencia más elevada utilizan las ondas electromagnéticas, consiguiendo así un rango de alcance mayor, los sistemas inductivos utilizan la energía que una antena crea a su alrededor.

Componentes de un sistema RFID

Transponder, etiqueta o tag.

Por sus siglas en ingles Transmitter/response, se le llama transponder, término que hace referencia a la tecnología RFID, los componentes del transponder o también llamado etiqueta por la forma que va pegada al objeto, son:

- Memoria no volátil donde se almacenan los datos del objeto.
- Memoria ROM donde almacena la programación y funciones de la etiqueta.
- Memoria RAM para almacenar datos durante la comunicación con el lector.
- Antena, la cual sirve de alimentación a la etiqueta y poder comenzar con la recepción/transmisión de datos.
- Componentes electrónicos para el proceso de los datos (buffers, filtros, etc.)
- La etiqueta contiene información que puede utilizarse solo para leer, escribir o solo para leer.

- La mayoría de etiquetas cuentan con memoria EEPROM para almacenar los datos cargados por el fabricante. Como se puede observar en la figura 12.

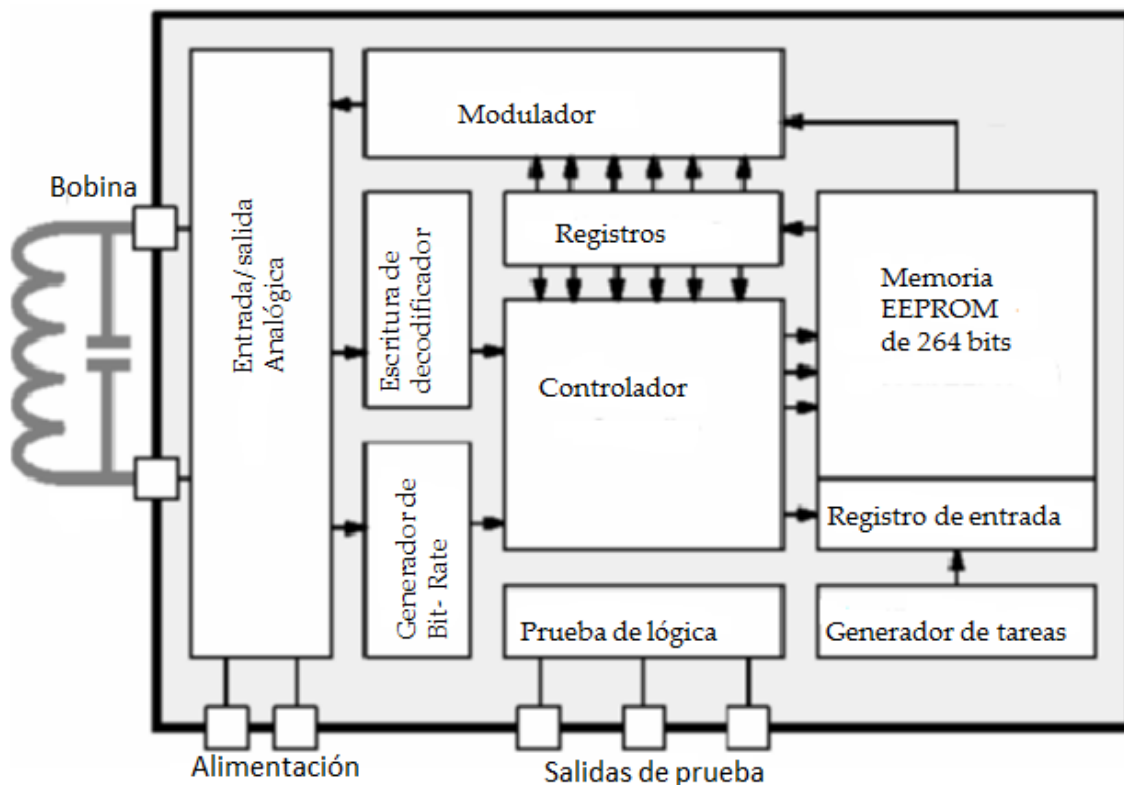


Figura 12. Esquema de un transponder de RFID. [URL7]

Alimentación o potencia.

Para iniciar la transmisión/recepción de datos de una etiqueta al lector, se necesitan pequeñas cantidades de energía (Mw) microwatts. Pero esta energía depende del tipo de etiqueta a utilizar:

- Pasiva, los que únicamente se alimentan del campo magnético producido por el lector a la hora de identificar el objeto.
- Activa, precisan de mayor energía, la cual es suministrada por baterías, con ello posee un alcance mayor y no necesita que el lector lo alimente ya que su alimentación es directamente proporcionada por la batería, debido a esto la vida útil de la etiqueta se reduce y el costo es mayor.

Frecuencias y velocidades de transmisión.

El sistema RFID maneja diferentes frecuencias de operación y velocidades de transmisión, las cuales se clasifican de la siguiente manera:

- Bajas frecuencias (LF), por sus siglas en ingles Low Frequency, las frecuencias bajas se consideran en el rango de 120KHz hasta 134KHz, y son utilizados en accesos de edificios.
- Alta frecuencia (HF) High Frequency, se consideran altas en el rango de 13.56MHz, y es llamada banda industrial, medica y científica(ISM) por sus siglas en ingles, tiene alcance de lectura baja, a 30 cm, es generalmente plana de 50 a 100 mm. Es de lectura fácil y son resistentes a perturbaciones y ruido. Trabajan para el control de apertura y cierre de puertas automáticas por medio de un control remoto, útil también para los monederos electrónicos.
- Ultra alta frecuencia (UHF), funcionan en el rango de 868MHz hasta 956MHz, casualmente es la misma frecuencia de los teléfonos inalámbricos y algunos teléfonos celulares, en cuanto a su aplicación en RFID, se emplean en suministros y aplicaciones detalladas, la principal ventaja es que puede ser leída hasta 3 metros y puede leer varias etiquetas de forma simultánea, no puede ser leída en objetos húmedos y en ser humanos. En este rango de frecuencia también entra el RFID pasivo (entre 902 MHz y 920 MHz), debido a que se requiere una fuente de alimentación para que el chip integrado se active, enviando o almacenando la información necesaria.
- Microondas, funcionan en el rango de los 2.45GHz.
- Wi-fi (IEEE 802.11) En este rango también está situado los RFID activos, el chip que contiene la etiqueta activa posee una batería independiente la cual utilizan por ejemplo las tarjetas IAVE utilizadas en las casetas de peaje, teniendo múltiples aplicaciones en las cadenas de suministro en donde hoy en día es el sector que más se adecua la tecnología RFID.

El precio del sistema se debe a que a mayor frecuencia, mayor es la velocidad en la transmisión de datos, con esto el primer paso para el diseño de un sistema RFID es importante seleccionar el rango de frecuencia en que le que desea trabajar, tomando en cuenta el precio. También hay que tener en cuenta frecuencias provenientes de otros equipos electrónicos, como son: televisión, radio, teléfonos inalámbricos, celulares, radios móviles, etc. Es por ello que en México existe una tabla de asignación, con normas elaboradas por cada país, la encargada de estas normas es la cofetel (Comisión Federal de Telecomunicaciones) e internacionalmente la IEC (international Electrotechnical Comission), procesos que denomina la normalización de frecuencia. [GON08]

La siguiente tabla 2, nos muestra los rangos de frecuencia utilizados para RFID, en sus diversas aplicaciones.

Rango de frecuencias	Características
Menores a 135KHz	Baja potencia, aplicaciones de corta distancia.
6.76 - 6.79 MHz	Frecuencia media (ISM), para la industria científica y médica.
7.4 - 8.8 MHz	Usado por tiendas departamentales, seguridad de artículos.
13.55 - 13.56 MHz	Usado para esquemas de seguridad y control de acceso personal.
26.95 - 27.28 MHz	Frecuencia Media (ISM), para aplicaciones especiales.
433 MHz	UHF (ISM), poco usado para RFID, aplicaciones muy particulares.
868 - 870 MHz	UHF (SRD) Sistemas de bajo desarrollo, se pretende para redes wifi.
902 - 928 MHz	UHF (SRD) varios sistemas, mayor desarrollo actual.
2.4 - 2.48 GHz	SHF(ISM), Varios sistemas (identificación de vehículos)
5.7 - 5.8 GHz	SHF (ISM), poco usado para RFID.

Tabla 2. Rango de frecuencias que utiliza la tecnología RFID [WAY03]

Lectores

Los lectores, también llamados readers, estos lectores envían la señal de radiofrecuencia detectada por las etiquetas, en un rango de acción determinado y existen 2 tipos:

- Lectores con sistemas de bobina simple, que sirven para transmitir tanto la energía como los datos, son sencillos, económicos, poco alcance.
- Lectores con sistemas interrogadores, depende del transpondedor de la etiqueta, son sofisticados, acondicionan, detectan y corrigen errores, trabajan a mayor frecuencia.

Los lectores RFID constan de un transcriptor de señales de radio, el cual trasmite y recibe señales de radio, tal es el caso de las etiquetas RFID, Lo que el lector realiza una serie de combinaciones de sistema de radio con comunicaciones inalámbricas (wireless), los lectores son exactos, eficientes y flexibles, con un bajo ruido de radiación, existen diferentes factores fundamentales para poder elegir un buen lector de RFID el cual cumpla con las características para funcionar en el lugar deseado.[GON08]

- Sensibilidad. Deberá detectar señales de hasta -60dBm de potencia, ya que es lo mínimo que una etiqueta RFID puede proporcionar.
- Selectividad. Selecciona la señal de la etiqueta RFID, dentro de un vasto espectro de señales que son recibidas algunas más potentes que otras, ya que las frecuencias RFID trabajan cerca de las frecuencias de telefonía y puede existir interferencia.
- Alcance dinámico. Detecta señales procedentes de varias etiquetas RFID que estén a distancias diferentes.
- Normativas. Existen diferentes normas del rango de operación, esta varía según el país, en México opera en 868 MHz de la banda de frecuencia, con potencia máxima del lector de 2 watts.

- Normativa de operación. Es una norma suplementaria para entornos densos de lectura de RFID, no es obligatoria como una legislación, pero puede interactuar con otros lectores RFID, lo cual cumple con el estándar EPC Global Gen2.
- Inter-operatividad. Norma suplementaria para poder trabajar con todo tipo de fabricantes de chips RFID y lectores RFID, pueden ser intercambiables los productos sin ninguna restricción. El estándar EPC Global cuenta con una certificación de inter-operatividad a disposición del mercado.

Los lectores cuentan con sistemas diseñados para trabajar con distintos lenguajes de programación (.Net, Java, XML, etc.) haciendo del sistema una aplicación sencilla para poder manipular los datos de lectura y escritura. Como se ilustra en la figura 13, es un lector visto físicamente, en la figura 14 el diagrama a bloques de un lector, y en la figura 15 son los componentes que lleva una antena para el lector.

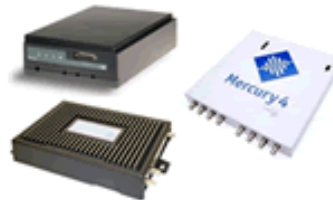


Figura 13. Lectores RFID [URL7]

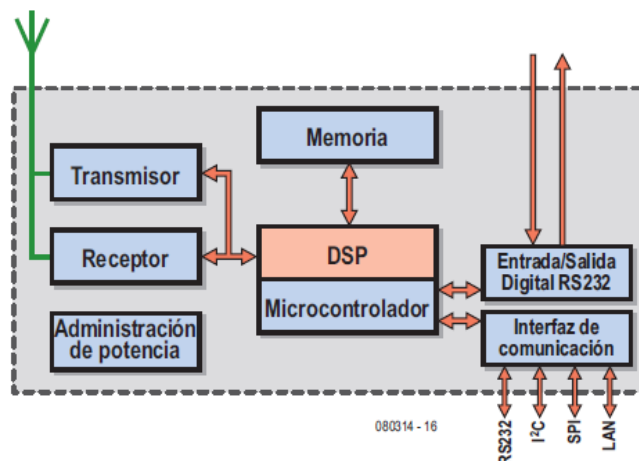


Figura 14. Diagrama a bloques de un lector RFID[URL7]

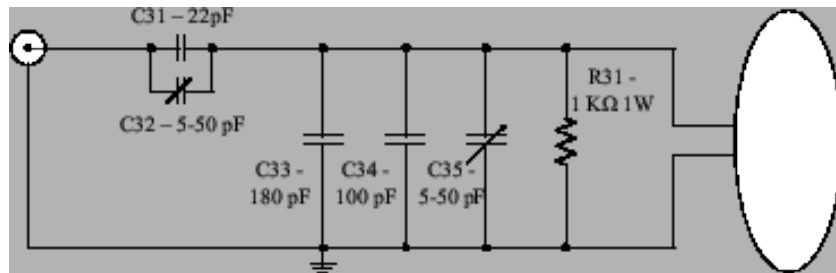


Figura 15. Componentes de una antena de 50Ω [URL9]

El tiempo de lectura de un transmisor de UHF que es el de mayor utilización es de 20 milisegundos, pero este tiempo se compone de una carga que aproximadamente es de 50 milisegundos y un pequeño tiempo de espera de 1 a 2 milisegundos el cual es el tiempo en el que se propaga la onda para ser recibida y contestada para poder realizar la lectura como se muestra en la figura 16:

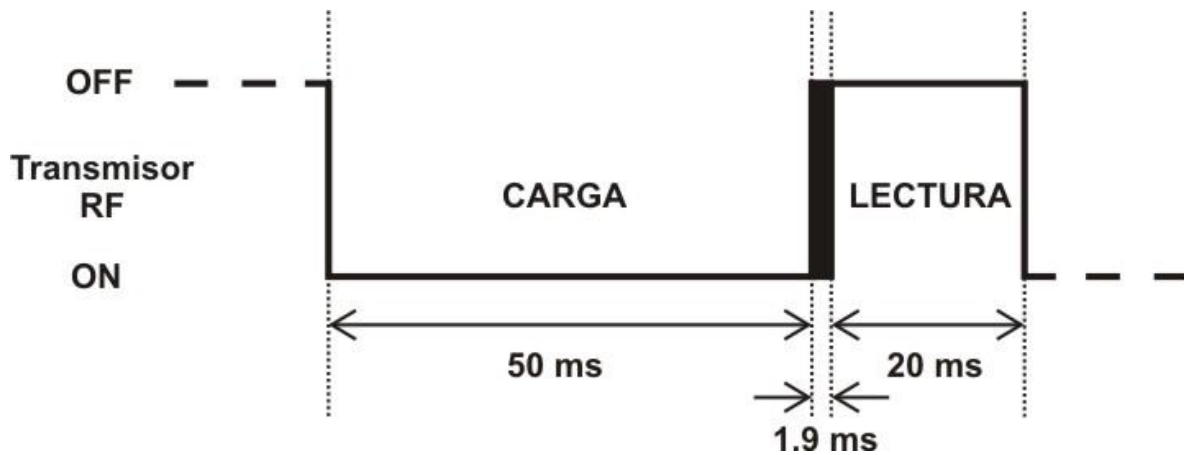


Figura 16. Tiempo de lectura de un transmisor RF. [URL7]

Controladores y antenas

Las antenas son dispositivos de lectura y escritura, funcionan a través de un controlador el cual le suministra potencia para activar la lectura o grabación, va conectado por cable TCP/IP a una red, y a una computadora, existen diferentes tipos de

controladores, en equipos portables contienen una antena y un controlador, es decir hacen una doble función, como se observa en la figura 17.

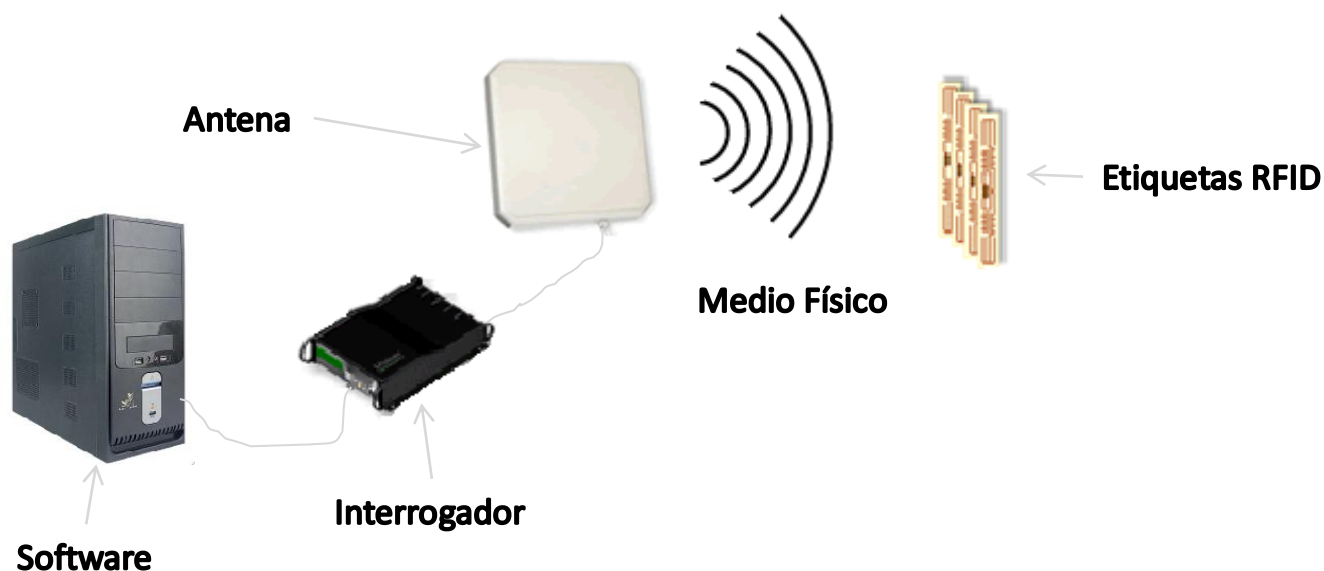


Figura 17. Funcionamiento de la antena RFID [URL11]

La antena es un componente importante, ya que es la que se encarga dentro del entorno de comunicación entre la etiqueta RFID hacia el lector, la antena es la que transforma las corrientes eléctricas en ondas electromagnéticas y transforma las ondas en corrientes oscilantes, esta acción forma un campo de acción a su alrededor, tridimensional. Lo importante de la antena es lograr aumentar el radio de acción lo máximo posible, aumentar la densidad del campo electromagnético al máximo. Es decir entre mayor sea el alcance y más denso sea el campo electromagnético, mejor será la lectura, como se puede observar en la siguiente figura 18 y en la figura 19, muestra la propagación del campo magnético en una antena RFID. [GON08]

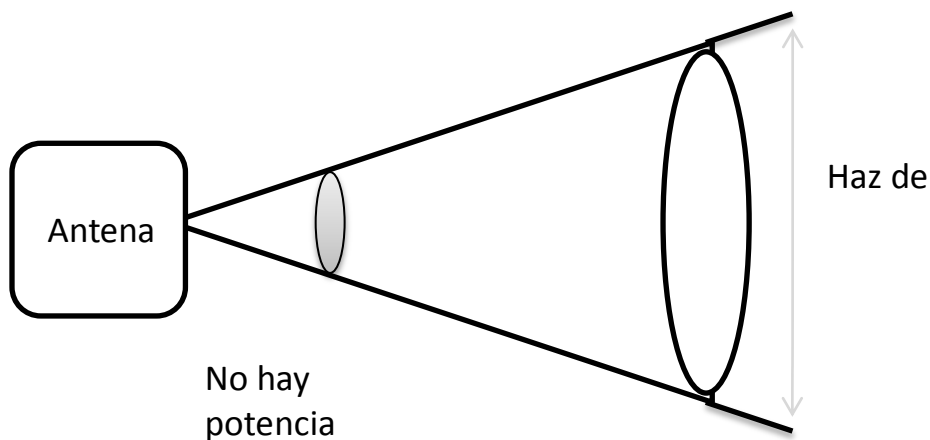


Figura 18. Propagación de una antena RFID [URL10]

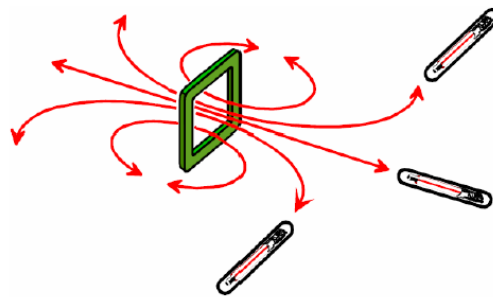


Figura 19. Propagación del campo magnético en una antena RFID [URL9]

Los patrones de radiación de una antena RFID son de 3 tipos (Figura 20)

- Isotrópico: es una modelo de haz tomado como referencia
- Omnidireccional: haz de una antena clásica para Etiquetas RFID alargadas.
- Directivo: es el haz de una antena RFID que contienen los portales.



Figura 20. Tipos de patrones de radiación de una antena RFID [URL10]

3.2 Middleware

La tecnología RFID nos abre un sinfín de oportunidades para comunicar el mundo físico con los sistemas informáticos. Debido a que los lectores están en continua lectura de los objetos con etiquetas RFID. Por lo tanto los sistemas RFID están leyendo datos continuamente, desde cualquier punto, por lo que habrá de leer las etiquetas, contextualizarlas y controlarlas con cierto orden. El middleware es la plataforma informática existente entre los lectores de etiquetas y los sistemas de gestión donde se emplean el sistema RFID, para trabajar, gobernar y enviar los datos captados por el Hardware RFID. [URL10]

Debido a la evolución de los lenguajes de programación, ha permitido el desarrollo de plataformas destinadas a la gestión de dispositivos y datos generados por los sistemas RFID. Hoy en día existen diversos software en los que podemos manipular cualquier aplicación de RFID. Por lo que podemos manipular los datos aportados por los lectores RFID y una completa visibilidad de la trazabilidad de la cadena de suministro.

Las funciones básicas de una plataforma RFID son:

- Controlar todo tipo de dispositivos RFID y capturar los datos con rapidez y eficacia.
- Controlar en tiempo real la ubicación de las etiquetas
- Controlar la forma centralizada de todas las fuentes internas y externas de los datos RFID.
- Asegurar la coherencia de los datos obtenidos a través de las diferentes partes de la cadena de suministro.
- Enviar información a dispositivos cuando sea necesario (Grabar un chip).

- Posibilidad de implementar con redes WLAN IEEE 802.11, incorporando un servicio de red wireless unificadas, permitiendo centralizar servicios de seguridad, datos, telefonía y video.

La tecnología RFID, se utiliza para el control, identificación y rastreo de objetos y recursos humanos, algunos artículos como prendas de vestir, libros, cds, etc. Son identificados por medio de ondas electromagnéticas con equipos especiales de lectura de etiquetas RFID. También esta tecnología es considerada como el sucesor del código de barras, debido a que el usuario puede identificar los productos de manera grupal y no individual, con ello el ahorro en tiempo y dinero es logrado. Es decir en inventarios se pueden localizar en segundos cientos de productos, en cambio con el código de barras tiene que ser de manera individual. La aplicación de la tecnología se basa en el desarrollo de software para leer la información contenida en la etiqueta por medio de lectores y procesar los datos para cada aplicación. Existen industrias que elaboran distintos tipos de etiquetas RFID para cubrir cada necesidad que sea requerida. [CIU07]

3.3 Etiqueta Activa y Etiqueta Pasiva

Las etiquetas también se dividen en 2 tipos: las activas y las pasivas.

La etiqueta activa: esta etiqueta consta de baterías para su funcionamiento, la cual proporciona la energía necesaria para que todo el tiempo este mandando señales de su ubicación.

La etiqueta Pasiva: está alimentada por medio del campo magnético. La antena recibe el flujo del campo magnético y alimenta al circuito, no posee baterías, a través del campo magnético se comunican también los lectores.

También existen etiquetas semi-pasivas, la cual es la combinación de las 2 anteriores.

Para poder elegir que etiqueta nos conviene utilizar en nuestro objeto, se debe tener en cuenta las características de cada etiqueta y saber el tipo de giro y uso del objeto a identificar para seleccionar la adecuada, la tabla 3 nos describe la diferencia entre el circuito pasivo y el circuito activo.

CARACTERISTICAS	CIRCUITO PASIVO	CIRCUITO ACTIVO
ALCANCE	0.01 – 10 Metros	10 – 100 Metros
ALIMENTACION	Campo magnético (RF)	Batería
TIEMPO DE VIDA	Ilimitado	Limitado por la batería
COSTO	Aproximadamente \$ 9.75	Aproximadamente \$40.00
DIMENSIONES	Pequeño y muy pequeño	Grande (depende de la batería)
TIPO DE COMUNICACIÓN	Señalización pasiva	Señalización activa
EJEMPLOS	Rastreo de animales, tarjetas inteligentes, inventario de objetos	Contenedores de transportes, utilización en humanos.

Tabla 3. Principales características de ambos tipos de Etiquetas RFID.

Como se puede observar en la tabla el alcance de las etiquetas pasivas es muy inferior que el de la activa, debido a que disponen de mayores niveles de alimentación, la cual permite transmitir a mayor potencia, pero también está limitada por el tiempo de vida y carga de las baterías.[GON08]

Las características energéticas de los tipos de etiquetas nos pueden determinar las funciones que podemos implementar y adicionar elementos como los sensores, como ejemplo podemos citar el sensor térmico con etiquetas activas. Por lo tanto en las etiquetas pasivos no podemos contar con escalamientos debido a las características de alimentación.

La diferencia de precios de una etiqueta a otra es notoria, siendo más económica la tecnología pasiva, aunque los datos publicados son del año 2005 son totalmente proporcionales a los actuales, pero día con día se pretende abaratar mas los costos para que pueda tener mayor auge en el mercado, la cual la tecnología RFID está siendo una tecnología con demanda, los precios bajaran al igual que los tamaños de las etiquetas.

La ventaja de la etiqueta pasiva es su funcionamiento conocido como señalización pasiva o backscatter, el cual consiste en la dualidad que tiene la antena para recibir y enviar información y alimentar el circuito para establecer el intercambio de información.

3.4 Funcionamiento de una etiqueta Pasiva

Las etiquetas pasivas no requieren de una batería para su funcionamiento, ya que se alimenta del campo magnético creado por el lector, este tipo de etiquetas tiene menor rango de comunicación, pero son las etiquetas con mayor uso. Se observa en la figura 21 el funcionamiento de una etiqueta pasiva. [GON08][URL11]

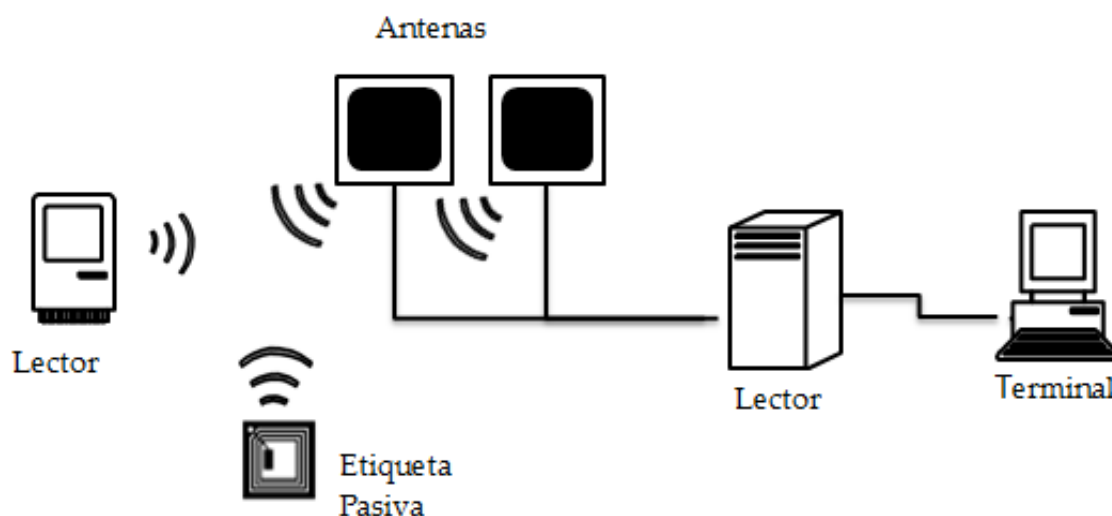


Figura 21. Funcionamiento de una etiqueta pasiva. [URL11]

El funcionamiento de una etiqueta consta del lector el cual transmite una señal codificada de radiofrecuencia el cual alimenta a la etiqueta y se activa por la señal recibida, la etiqueta responde al lector con el número de identificador y otros datos, el lector captura los datos de la etiqueta y los envía a un ordenador. El ordenador dispone de un software (Middleware) RFID que procesa y almacena los datos obtenidos. Se observa en el diagrama a bloques la estructura de una etiqueta pasiva en la figura 22 [SAN07][URL11]

En la tecnología RFID pasiva, las bandas de frecuencia de emisión del sistema están reportadas en la tabla 4.

Frecuencia	Alcance	Compatibilidad Con Líquidos y Metales	Velocidad	Precio
LF Baja Frecuencia (125 – 134 KHz)	0 – 10 cm.	Fácil	Baja	Alto
HF Alta Frecuencia (13.56 MHz)	0 – 1 m.	Difícil	Alta	Medio
UHF Ultra Alta Frecuencia (860 – 960 MHz)	10 cm – 10 m	Muy difícil	Muy alta	Bajo

Tabla 4. Frecuencia Utilizada en Etiquetas Pasivas

Algunas de las aplicaciones de las etiquetas pasivas son:

- Logística
- Inventario de almacenes
- Control de acceso

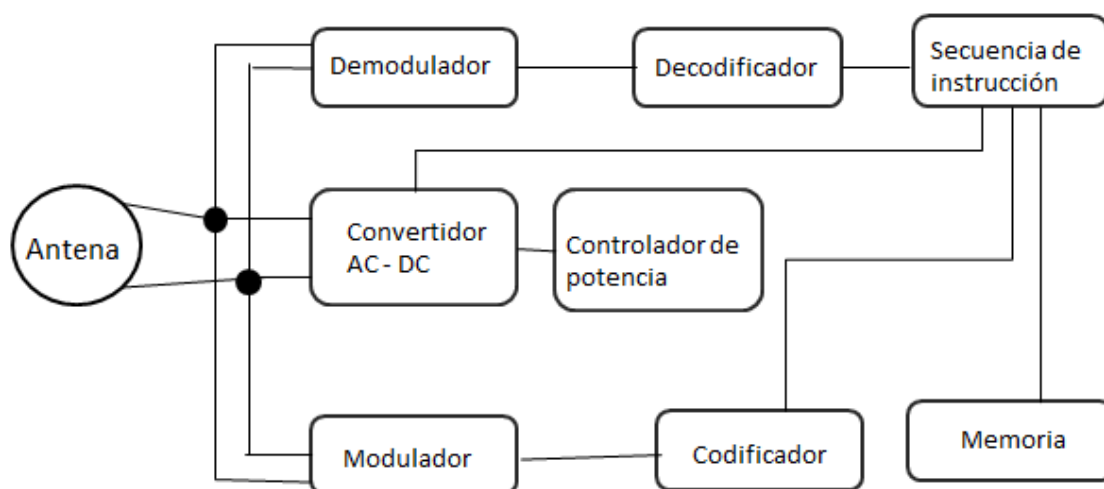


Figura 22. Estructura de una etiqueta pasiva [RED05]

3.5 Funcionamiento de una Etiqueta Activa

Las etiquetas activas cuentan con una batería interna, al cual permite alcanzar distancias de lectura y escritura muy altas entre las etiquetas y los lectores RFID.

El funcionamiento de las etiquetas activas se aprecia en la figura 23:

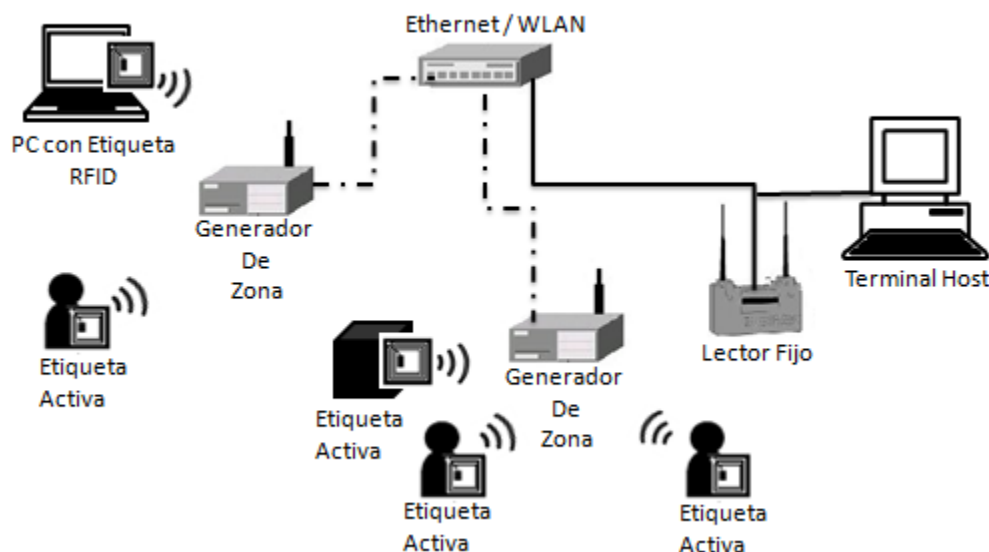


Figura 23. Funcionamiento de Etiquetas Activas. [URL11]

El funcionamiento de las etiquetas activas consta cuando los lectores y generadores de zona transmiten una señal codificada de radiofrecuencia a cada identificador de zona, funciona como repetidor de la señal, las etiquetas responden con una señal de identificación de forma periódica es decir cada determinado tiempo permanentemente, hasta que la vida de la batería llegue a su fin (aproximadamente 5 a 7 años). Si cada generador o lector solicitan a la etiqueta esta proporcionará su número de identificación, ubicación y datos contenidos en la etiqueta, si estos no lo solicitan, las etiquetas trasmiten dicha información periódicamente o ante un evento previamente programado. El lector captura los datos de la etiqueta y los almacena o envía al ordenador el cual procesa y almacena los datos. Por último el software instalado en el

ordenador enlaza el lector con la red local de la compañía, transfiriendo y filtrando la información desde el lector hasta la etiqueta. [GON08][SAN07][URL11]

Las frecuencias en las que opera la tecnología RFID activa son las mismas que las de la tecnología RFID pasiva. Pero la estructura de la etiqueta activa es diferente y puede verse en la figura 24.

Algunas de las aplicaciones de las etiquetas activas son:

- Localización de objetos y personas en tiempo real
- Pueden incorporarse sensores adicionales a la propia memoria como sensores de temperatura, velocidad, movimiento, etc. que permiten almacenar o controlar datos vitales en algunas aplicaciones y manipularlas en tiempo real.

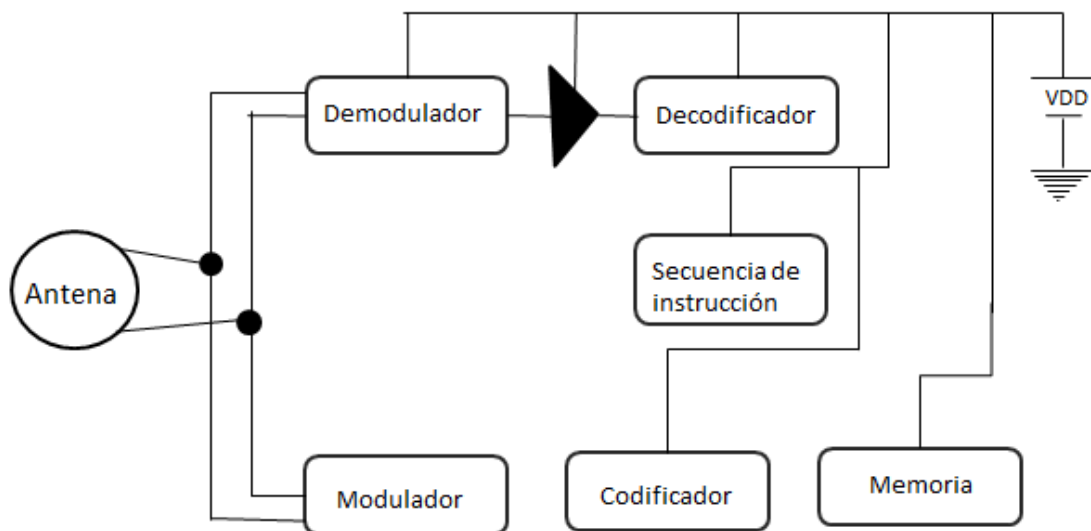


Figura 24. Estructura de una etiqueta activa[RED05]

3.6 Previsiones.

La tecnología RFID se ha venido utilizando por muchos años, y cada año aumenta su utilización, pero a partir del 2004 se esperaba 10 billones de unidades producidas lo cual son cifras un tanto altas, y se espera que para finales del 2011 sea 100 billones.

Esta es la tecnología del futuro, algunos estudios de mercado arrojan que a pesar de ser una tecnología con menos penetración en el mercado compitiendo con grandes tecnologías como la telefonía celular, bluetooth o zigbee, wireles, la producción de etiquetas RFID podría alcanzar los 10 trillones de unidades, siendo un grande de la tecnología y superando las tecnologías anteriores.[URL8]

Como podemos observar en el apéndice se encuentran tablas de los componentes de un sistema RFID, que podemos implementar para diversos proyectos, día a día salen al mercado nuevos componentes RFID con el fin de crear un auge en el mercado electrónico..

3.7 Características técnicas de un sistema RFID

Tipos de comunicación

La comunicación de un sistema RFID, se basa en la comunicación bidireccional entre un lector y una etiqueta, por medio de ondas de radiofrecuencia. [URL11]

Dependiendo de la frecuencia de operación del sistema RFID se puede clasificar en dos tipos de comunicación:

- por acoplamiento electromagnético (inductivo).
- y por la propagación de ondas electromagnéticas.

Códigos y modulación

La transferencia de datos entre el lector y la etiqueta, en un sistema RFID, consta de 3 bloques básicos:

- lector: codifica la señal y la modula.
- Medio de transmisión: transfiere la información

- Etiqueta: re modula la señal y la decodifica.

Por lo tanto el transmisor procesa la señal y lo envía por en canal en este caso el medio el cual puede estar susceptible a ruido e interferencias y se comunica con el receptor, el cual recibe la señal y la procesa.

La modulación se deriva de 3 tipos de modulado:

- AM: modulación de amplitud.
- FM: modulación de frecuencia.
- PM: modulación de fase.

Todo método de modulación tiene una operación AM, FM o PM, descritos en el capítulo 2. [WAY03]

Colisiones

Un lector de etiquetas RFID puede identificar a muchas etiquetas en su alcance debido a esto, el lector se configura para que otorgue prioridades y pueda darle a cada etiqueta su tiempo para ser leída y así evitar que dos o más etiquetas se lean al mismo tiempo, esto se logra trasmitiendo un bit a la vez en forma de árbol y con ello eliminamos las colisiones.

Para el sistema de RFID es necesario que cuente con alta seguridad, debido a sus aplicaciones que tienen que tener ciertos parámetros de seguridad y tener una defensa cuando quiera ser violado o atacado contra los siguientes módulos de ataque:

- Lectura no autorizada, para conseguir una copia de la etiqueta y copiar su información o bien modificar su operación.
- Colocar una etiqueta extraña en zona de lectura y obtener acceso no autorizado con el fin de obtener servicios de rastreo de forma gratuita.

- Escuchar sin ser advertido en comunicaciones de radio y enviar datos, imitando una etiqueta portadora original con la intención de hacer fraude.

Para que los sistemas RFID no puedan ser violados tan fácilmente, estos cuentan con un proceso de encriptación, lo cual hace aun más caro el sistema, pero es muy importante tener una encriptación para mayor seguridad al sistema.

Existen diferentes tipos de encriptación para el sistema RFID, los más utilizados son:

- Criptografía de clave secreta o simétrica.

Se basa en el empleo de una misma clave para encriptar que para desencriptar, por lo tanto es un cifrado simétrico, la clave debe ser conocida tanto por el emisor como el receptor del mensaje y ambos deben mantenerla en estricto secreto. La criptografía de clave secreta se basa en sustituir una letra por una distinta; por ejemplo todas las A se sustituyen por Q y todas las B por W, las C se sustituyen por E, etcétera y así todas las letras del abecedario con ello tenemos un patrón y enviamos el mensaje cifrado

Texto simple: ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Texto cifrado: QWERTYUIOPASDFGHJKLÑZXCVBNM

Con este patrón podemos enviar mensajes de manera que el emisor y receptor saben el texto cifrado. Ejemplo para enviar AMENAZA, se envía la palabra QMTFQMQ. Para lograr un seguridad razonable, es preciso usar claves de 1024 bits, lo que nos da un espacio de búsqueda de 2^{1024} claves. [TAN03]

- Algoritmo DES

Es el algoritmo de cifrado más utilizado en aplicaciones financieras. Consta de 16 pasos por los cuales un texto plano (sin cifrar) se transforma en texto cifrado. La seguridad del DES (Data Encryption Standard), está basada en la posesión de un dato especial (clave) empleado para cifrar y descifrar la información que consta de 64 bits, de los cuales 56 bits constituyen la llave utilizada para cifrar y los otros 8 bits son de paridad. Los 56 bits dan 72057594037927936 posibles combinaciones, por lo que resulta difícil descubrir. La comunicación entre dos partes mediante el

algoritmo DES tiene lugar si ambas comparten una misma clave, denominada clave maestra; dicha clave es necesaria para establecer la comunicación inicial, se genera de manera aleatoria una clave denominada clave de trabajo o sesión cofrada por la clave maestra e intercambiada entre ambas partes. Esta clave de trabajo es una para cada comunicación.[HUI05]. En RFID la clave maestra la genera el lector y las etiquetas contienen la clave de sesión para iniciar la conexión.

- IDEA(International Data Encryption Algorithm)

Es un algoritmo de cifrado (clave privada), de bloques de texto de 64 bits utilizando una clave de 128 bits que se usa para generar 52 subclaves de 16 bits. Consta de 9 fases, 8 fases idénticas y una última fase de transformación. La codificación se produce al propagar el bloque de 64 bits a través de cada una de las primeras 8 fases, donde el bloque, dividido en 4 subbloques de 16 bits, irá sufriendo una serie de modificaciones al ser operado con las seis subclaves correspondientes a cada una de las fases. Una vez obtenida la salida de la octava fase, el bloque pasa por una última etapa, la de transformación, la cual utilizara las ultimas 4 subclaves calculadas, la decodificación es idéntica pero calculando el inverso de la suma o de la multiplicación de las subclaves según corresponda y alterando el orden de utilización de las mismas como se muestra en la figura 25.[RAM04]

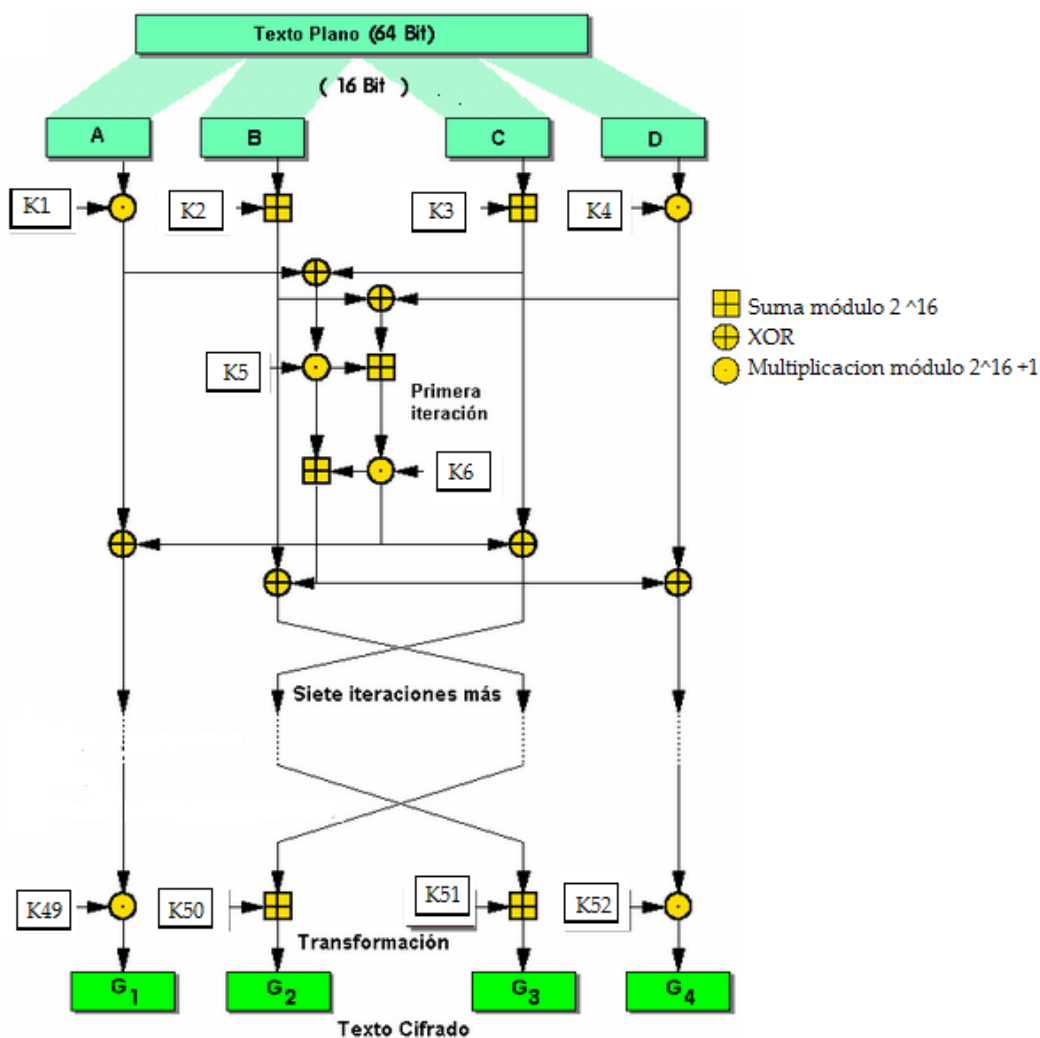


Figura 25. Algoritmo IDEA (International Data Encryption Algorithm)[URL 15]

- Criptografía de clave pública o asimétrica.

Este sistema tiene la propiedad de que se usan claves distintas para cifrar y descifrar, solo basta escoger bien una clave de cifrado y con ello es casi imposible descubrir a partir de ella la clave de descifrado correspondiente. En este caso la clave de cifrado puede hacerse pública, manteniendo en secreto solo la clave de descifrado privada, en este tipo de criptografía se utilizan números muy grandes para la realización de la clave pública, es por ello que es más lenta que la criptografía simétrica. Para usar criptografía publica, las partes escogen un par (clave pública, clave privada) y publican la clave pública. Esta es la clave de cifrado; la clave privada es la clave de descifrado. Por lo regular, la generación de

claves se automatiza y con ello el mensaje se cifra con la clave pública del destinatario. Puesto que solo el destinatario posee la clave privada, solo el podrá descifrar el mensaje.[TAN03].

Control de errores

El control de errores se utiliza para reconocer errores en la vía de transmisión, existe riesgo de pérdida de información, es por ello que hay que controlar que no exista error durante la transmisión de información, ya que podría llegar incompleta o alterada, esto se puede corregir por ejemplo con una retransmisión cuando previamente se compruebe error en la trama del envío, las medidas más comunes utilizadas son: [WAY03]

- Control de paridad

Método que incorpora un bit de paridad en cada byte transmitido, resultado de 9 bits enviados por cada byte de información. Antes de la transmisión de datos debe tener lugar a una decisión para aceptar si se establece una paridad par o impar para asegurar que el emisor y receptor realizan el control de acuerdo con una misma selección. El valor de bit de paridad es fijado de modo que si se usa paridad par, un número par de '1' debe contarse en los 9 bits, si la paridad es impar, un número impar de '1' debe contarse en los 9 bits.

- Método de control de redundancia longitudinal, de proceso lineal; LRC (Longitudinal Redundancy Checksum).

También conocida como la suma de comprobación XOR, puede ser calculado fácil y rápidamente, La suma de comprobación XOR se genera mediante los puertos XOR recursivo de todos los bytes de datos en un solo bloque de datos. El byte 1 se pasa por una XOR con el byte 2, la salida de esta OR exclusiva es pasado por una XOR con el byte 3, etc. Si el resultado del LRC se añade al bloque de

datos que se transmite, entonces un simple control de la transmisión una vez es recibida puede detectar los errores. El método a seguir es generar una suma LRC de todos los bytes recibidos. El resultado de esta operación debe ser siempre cero; cualquier otro resultado indica que ha habido errores en la transmisión como puede verse en el ejemplo de la figura 26.

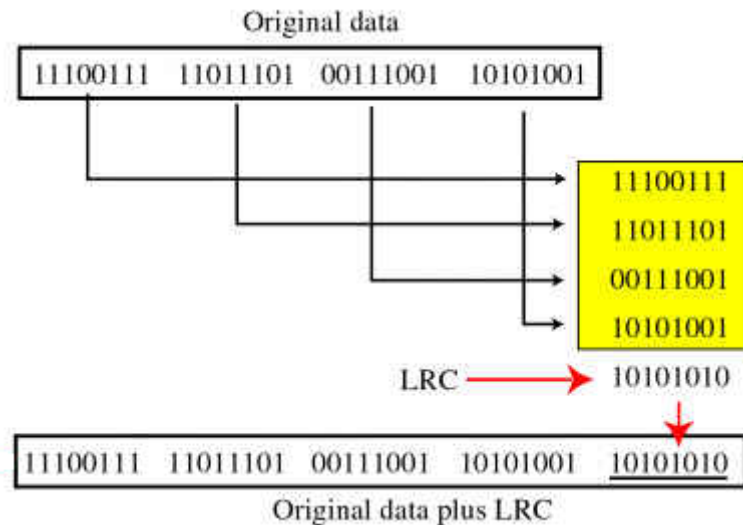


Figura 26. Ejemplo del método LRC [URL12]

- Método de proceso cíclico; CRC (Control de Redundancia Cíclica).

Fue originalmente usado en controladores de disco. La gran ventaja es que puede generar una suma de comprobación suficientemente segura para grandes cantidades de datos. Se puede decir que es un excelente control de errores tanto para transmisiones vía cable como para radiocomunicaciones inalámbricas. El cálculo del CRC es un proceso cíclico, el cálculo del valor del CRC de un bloque de datos incorpora el valor del CRC de cada uno de los bytes de datos. Cada byte de datos individual es consultado para obtener el valor del CRC de todo el bloque de datos entero. Un CRC es calculado dividiendo los datos entre un polinomio usando un llamado *generador de polinomios*. El valor del CRC es el resto obtenido

de esta división. Se agregan ceros debido a que el número de bits en el código CRC es igual al exponente más alto del polinomio generado. Por lo tanto x^0, x^1, x^2, x^3, x^4 son ceros es por ello que se agregan 5 ceros para poder realizar la división, el residuo nos tiene que dar el CRC del cociente mostrado en la figura 27. [WAY03]

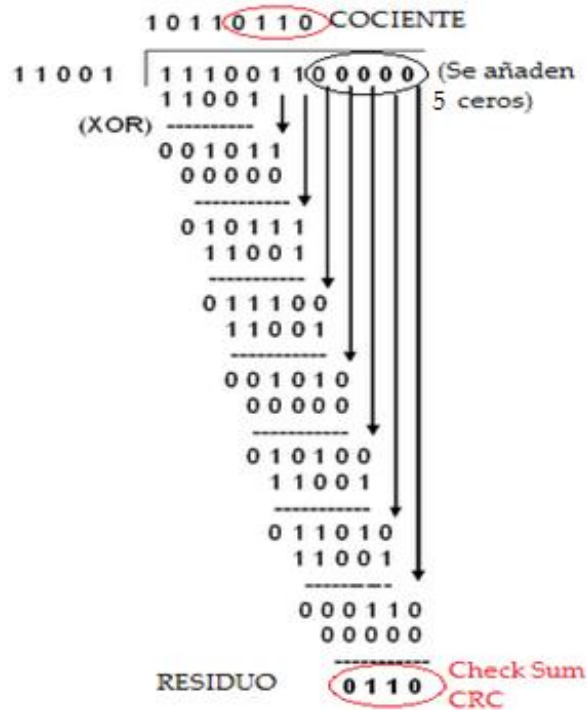


Figura 27. Ejemplo de cálculo de un CRC. [URL0]

3.8 Clasificación de los sistemas RFID.

Como se puede observar un sistema RFID debe tener en cuenta diversos factores importantes para su diseño, y así poder utilizar el sistema de acuerdo a lo que se requiere, los puntos más importantes para el diseño de un RFID son: [GON08]

- Rango de alcance, para poder mantener la comunicación lector – etiqueta.
- Tamaño de la memoria del transponedor.
- Velocidad del lector – etiqueta, rapidez del flujo de datos.

- Tamaño de la etiqueta.
- Lector de etiquetas múltiples.
- Robustez para no captar interferencias.
- Rango de operación acorde al estándar de regularización de cada país.
- Existencia de batería en la etiqueta(etiquetas activas)
- Frecuencia RF usada entre lector y transponedor.
- Frecuencia a las que trabaja los sistemas (LF,HF, UHF, Microondas)
- Transponedor activo o pasivo
- Tipo de funcionamiento:
 - Acoplamiento inductivo: induce a una corriente en una bobina y así transferir datos o energía.
 - Backscatter: frecuencia de y transmisión igual entre lector y transponder para comunicarse.(modulación y retrasmisión)
 - Microwave: microondas que son transmitidas por el receptor hacia el transponedor.
- Sistema de Memoria que utiliza el transponedor:
 - EEPROMs (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory): Memoria más utilizada, tiene número limitado de ciclos de escritura (100.000 y 1.000.000 ciclos), tiene alto consumo de energía.
 - FRAMs (Ferromagnetic Random Access Memory): Memoria de bajo consumo de energía (aproximadamente 100 veces menor que la EEPROMs), tiempo de escritura de 1000 veces menor que la EEPROM.
 - SRAMs (Static Random Access Memory): Memoria de mayor uso en microondas, acceso rápido a los ciclos de escritura, necesita de energía ininterrumpida de una batería auxiliar.

- Rango de información y la capacidad de procesamiento que tiene el transponedor:
 - Low-end: 16 Bits
 - Mid-range: 32 bits
 - High-end: 512 bits
- Cantidad de información transmitida, con memorias de más de 1 bit, la comunicación entre lector y etiqueta tiene 2 formas:
 - Half – dúplex: Cuando la comunicación es simultánea, es decir al mismo tiempo tenemos emisión y recepción.
 - Sistemas secuenciales: La transmisión es de uno en uno.
- Procedimiento para enviar datos desde el transponedor al lector, existen 3 tipos:
 - Reflexión o backscatter: La frecuencia de transmisión es la misma que la usada por el lector y así poder comunicarse con el transponedor.
 - Load modulation: el campo del lector es influenciado por la frecuencia del transponedor.
 - Subarmónicos: uso de subarmónicos ($1/n$) y la generación de ondas armónicas de frecuencia con n múltiplos en el transponedor.

3.9 Pros y Contras de Usar RFID.

Pros

- Tecnología sin cables, capaz de lograr reducción de costos fijos acelerando los procesos e incrementando producción, manejo en tiempo real.
- Durables, eficientes, tiempo y costos de mano de obra reducida de óptima forma, costos bajos en proveedores y consumidor final.
- Cuenta con programación en cuanto a la seguridad, detectando intentos de robo.
- Ayuda a mejorar la visibilidad el inventario, alternando acciones de seguridad.
- Maneja íntegramente tareas sobre el ciclo de vida del producto, automatización de transacciones, logística, eficiencia y control de producción.
- Cuenta con lectores de RF que son capaces de leer a distancia, sin contacto y sin línea de vista, almacenan datos en chips.
- Los lectores pueden identificar automáticamente y distinguir todas las etiquetas del RF en su campo de lectura.
- Puede identificar 2 o más etiquetas al mismo tiempo, con esto se reduce tiempo en inventarios.
- Las etiquetas RFID no necesitan estar en el exterior o visibles en el producto, y pueden ser identificadas fácilmente dentro del rango de lectura.
- Elimina virtualmente la necesidad de hacer que una persona localice artículos y escanee manualmente su código de barras.

- Aporta muchos beneficios en las empresas o instituciones, para la identificación de artículos.

Contras

- Las etiquetas RF transfieren información a través de ondas de radio y están sujetas a interferencias.
- Predomina la interferencia en productos de metal y líquidos, principalmente en latas o envases de metal.
- El deterioro de las etiquetas provocaría que tuviera que ser leída manualmente lo cual ocasionaría incremento en tiempo y costo.
- El manejo de diferentes estándares a nivel mundial es una contra cuando la empresa desee exportar artículos a otro país, lo cual provocaría incompatibilidad de lectura.