INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS APLICADAS
Y TECNOLOGÍA AVANZADA UNIDAD LEGARIA.

Modelo de Radio frecuencia por Identificación (RFID) de 64 bits tipo 1 adaptable a las necesidades de la cadena de suministros, dada una cantidad de etiquetas finitas

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
Maestro en Ciencias en Tecnología Avanzada.

PRESENTA: **JACOBO SANDOVAL GUTIÉRREZ.**

México D. F., Noviembre de 2006.

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA DE CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de **México** el día **28** del mes **noviembre** del año **2006**, el (la) que suscribe **Jacobo Sandoval Gutiérrez** alumno (a) del Programa de **Postgrado en Tecnología Avanzada** con número de registro **A050196**, adscrito a **CICATA – LEGARIA**, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del **Dr. José de Jesús Medel Juárez** y cede los derechos del trabajo intitulado **Modelo de Radio frecuencia por Identificación (RFID) de 64 bits tipo 1 adaptable a las necesidades de la cadena de suministros, dada una cantidad de etiquetas finitas**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **jacobosandoval@hotmail.com**. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Jacobo Sandoval Gutiérrez .
Nombre y firma

SIP-14

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 11:00 horas del día 21 del mes de noviembre del 2006 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICATA - IPN para examinar la tesis de grado titulada:

Modelo de Radio frecuencia por Identificación (RFID) de 64 bits tipo 1 adaptable a las necesidades de la cadena de suministros, dada una cantidad de etiquetas finita.

Presentada por el alumno:

Sandoval	Gutiérrez	Jacobo
Apellido paterno	materno	nombre(s)

Con registro:

A	0	5	0	1	9	6

aspirante al grado de:

Maestría de Tecnología Avanzada

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron ***SU APROBACION DE LA TESIS***, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis

Dr. José de Jesús Medel Juárez

Dr. José Luis Fernández Muñoz

Dr. Pedro Guevara López

Dr. Ernesto Marín Moares

Dr. José Antonio Calderón Arenas.

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA APLICADA Y TECNOLOGÍA AVANZADA DEL IPN

Dr. José Antonio Díaz Góngora.

ÍNDICE GENERAL.

	Página
Glosario	6
Relación de cuadros, gráficas e ilustraciones	8
Resumen	10
Abstract	12

1. - Introducción

1.1 Introducción	14
1.2 Objetivo	14
1.2.1 Objetivos Particulares	14
1.3 Antecedentes de los sistemas de identificación.	15
1.3.1 Sistemas de identificación básica.	15
1.3.2 Sistemas de Identificación con información.	15
1.3.3 Comparación de sistemas de identificación.	17
1.4 Descripción de sistemas RFID.	18
1.4.1 Etiquetas activas y pasivas	18
1.4.2 Bandas de frecuencia utilizadas en antenas	20
1.4.3 Lectores RFID.	21
1.4.4 Funcionamiento de un sistema en general.	22
1.5 Planteamiento del Problema	24
1.6 Justificación	25
1.7 Aspectos innovadores del sistema	25
1.8 Metodología	26
1.9 Hipótesis	26
1.10 Límites y alcances	26
1.11 Conclusiones	27

2. – Construcción de un sistema de RFID de LF.

2.1 Estandar RFID Class 1 LF	28
2.1.1 Protocolo de comunicación par LF con FSK	28
2.1.2 Evaluación de cadena de información.	29
2.1.3 Detección de errores	30
2.2 Adquisición de recursos.	30
2.2.1 Modulador de frecuencia para LF	30
2.2.2 Tarjetas pasivas LF.	31
2.3 Diseño de sistema RFID LF	32
2.3.1 Etapa de control.	32
2.3.2 Procesamiento de la información.	34
2.4 Fabricación y pruebas.	35
2.4.1 Armado en protoboard y circuito impreso	36
2.4.2 Comparación de software y sistema	36
2.4.3 Aplicaciones y Conclusiones	37

3.- Diseño algoritmo de lectura para RFID UHF

3.1 Características de sistemas RFID UHF 38
3.1.1 Información contenida en RFID UHF 38
3.1.2 Escenarios posibles colisiones. 39
3.1.3 Caracterización de lecturas 40
3.1.4 Análisis matemático 41
3.2 Algoritmo propuesto 42
3.2.1 Modelo de solución 42
3.2.2 Simulación 47
3.2.3 Pruebas en software 53

4.- Diseño de hardware para validar algoritmo anticolisiones.

4.1 Recursos. 54
4.1.1 Transmisores y receptores de UHF 54
4.1.2 Sistema mínimo de comunicación de datos 55
4.1.3 Implementación de algoritmo. 55
4.2 Simulación. 57
4.2.1 Por software 57

5.- Discusión y Análisis de Resultados

5.1 Resultados. 58
5.1.1 Lector de LF para control de acceso 58
5.1.2 Algoritmo anticolisiones 59
5.1.3 Simulación en hardware de algoritmo anticolisiones 60

5.2 Comparaciones 60
5.2.1 Lectores comerciales 60
5.2.2 Algoritmos anticolisiones 60

Conclusiones Finales 62
Recomendaciones y sugerencias para trabajo futuro 63
Bibliografía 64
Anexo 1. Código de detector de errores 68
Anexo 2. Código de control de acceso 70
Anexo 3. Código de ID reader 73
Anexo 4. Código de etiqueta 74
Anexo 5. Código lectura de etiqueta. 75
Anexo 6. Interfase RFID serial a teclado. 85
Anexo 7. Generador de números ID para algoritmo anticolisiones. 86

GLOSARIO:

Algoritmo.- Es un conjunto de pasos secuenciales y ordenados que permiten lograr un objetivo.
ASK.- Amplitude shift keying.- Es una técnica para tratar la señal que funciona con los cambios de la amplitud de onda la señal a comunicar.
Antena.- Un dispositivo metálico que provee una inductancia para emitir ondas de radio frecuencia
Anti-colision.- Es una meta que se refiere al evitar las ambigüedades entre las etiquetas para dar en tiempo y forma una cantidad finita de etiquetas.
Bit.- Unidad mínima que representa un cero o un uno.
Byte.- Palabra de 8 bits.
Código de barras.- Es un tipo de identificación muy ampliamente utilizada para el manejo de las cadenas de suministro que asigna un código de acuerdo a las normas internacionales.
EPC.- Es el Código Electrónico de Producto que esta definido para poder dar un código único a nivel mundial de los objetos a través de las normas ISO.
EPC Generación 2.- Es la evolución del EPC orientado a la Ultra Alta Frecuencia del tipo pasiva.
Frequency.- Es una medida para indicar el número de repeticiones de una longitud de onda en un segundo.
FSK.- Frequency Shift keying.-Es un método de comunicación que se realiza por la representación de el valor mínimo con una frecuencia y el valor máximo con otra.
Hardware.- Son los componentes electrónicos capaces de proporcionar los medios para procesar las señales.
LF.- Low Frequency. Banda de frecuencia comprendida en el rango de los
Microcontrolador.- Circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de un ordenador: unidad central de proceso, memoria y entradas / salidas.
Modulación.- Conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora, de una onda senoidal.
Protocolo.- Conjunto de reglas de parámetros definidos y ordenados para obtener una comunicación del sistema RFID.
RFID.- Radio Frequency for Identification, Identificación por Radio Frecuencia, es un medio de comunicación a través de ondas de radio que permiten la identificación de objetos de manera única.
Sistema mínimo.- Conjunto de componentes electrónicos que realizan una tarea especifica.
Software.- Una serie de procedimientos intangibles que se ejecutan mediante los componentes electrónicos.
Supply-chain.- Cadena de suministro, se refiere a todas las etapas de la industria.
Tag activo.- Etiqueta pasiva para RFID que contiene un arreglo de capacitores que almacenan de forma momentánea la energía suficiente para poder responder a los eventos del lector.

Tag pasivo.- Etiqueta activa para RFID que contiene una batería interna para responder a los eventos del lector.
Transceiver.- Circuito electrónico que contiene la etapa de transmisión y receptor de señal para las ondas de radio frecuencia.
UHF.- Ultra High Frequency, Banda de frecuencia comprendida en el rango de los 30 Mhz hasta los 3 Ghz.

RELACIÓN DE CUADROS, GRÁFICAS E ILUSTRACIONES.

Figura 1. Lector de metal. 15
Figura 2. Lectura de código de barras. 16
Figura 3. Sistema lector de banda magnética. 16
Figura 4 Diseño básico de Etiqueta RFID de Texas Instruments. 18
Figura 5 Antena para lector de 13.56 Mhz. 20
Figura 6. Antena de fabricación casera. 20
Figura 7. Lector comercial serie 2000 de Texas Instruments. 21
Figura 8. Diagrama general de un sistema lector RFID. 22
Figura 9. Diagrama sistema RFID de LF. 22
Figura 10. EPC 64 bits type 1. 28
Figura 11. Protocolo LF con FSK 29
Figura 12. Estructura de información LF 29
Figura 13 Módulo RF. RI - STU - MRD1 30
Figura 14. Etiqueta utilizada tipo tarjeta de LF 29
Figura 15. Software MicroReader de Texas instruments 31
Figura 16. Antena para LF. 32
Figura 17. Diagrama esquemático de conexión MR a PC. 33
Figura 18. Diagrama PIC16f876A -20 34
Figura 19. Código hexadecimal en bajo nivel. 35
Figura 20. Sistema LF en protoboard 36
Figura 21. Comparación MR1 con LCD 36
Figura 22. Diagrama a bloques de RFID CHECADOR 37
Figura 23. Sistema RFID de UHF 39
Figura 24. Escenario de colisiones. 40
Figura 25. Región de pares e impares 42
Figura 26 Lectura de un tag. 47
Figura 27. Respuesta de 268 435 456 en 01 48
Figura 28. Lectura de 8 tags 51
Figura 29. Software para algoritmo anticolisiones 53
Figura 30. Receptor(a) y transmisor (b) 55
Figura 31. Módulos del lector y etiqueta 55
Figura 32. Simulación de algoritmo en Proteus 57
Figura 32. Lector fabricado RFID LF 58
Figura 34. Control de accesos 59

Tabla 1. Comparación de sistemas de identificación 17
Tabla 2. Tipos de EPC 39
Tabla 3. Muestreo XOR 43
Tabla 4. VALORES DE XOR = 1 DE FORMA DISPERSA 44
Tabla 5. Valores de XOR para 268435456 48
Tabla 6. Cálculo de BMS y BLS. 49
Tabla 7. Valores calculados por cada una de las etiquetas 51
Taba 8. Ranuras necesarias para identificar 64 etiquetas. 61

Diagrama 1. Combinaciones para 56 bits 41
Diagrama 2 Cálculo de xor de las etiquetas energizadas. 44
Diagrama 3. Cálculo de bit más significativo 45
Diagrama 4 Diagrama de flujo BMS 45
Diagrama 5. Cálculo de bit menos significativo. 46
Diagrama 6. Respuesta de 268 435 456 de acuerdo a BMS y BLS 49
Diagrama 7. Respuesta de 8 etiquetas de acuerdo a BMS y BLS 52
Diagrama 8. Operaciones del lector 54

Gráfica 1. 64 lecturas aleatorias 59
Gráfica 2. Total de ranuras requeridas para 64 etiquetas 60

TÍTULO Y RESUMEN

Modelo de Radio frecuencia por Identificación (RFID) de 64 bits tipo 1 adaptable a las necesidades de la cadena de suministros, dada una cantidad de etiquetas finitas.

El presente trabajo muestra una investigación y desarrollo acerca de la Tecnología de Radio Frecuencia por Identificación (RFID) dada una serie de necesidades. El estudio se basa en cinco capítulos, en el primero se describe la naturaleza del problema y se mencionan los objetivos a cubrir, así como antecedentes e importancia de los sistemas de identificación, además se mencionan los componentes y características de los sistemas RFID: como son tipos de etiquetas, antenas y lectores, por ultimo se muestran los principios de operación, funcionamiento, protocolos y diferentes técnicas de identificación. Para este capítulo se obtiene la divulgación de una artículo y una ponencia con el tema: *"Perspectivas de la tecnología RFID"* en el 2° Congreso Nacional "Tendencias Tecnológicas en Computación".

En el segundo capítulo se desarrolla el proceso de llevar a la producción un sistema de identificación RFID con moduladores estándar para baja frecuencia de la marca Texas Instruments, junto con sus etiquetas pasivas de baja frecuencia, que son hechas para cubrir distancias cortas de alrededor de 5cm, donde se implementa una aplicación práctica del control de accesos, para experimentar con la tecnología a nivel hardware, para lo que se utilizan una interfaz serial para conectar una PC mediante RS232. Del trabajo desarrollado se público un artículo y una ponencia con el tema "*Tecnología RFID: Una Aplicación Práctica en el Control de Accesos*" en el 2° Congreso Nacional "Tendencias Tecnológicas en Computo". Y una participación en el pabellón de *NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y SERVICIOS UBICUOS.* México-Corea, septiembre 2006.

En el tercer capítulo se realiza una investigación entorno a las características de los sistemas de RFID en el rango de Ultra Alta Frecuencia (UHF) para obtener los números de una cantidad de etiquetas pasivas finitas, además se propone y desarrolla un algoritmo de solución para evitar colisiones del sistema en prueba y error, considerando tres principales variables que discriminan los valores para convertir de un conjunto de posibilidades B a un conjunto delimitado llamado A donde se encuentran las etiquetas que nos interesas y en pruebas se consideran tres posibles casos que engloban la totalidad de una cadena de suministros, el primero es obtener el valor de una sola etiqueta, el segundo es obtener los valores de una cadena de información seguida y por ultimo se buscan valores aleatorios dispersos dentro del intervalo estándar de 64 bits tipo 1. De este capítulo se publico un artículo y una ponencia con el tema: *DISEÑO DE UN SISTEMA RFID ACTIVO TIPO GEN2 SOBRE UHF DE 433 MHZ EN MODULACIÓN ASK, DE BAJO COSTO*. En el 4° Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico.

En el cuarto capítulo se diseña el hardware para validar el algoritmo para evitar colisiones en el sistema de identificación UHF que se menciono en el tercer capítulo, utilizando transmisores y receptores activos en un rango no estándar de 433MHZ para obtener una parte de la solución al problema de un Proyecto de la Secretaría de Investigación y postgrado (SIP): 20060115 con el Titulo "*Desarrollo de un sistema de identificación de radiofrecuencia (RFID) aplicado al auto-transporte*".

Y finalmente en ultimo capítulo se muestra un análisis de el capitulo uno al cuatro en comparación a otros sistemas existentes y se dan las conclusiones finales del trabajo.

ABSTRACT.

Model of Radio frequency for Identification (RFID) of 64 bits type 1 adaptive to the necessities of the supply chain, given of finite of tags.

The present work shows a research and development about the Technology of Radio Frequency for Identification (RFID) given a series of necessities. The study is based on five chapters, in the first one we describe the nature of the problem and we mention the objectives to cover, as well as records and importance of the identification systems, the components are also mentioned and characteristic of the systems RFID: as they are types of tags, antennas and readers, for I finish the operation principles, operation, protocols and different identification techniques they are shown. For this chapter it is obtained the popularization of an article and a report with the topic: *"Perspectivas de la tecnología RFID"* en el 2° Congreso Nacional "Tendencias Tecnológicas en Computación".

In the second chapter the process is developed of taking to the production an identification system RFID with modulators standard for low frequency of the mark Texas Instruments, together with its low frequency passive tags that are made to cover short distances of around 5cm, where a practical application of the control of accesses is implemented, to experience with the technology at level hardware, used a serial interface to connect a PC by means of RS232. Of the developed work I public an article and a report with the topic: "Tecnología RFID: Una Aplicación Práctica en el Control de Accesos" en el 2° Congreso Nacional "Tendencias Tecnológicas en Computo". ". And a participation in the pavilion of *NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y SERVICIOS UBICUOS*. México-Corea. September 2006.

In the third chapter it is carried out an investigation environment to the characteristics of the systems of RFID in the range of Ultra High Frequency (UHF) to obtain the numbers of a quantity of finite passive tags, it also intends and it develops a solution algorithm to avoid collisions of the system in test and error, whereas clause three main variables that discriminate against the securities to convert from a group of possibilities B to a group defined A where they are the tags that you interest us and in tests we consider three possible cases that include the entirety of a supply chain, the first one it is to obtain the value of a single tag, the second is to obtain the securities of a chain of followed information and for I finish they are looked for dispersed aleatory securities inside the standard interval of 64 bits type 1. Of this chapter you publishes an I articulate and a report with the topic: *DISEÑO DE UN SISTEMA RFID ACTIVO TIPO GEN2 SOBRE UHF DE 433 MHZ EN MODULACIÓN ASK, DE BAJO COSTO.* En el 4° Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico

In the fourth chapter the hardware is designed to validate the algorithm to avoid collisions in the identification system UHF that I mention you in the third chapter, using transmitters and active receivers in a non-standard range of 433MHZ to obtain a part from the solution to the problem of a Project of Secretaría de Investigación y postgrado (SIP) : 20060115 "*Desarrollo de un sistema de identificación de radiofrecuencia (RFID) aplicado al auto-transporte*".

And finally in I finish chapter an analysis it is shown of the I surrender one at the four in comparison to other existent systems and they are given the final summations of the work.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN:

1.1 INTRODUCCIÓN.

En este capitulo se explica el ¿Por qué? ¿Cómo? ¿Dónde? y ¿Para qué? de contribuir en una de las NUEVAS TECNOLOGÍAS llamada Radio Frecuencia por Identificación en el entorno de la investigación y aplicación (RFID).

1.2 OBJETIVO

Desarrollar un modelo de Radio frecuencia por identificación (RFID) adaptable a las necesidades de las pequeñas y medianas empresas (PyME´s) para dar solución de control de los recursos en tiempo y forma en su cadena de suministros dada una cantidad de recursos limitada, a través de adaptaciones de software y hardware.

1.2.1 OBJETIVOS PARTICULARES

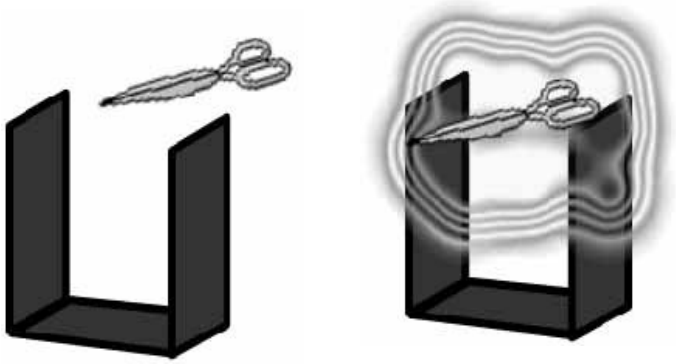
- Diseñar un sistema lector de RFID de LF.
- Diseñar un sistema lector de RFID de UHF del tipo Generación 2.
- Desarrollar un algoritmo para un número finito de etiquetas LF y UHF.
- Desarrollar el hardware para un sistema de LF.
- Realizar una interfaz de comunicación de información RFID LF con una PC.
- Probar la interfaz con un sistema de control de accesos.
- Desarrollar un algoritmo para colisiones de UHF.

1.3 ANTECEDENTES DE LOS SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN.

La identificación es un concepto muy importante, ya que, para la humanidad es necesario poder diferenciar a las cosas, personas, actividades etc., mediante una simple o sofisticada clasificación, dependiendo de la cantidad o de la importancia. Es decir, se requiere distinguir los diferentes objetos cotidianos con los que tiene que interactuar una persona o una empresa, lo que implica tener un sistema de identificación para llevar un rastreo o control de dichos objetos en forma ordenada.

1.3.1 Sistemas de identificación básica.

Así, los primeros antecedentes para identificar cosas materiales de manera más eficiente se remontan a un simple y básico detector de metales, donde su principio de funcionamiento es saber el resultado de el escaneo: no existe presencia de metal (a) o sí existe presencia de metal (b), el dispositivo encargado de está función es un sensor, el cual se encarga de entregar un simple dato de cierto o falso, donde las aplicaciones básicas y prácticas son utilizadas en la seguridad, para saber si se introducen artículos de peligro como navajas, armas, etc. Otro uso común es adherir una banda de metal a los artículos de alto valor, para evitar que se han robados de alguna área en particular. Como se muestra en la Figura 1.



(a) No metal. (b) Metal.

Figura 1. Lector de metal.

1.3.2 Sistemas de Identificación con información.

Sin embargo este tipo de identificadores, están limitados en sus funciones de reconocimiento, ya que solamente nos pueden dar una información binaria. La evolución de un sistema básico de identificación binaria a un sistema que nos pueda proporcionar datos más precisos de cada cosa, fue logrado mediante la unión de las compañías para poder definir una serie de códigos estandarizados a nivel mundial como Código de Producto Universal (UPC, por su siglas en inglés) utilizado comúnmente en los código de barras, esto se logra con una representación gráfica de líneas delgadas y gruesas, leídas con un dispositivo

óptico de corta distancia, alrededor de 10 cm, de la cual podemos obtener el fabricante, producto, precio, número, etc., del artículo como se puede observar en la Figura 2.

Figura 2. Lectura
de código de barras

Las aplicaciones de estos sistemas están, prácticamente, en todos los sectores de comercio o servicio donde se requiere tener control de la mercancía, desde tiendas departamentales hasta la milicia.

Los dos sistemas anteriores de identificación son clasificados en la categoría de sistemas de solo lectura, ya que lo único que hace el sistema de comunicación es leer la información proporcionada por el medio, y por que nunca pueden modificar la información que nos proporciona el objeto en cuestión.

En una forma alterna a la identificación de solo lectura, debido a la necesidad, se conformaron los sistemas de lectura y escritura, un ejemplo de estos sistemas son las tarjetas con chip y/o magnéticas como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Sistema lector
de banda magnética.

Las cuales están estandarizadas en su funcionamiento, pero no en su operabilidad, ya que cada sistema genera un tipo propio de seguridad de la información, esto siguiendo los principios de tener un código diferente para

cada usuario, pero con diferente información del estado actual. La forma de lectura para su operación es por contacto físico. En las aplicaciones que podemos encontrar tenemos a las tarjetas de crédito o tarjetas de telefonía pública. Este último sistema se clasifica dentro de la categoría de lectores escritores “R/W”.

Tecnologías de la Información y Comunicaciones TIC´s

En los últimos años se ha tenido una convergencia de los sistemas de información con los sistemas de comunicaciones, principalmente se ve un una tendencia del intercambio de datos o información a grandes distancias y cada vez más en tiempo real. Esto es debido principalmente a los sistemas de Internet que facilitan el tráfico de la información, donde se requiere de procedimientos alternos para realizar las tareas cada vez más fácilmente. Para ello tenemos diferentes oportunidades donde podemos incursionar.

La automatización de los procesos implica acelerar los sistemas de identificación de producto para optimizar la cadena se suministro. Una característica importante que debe cubrir, es que siempre se mantenga la información verídica y segura en el entorno que se utiliza.

1.3.3 Comparación de sistemas de identificación.

En los sistemas de identificación utilizados de manera general, sus características las podemos ver en la Tabla 1.

Tipo de sistema.	Lectura.	Escritura.	Distancia de lectura.	Tipo de información.
Sistemas de detección.	Si aplica	No aplica	Aprox. 1.0 m.	Falso o verdadero
Sistema de código de barras.	Si aplica	No aplica	En visión directa 0.5 m	Cadena de bits (UPC).
Sistemas Magnéticos y/o de chip.	Si aplica	Si aplica	Al contacto	Cadena de bits.
Sistemas de Identificación por Radio Frecuencia	Si aplica	Si aplica	De 5cm a 5 m	Cadena de bits EPC.

Tabla 1. Comparación de sistemas de identificación

1.4 Descripción de sistemas RFID.

Sistemas RFID.

RFID.- Es el acrónimo de Radio Frequency IDentification. Significa identificación mediante la radio frecuencia. [1] [2][3] [4]

Básicamenteun sistema RFID consiste de un medio de comunicación, donde obtenemos la información necesaria de cualquier objeto o cosa, que anteriormente este clasificada con un código único en el sistema, utilizando radio frecuencia en un rango espectral específico.[1][2] [3] [4]

Componentes de un sistema RFID.

Los componentes principales de un sistema RFID se dividen principalmente en cuatro:

1.4.1 Etiquetas activas y pasivas "Tag".

La etiqueta se define como un circuito integrado encapsulado, que protege y a la vez hace la función de dar una presentación de acuerdo a la aplicación en cuestión como se muestra en la Figura 4. En algunos casos la etiqueta se le llama Transponder. [5]

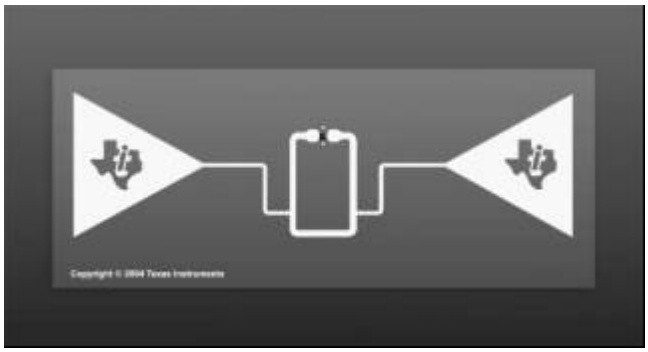


Figura 4 Diseño básico de Etiqueta RFID de Texas Instruments

Contenido de una etiqueta RFID.

La función principal de una etiqueta RFID o tag, es enviar la cadena de información vía radio frecuencia como respuesta a una petición dada por un lector a la misma frecuencia y funciona con un circuito integrado propiamente encapsulado que contiene de manera general[5]:

1. Antena.- En la mayoría de los casos es un circuito impreso distribuido por toda el área del encapsulado.

2. Memoria.- Un circuito integrado asignado para almacenar la información como el código de identificación.
3. Control lógico.- Se encarga de gestionar la codificación y decodificación, así como la transmisión y recepción de los datos contenidos en la memoria.

Tipos de Tag´s.

Por su estilo sería muy difícil catalogarlos, ya que dependiendo la necesidad de cada aplicación, esta su forma, tamaño, color o encapsulado, de los más comunes podemos decir algunos de ellos, como lo son; los de tipo credencial o los adheribles que se contienen un código de barras, algunos en cápsulas biocompatibles, etc. Por su capacidad se dividen en los de solo lectura "R" y los de lectura / escritura "R/W".
Pero, por su funcionamiento podemos dividirlos en dos tipos principales: por el tipo de frecuencia de trabajo y por su fuente de trabajo.

Tipos de frecuencia para etiquetas. Aunque en teoría podemos trabajar en diferentes espectros de frecuencia, en realidad solamente se esta tratando de trabajar en tres rangos de frecuencia[6][7][8] [9].

1.- Baja frecuencia "LF" (Low Frequency).- Que esta comprendida en el rango de 123 kHz a 134 kHz. Con un alcance corto en distancia cercano a 5 centímetros de aproximación a la fuente de lectura.
2.- Alta frecuencia "HF" (High Frequency).- Comprendido en un rango de 13.56 MHz. de una distancia de 5 cm a 1 m de lectura.
3.- Ultra Alta Frecuencia "UHF" (Ultra High Frequency").- En nuestra región (Continente Americano) se trabaja con 900 MHz y 2.45 GHz con rangos de alcance entre 1 m y 5 m de distancia de la fuente de lectura.

Por su forma de trabajo.- Por el tipo de fuente con la que funciona la etiqueta se divide en dos tipos:

1.- Tipo activo. Su energía proviene de una batería que esta contenida en el interior de la etiqueta, por lo que dependiendo de el uso, tiene una vida mas corta, pero nos proporciona una mayor distancia de lectura.

2.- Tipo pasivas.- Este tipo de etiqueta, hace más funcional el sistema RFID para aplicaciones de mucho uso. ya que la energía proveniente del lector (la misma frecuencia de datos) es la misma que energiza la etiqueta por un instante, lo suficiente para poder responder a la petición del mismo. Este tipo de etiqueta no pierde los datos aunque se quede sin energía, pero tiene un corto alcance de lectura con respecto a los de batería interna.

1.4.2 Bandas de frecuencia utilizadas en antenas.

Las antenas tienen un papel demasiado importante en los sistemas de RFID, ya que están contenidas tanto en la etiqueta como en el lector. Para poder entender el concepto podemos poner un ejemplo: supongamos que tenemos los mejores transmisores y receptores de radio con una alta potencia de transmisión, pero por alguna razón de nada nos servirían, si alguno de los dos dispositivos no tienen la inductancia correcta para poder recibir la información. Las formas pueden ser muy variadas en forma, tamaño, etc... pero si dependen mucho del valor de impedancia e inductancia[10], como se muestra en la Figura 5 .

Figura 5 Antena para lector de 13.56 MHz

Al igual que las etiquetas, catalogamos a las antenas por su capacidad de trabajo como: Baja Frecuencia LF, Alta Frecuencia HF, Ultra Alta Frecuencia UHF. Existen sistemas en los cuales no se tiene fabricación de antenas por parte del fabricante, para lo cual se deben hacer antenas especiales para cada caso de frecuencia o simplemente si se requiere trabajar con un prototipo diferente se debe fabricar por separado como se muestra en la Figura 6.

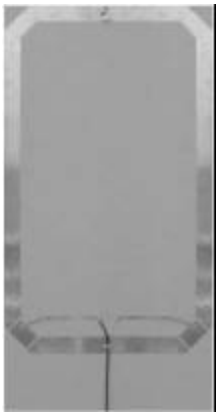


Figura 6. Antena de fabricación casera.

Utilizando las siguientes fórmulas podemos calcular los valores necesarios para poder dimensionar las antenas[5].

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad C_{res} = \frac{1}{(2\pi f)^2 L}$$

Donde: f = frecuencia en Hz.
L = inductancia en H.
C = capacitancia en F.

1.4.3 Lectores RFID.

Un lector de radio frecuencia es un sistema mínimo, que funciona para poder leer y/o escribir los tags de la misma frecuencia, como se muestra en la Figura 7.Al igual que los tags se clasifican por su rango de trabajo y pueden funcionar con diferentes frecuencias en un mismo equipo [9]: LF, HF y UHF.

Figura 7. Lector comercial
serie 2000 de Texas Instruments.

El sistema esta compuesto por una unidad lógica, que coordina todo el sistema; un microprocesador o microcontrolador que se encarga de todas las funciones que suceden en la unidad lectora, un “transceiver” que es un circuito integrado capaz de transmitir y recibir señal con un rango de frecuencia fija, el modulador y demodulador de la frecuencia hace la función de transmitir y recibir datos de la etiqueta, para poder enviar esos datos a un decodificador, la unidad lógica se encarga de enviar esos datos en comunicación serial o de largo alcance de forma alámbrica, a una interfase compatible con esa comunicación, como un sistema mínimo o una PC, como se muestra en la Figura 8.

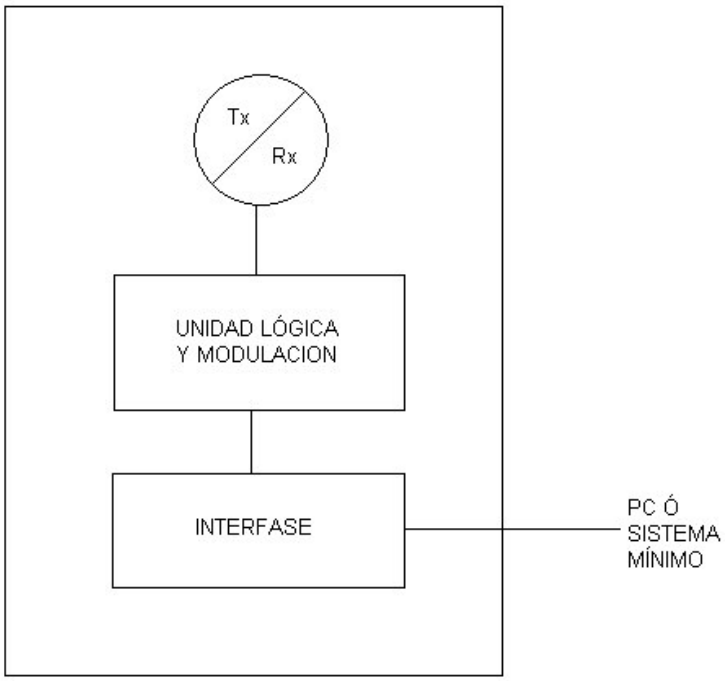


Figura 8. Diagrama general de un sistema lector RFID

1.4.4 Funcionamiento de un sistema en general.

Ahora que sabemos que partes componen un sistema RFID , podemos entender el funcionamiento básico de un sistema RFID, mediante el diagrama general de un sistema de lectura para un tipo de etiqueta pasiva de baja frecuencia[5][10][11] como se muestra en la Figura 9.

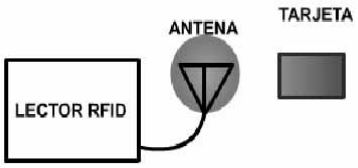


Figura 9. Diagrama sistema RFID de LF

Energizar la etiqueta.- Para poder energizar una etiqueta que es del tipo pasivo, lo primero que se hace mediante el lector, es enviar una señal de radio

frecuencia por un período suficiente para cargar el banco de capacitores de la etiqueta[11].
Solicitud de proceso.- El protocolo de la petición de lectura o escritura, puede darse mediante una cadena estandarizada la cual esta definida por el tipo de EPC[8] que puede ser de 96 bits o 64 bits, I, II, III. (definido por el Auto –ID center) de la misma manera tendrá que regresar la información solicitada por la misma estructura.
Recepción de la información. Una vez leído la cadena de información se procede a verificar esta misma para saber si es una cadena válida.
Procesamiento de información.- Una vez obtenida la verificación de la información, se procede a enviar la cadena en un formato hexadecimal a una interfase u otro dispositivo compatible que en este caso se encarga de gestionar y controlar la información.
Interfases.- Es la parte donde se toman las decisiones y donde se puede dar un valor agregado al sistema, ya que podemos, estructurar una completa gestión de la información en beneficio de las aplicaciones en cuestión.

Características específicas de los sistemas RFID.

Sin línea de visión.- No se necesita una posición en específico, solamente se debe cumplir con la distancia adecuada de lectura, dependiendo el tipo de frecuencia.
Robustez.- Puede trabajar en lugares donde las condiciones de operación sean difíciles, siempre y cuando se tenga el encapsulado adecuado.
Seguridad.- Es difícil de modificar un número establecido.
Programable.- Tiene una facilidad para ser programado de forma estática y dinámica.
Adaptabilidad.- Se puede complementar o sustituir cualquier sistema de control ya utilizado en algún proceso.

1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para poder llevar el control de los recursos en las empresas existen diferentes tipos de necesidades debido a la cantidad de recursos que estas mismas requiera controlar, como es el caso de un centro de investigación del Politécnico donde sabemos que no sobrepasan los 9999 empleados en nómina esta es considerada población pequeña, y además se sabe que la mayoría de ellos difícilmente cambiara de sede, para lo cual no es tan crítica la cantidad de información a procesar pero si es importante agilizar y tener de forma adecuada al personal que en este caso se considera como un recurso. La forma convencional de realizar este proceso se realiza mediante registros manuales que forman una tarea difícil debido a las complicaciones que implica el tener muchos documentos y tareas extras para poder llevar este proceso.

Otra situación importante que se presenta en México donde muchas de las Pequeñas y Medianas Empresas (PyME´s)[12][13][14] cuentan con un sistema de identificación basada en el código de barras, que funcionan de manera limitada debido a la mismas características del sistema como es el caso de tener visión directa, la proximidad, así como la lectura que es manual y ahí se pierde control, porque no se tiene un muestreo constante, sobre todo cuando se trata de objetos de alto valor que necesitan tener un constante monitoreo en donde se debe adquirir información precisa aun cuando el entorno sea muy desfavorable como en el caso de objetos cercanos. Un método que se utiliza en algunos países para este tipo de caso, es la Identificación por Radio Frecuencia de Generación 2[8] que busca atender varias etiquetas próximas, pero hasta el momento es limitada en el número de etiquetas que pueden leer debido al problema de colisiones y además en precio son demasiado costosos los lectores.

Con las necesidades anteriormente planteadas tenemos una pregunta que pueda llegar a dar solución a dos segmentos, utilizando técnicas específicas para la mejora en el control de recursos automatizados: *¿Cómo lograr que el problema de colisiones en comunicaciones RFID sea resuelto para un número finito de etiquetas con tiempos acotados mediante software o hardware usando baja o alta frecuencia para :*

- *Reducir el tiempo de lectura,*
- *Reducir el costo de implementación,*
- *Evitar errores de lectura,*
- *Evitar salto de etiquetas.*
- *Poder procesar los datos obtenidos con cualquier plataforma de interfaz,*
- *Adaptarse fácilmente a la necesidad de la aplicación con el mismo patrón.*

1.6 JUSTIFICACIÓN

Los sistemas de identificación utilizados en México son poco eficaces y solo se tiene la capacitación para implementar sistemas diseñados para aplicaciones robustas que son muy diferentes a las requeridas por las PyMES [12][13][14]. La necesidades de cantidad de inventario o distancia de monitoreo para un segmento mayoritario de la industria mexicana se ha convertido en una desventaja, para lo cual se puede convierte en buena inversión si se implementa una tecnología adecuada, para lo cual es necesario crear sistemas de control con tiempos acotados y etiquetas numerables finitas.

La Optimización de la cadena de suministro se convertirá en un detonante para la competitividad de procesos por el ahorro en errores de manejo de información así como la automatización del proceso de control de acceso, para el área logística tenemos una mejor planeación de tareas por la forma de digital de obtener los datos. En áreas de almacén podemos mejorar el inventario. El sistema podrá mejorar la cobranza en lugares comerciales disminuir los robos, tiempos de espera, y demás tareas referentes a la cadena misma a través de la correcta adopción de un sistema RFID hecho a la medida que se logrará mediante el estudio de las variables del proceso para la lectura adecuada para cada caso y crear las herramientas por software y hardware adaptable a las necesidades del mercado de las PyME´S.

Para obtener mejora en los sistemas de RFID se requiere tener algoritmos hechos por software o hardware que eviten los problemas de ambigüedades entre etiquetas y redes de lectores, donde el número de etiquetas es limitado por las colisiones de información al interactuar entre los mismos. Lo cual se requiere resolver por técnicas de prioridades. Ya que de lo contrario no pueden implementarse sistemas de identificación automática en los procesos con ambientes densos en comunicación RFID para el mercado de las PyME´s.

1.7 Aspectos innovadores del sistema.

Sistema de Identificación por Radio Frecuencia adaptable a las necesidades de la información requerida en los sistema de baja frecuencia.
Utilizar componentes alternos de modulación de frecuencia para obtener un control de accesos.
Algoritmo para evitar colisiones a través de teoría de conjuntos y métodos numéricos.

1.8 Metodología

El primer paso es documentarnos de la tecnología RFID en sus aspectos técnicos y revisar las necesidades de aplicación. Junto con la vinculación de proyectos realizables.
La siguiente etapa es adquirir los recursos necesarios para poder experimentar y saber el comportamiento de los sistemas, para diseñar un sistema mínimo capaza de procesar y compartir la información.
Proponer varias técnicas para poder evitar las colisiones de etiquetas en el radio de alcance del lector, para poder desarrollar un algoritmo adaptable a las necesidades de varias condiciones aleatorias.
Teniendo el algoritmo, se trasladará a un lenguaje de programación de alto nivel para poder realizar pruebas y una vez depurado se buscará incluirlo a un sistema de programación de bajo nivel para integrarlo al hardware.
Y por ultimo comparar los resultados obtenidos.

1.9 Hipótesis

Es posible desarrollar un modelo adaptable para cardinalidades aleatorias finitas respecto del conjunto de etiquetas que deben ser leídas en un tiempo específico a través de un algoritmo incluido en el hardware de un sistema de identificación por radio frecuencia del tipo pasivo.

1.10 Límites y alcances

En este proyecto de tesis se desarrollará:

- Un sistema RFID de baja frecuencia en el estándar de 123khz y 134khz del tipo pasivo de 64 bits de datos tipo 1 para el control de accesos de un número máximo de 65535 identidades.
- Un sistema RFID con una interfase comunicación serial rs232.
- Un algoritmo anticolisiones adaptable a los sistemas RFID de ultra alta frecuencia de 56 bits que utiliza 255 ranuras de tiempo.
- Diseño y simulación de un sistema mínimo de RFID en la frecuencia de 433 Mhz del tipo activo de 56bits para comunicación serial.

En este proyecto de tesis no se desarrollará

- El manejo de la información de las identidades del control de accesos.
- Mas de 56 bits de información.
- La fabricación de etiquetas pasivas.

Conclusiones

La necesidad de los sistemas de Identificación por Radio Frecuencia es muy importante si se quiere tener procesos más automáticos fiables dentro de los procesos de la cadena de suministros en ciertas áreas donde se requiera la identificación única. El conocimiento adquirido nos da las herramientas suficientes para cumplir los objetivos del trabajo en forma. Se presento el objetivo al usar la tecnología RFID para la lectura de etiquetas en un tiempo acotado dentro de un conjunto finito. De igual forma se listaron los objetivos específicos para diseñar un sistema de lectura RFID de LF y UHF, este último de generación 2, el desarrollo de un algoritmo de lectura de las etiquetas para LF y UHF, desarrollo del hardware par el sistema LF, desarrollo de la interfaz de comunicación entre el lector de RFID y la PC, y el desarrollo del algoritmo de colisiones para UHF. En el planteamiento del problema encontramos la pregunta al respecto de las colisiones y está expresada: *¿Cómo lograr que el problema de colisiones sea resuelto para un número finito de etiquetas con tiempos acotados mediante software o hardware usando baja o alta frecuencia para: Reducir el tiempo de lectura, Reducir el costo de implementación, Evitar errores de lectura, Evitar salto de etiquetas, Poder procesar los datos obtenidos con cualquier plataforma de interfaz, Adaptarse fácilmente a la necesidad de la aplicación con el mismo patrón?* La justificación se realiza respecto al desarrollo del presente proyecto considerando que es necesaria la optimización de la cadena de suministro en un proceso de producción, lo que se convertirá en un detonante para la competitividad de procesos por el ahorro en errores de manejo de información así como la automatización del proceso de control de acceso entre sus bases de información. Dentro de la metodología se describe el cómo se desarrollará el lector y la etapa contra las colisiones en el lector de etiquetas de RFID, recalcando en la hipótesis que es posible realizar un modelo de hardware-software para leer etiquetas y evitar colisiones en su etapa de lectura. Estableciendo los límites y alcances que tiene el presente proyecto.

CAPÍTULO 2
Construcción de un sistema de RFID de LF:

En este capítulo se mostrará el proceso de diseño y fabricación de un sistema de Identificación por radio Frecuencia mediante un sistema mínimo que será el lector de etiquetas del tipo pasivo y una comunicación de interfase serial para un PC o algún otro dispositivo. También se mostrará un aplicación al control de accesos.

2.1 Estandar RFID Class 1 LF.

La estructura de la cadena esta estandarizada, para poder establecer una comunicación correcta a través de un protocolo que tiene la siguiente estructura[8], como se muestra en la Figura 10.

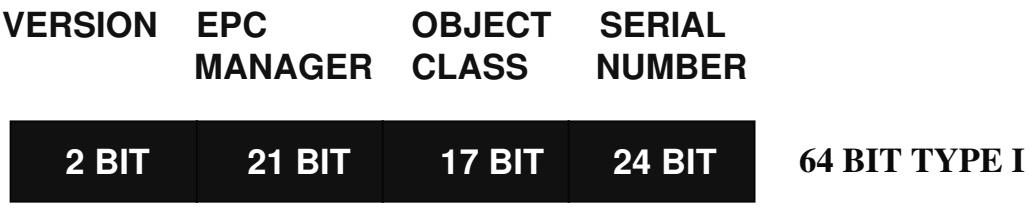
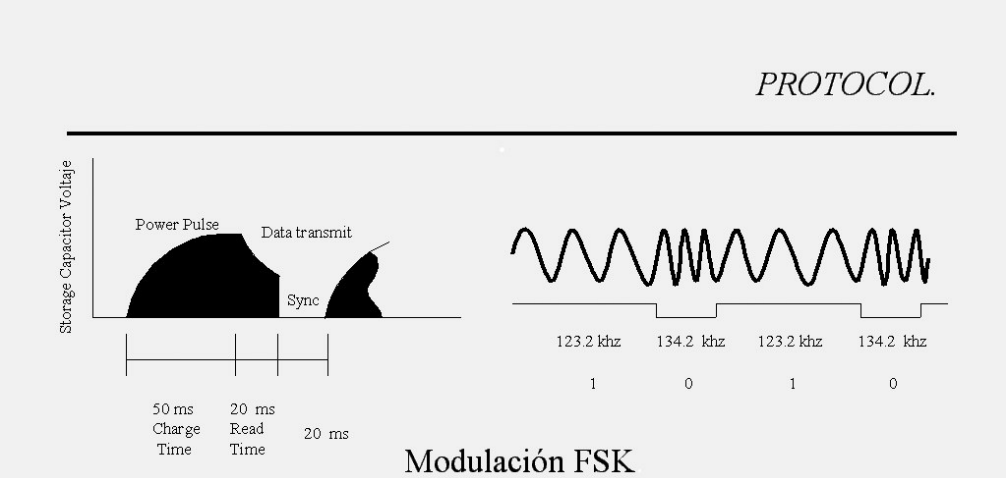


Figura 10. EPC 64 bits tipo 1.

2.1.1 Protocolo de comunicación par LF con FSK.

El protocolo de comunicación para un sistema de baja frecuencia principalmente esta limitado por la modulación, ya que el tiempo de transmisión y recepción esta afectado por la longitud de onda que en este caso tenemos dos debido a la naturaleza del tipo FSK, que significa que va a transmitir mediante un cambio de frecuencias para el valores discretos de bit 0 y bit 1 [15], Como se muestra en la Figura 11.



Nivel	frecuencia	No. ciclos	t ciclos	t bit
0	134.2	16	7.45 μs	119 μs
1	123.2	16	8.11 μs	129 μs

Figura 11. Protocolo LF con FSK

2.1.2 Evaluación de cadena de información.

El proceso de comunicación entre el lector y la etiqueta esta definida en tres principales pasos[5], como se muestra en la Figura 12.

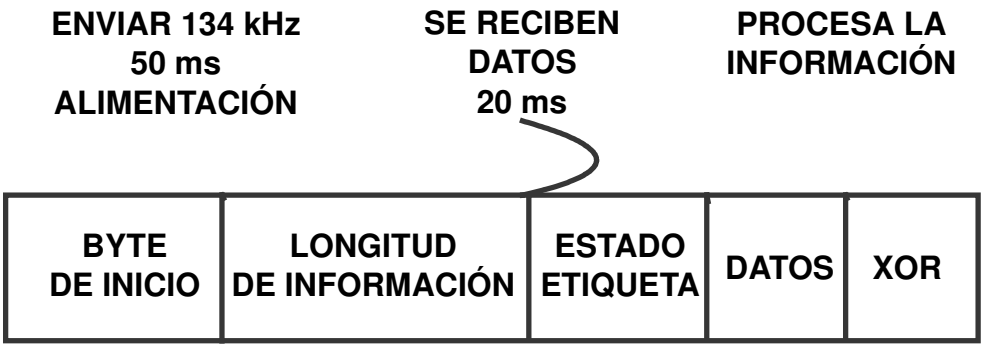


Figura 12. Estructura de información LF

En la primera parte de la figura nos muestra un cantidad de tiempo asignada a una frecuencia de 134 Khz. para que la etiqueta complete la carga de energía suficiente para poder responder. Y la cadena de información se puede observar, que se tiene una serie de segmentos que nos proporcionara las características y la autentificación de la etiqueta. Recibimos un byte 01 que nos indica que la cadena va empezar a transmitir, después nos da el valor de longitud y estado de etiqueta, para estos valores nos muestran el tipo de etiqueta que se lee, y la parte importante para saber cual es el código único es leer los datos del número de identificación único y por ultimo tenemos un byte de paridad que nos comprueba que la cadena se transmitió correctamente.

2.1.3 Detección de errores.

La operación para saber si la cadena de información se transmitió correctamente esta basado mediante un operación de cada byte a partir de la longitud de estados hasta el byte menos significativo de la cadena de datos con una operación xor. Es un método simple de verificación pero muy eficaz considerando que con algún ruido se altera fácilmente la información[16].

2.2 Adquisición de recursos.

Para adquirir los recursos se tuvo que realizar una búsqueda con diferentes fabricantes de las etiquetas, así como los moduladores de frecuencia, para ello evaluamos la calidad y el apego a los estándares, y los dispositivos que se utilizaron son los de TIRIS.

2.2.1 Modulador de frecuencia para LF.

Un microchip de la marca Texas Instruments montado en una placa, que modula la frecuencia en un rango de 123 Khz a 134 Khz, contienen una comunicación para una interfase RS232. Tiene diferentes modos de operación en forma continua o interrupción externa, como se muestra en la Figura 13.

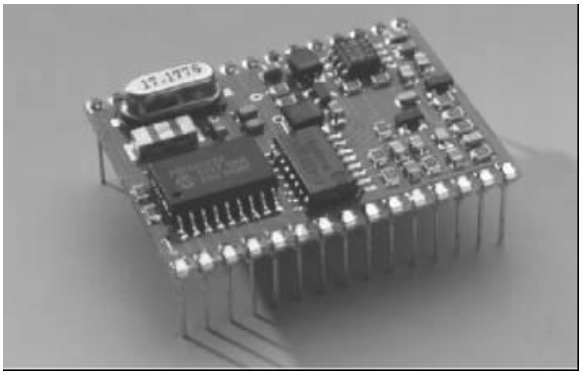


Figura 13 Módulo RF. RI – STU – MRD1

2.2.2 Tarjetas pasivas LF.

Las etiquetas que se necesitan para este sistema son del tipo de credencial con una cubierta plástica, que trabaja en el rango de baja frecuencia, las tarjetas adquiridas son del tipo lectura escritura R/W de TI. Con una cadena de información para datos del tipo EPC 64 bits tipo I, como se muestra en la Figura 14.

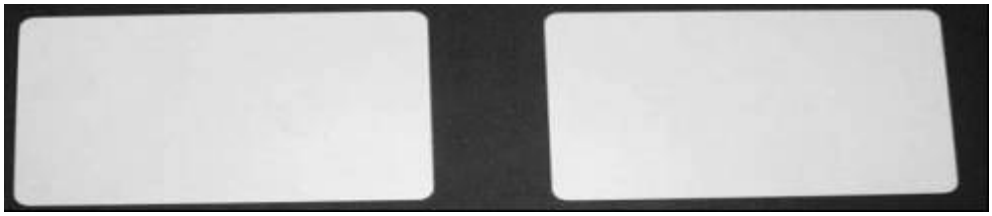


Figura 14. Etiqueta utilizada tipo tarjeta de LF

El fabricante proporciona un sistema de prueba, utilizando una interfase con un circuito integrado (MAX232) conectado a la computadora la cual nos puede dar los datos contenidos en un etiqueta de LF[46]. Esto como prueba de funcionamiento y compatibilidad con las etiquetas, como se muestra en la Figura 15.

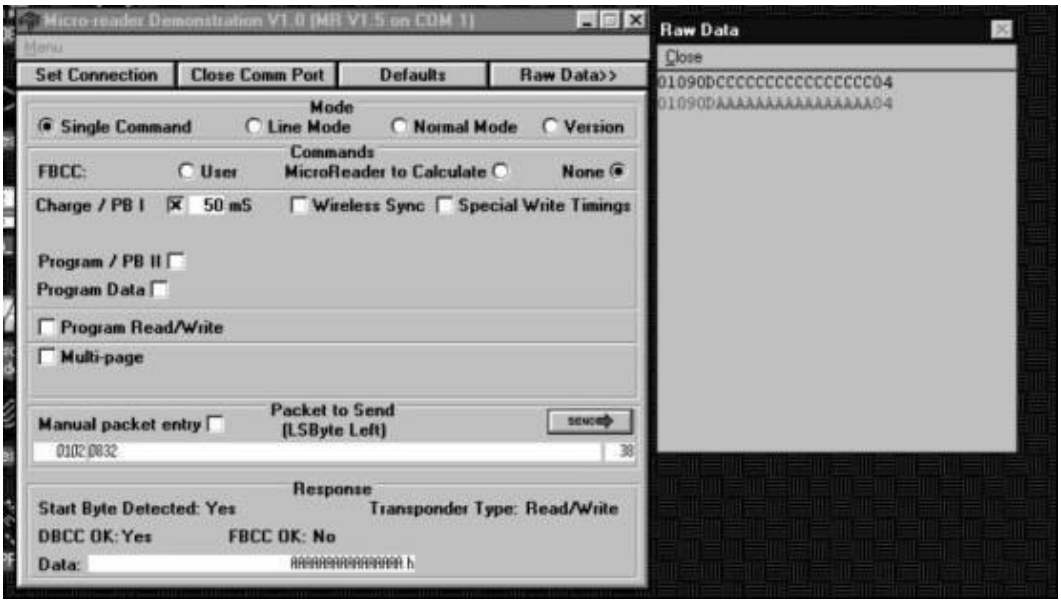


Figura 15. Software MicroReader de Texas Instruments

Antena

Como la antena es de un valor un poco diferente al comercial, se tiene que fabricar para poder ajustar el valor de sintonía, este valor es de 47 µH[17][18].

Figura 16. Antena para LF.

2.3 Diseño de sistema RFID LF

Para poder adquirir los datos de las etiquetas debemos recibir la cadena de bits de forma ordenada y se deberá evaluar la cadena para saber si es correcta y poderla transmitir a otro medio. Por lo que tenemos que realizar las dos etapas siguientes [19].

2.3.1 Etapa de control.

La conexión para la prueba de software “Microreader” se constituye de una fuente de alimentación de 5 volts; una comunicación serial universal rs232 de 9600 bps, esto con un circuito integrado max232, utilizando un modo de lectura continua, se pudo leer a una distancia de 2.5 cm, como se muestra en la Figura 17.

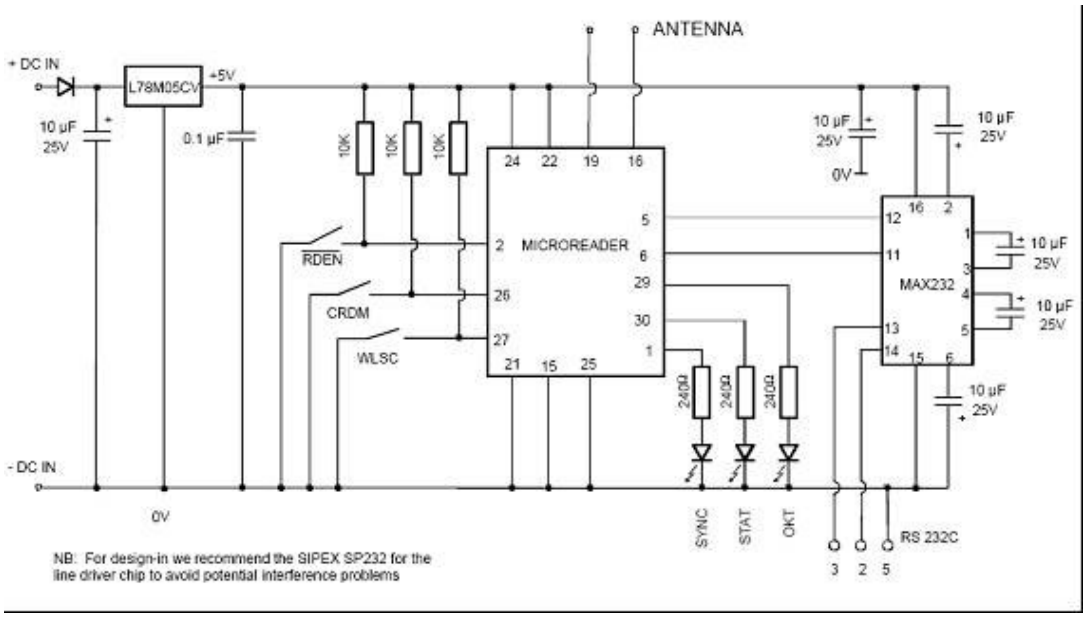


Figura 17. Diagrama esquemático de conexión MR a PC.

Para realizar un sistema independiente al software, la solución es crear un propio sistema de hardware, donde podamos modificar y procesar la información obtenida, sin la necesidad de una PC [20].

El diseño pretende leer los datos de las etiquetas, para saber qué información nos entrega el micro-lector, para la primera prueba es visualizar los datos en un LCD. La necesidad para el sistema requiere de una comunicación serial que soporte la velocidad de transmisión y de forma paralela pueda registrar el proceso (ver las referencias [21] y [22]).

Selección de microcontrolador [41].- La parte necesaria para poder comunicarse a través del modulo de RF, necesita ser compatible con la comunicación serial, el tipo de componente utilizado es el PIC16F876A - 20, que cumple con dos requisitos específicos que perseguimos en esta primera etapa, Tiene reloj hasta 20 MHz, cuenta con comunicación serial y tiene 3 puertos suficientes para poder realizar procesos como entradas y salidas, como se muestra en la Figura 11.

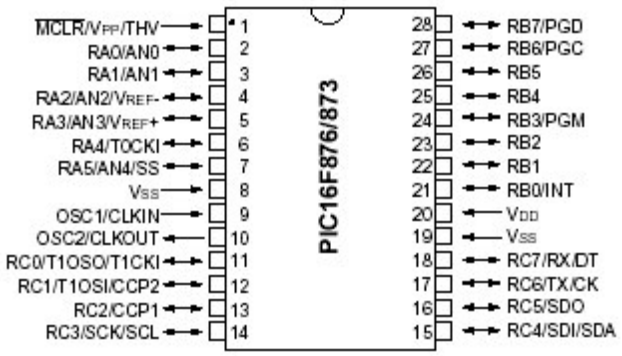


Figura 18. Diagrama PIC16f876A –20.

Programador.- El programador utilizado, es del tipo de lenguaje ensamblador, distribuido por el fabricante de los circuitos Microchip, “MPLAB” en la versión es la número 8.

Diagrama de flujo. Se baso el sistema de acuerdo a las hojas técnicas que vienen en el micro-lector y están evaluados por los códigos EPC 64 bits tipo I.

2.3.2 Procesamiento de la información.

Una vez que tenemos el software y hardware para la adquisición de datos procedemos a realizar un programa que pueda enviar la información válida a un PC u otro medio [22].

Programa de lectura.

El programa básico fue realizado para simplemente leer la cadena de datos de una etiqueta pasiva de LF, el código generado a partir de la compilación. Esta dado en sistema hexadecimal, para que el microcontrolador pueda interpretar las instrucciones [52], como se muestra en la Figura 19.

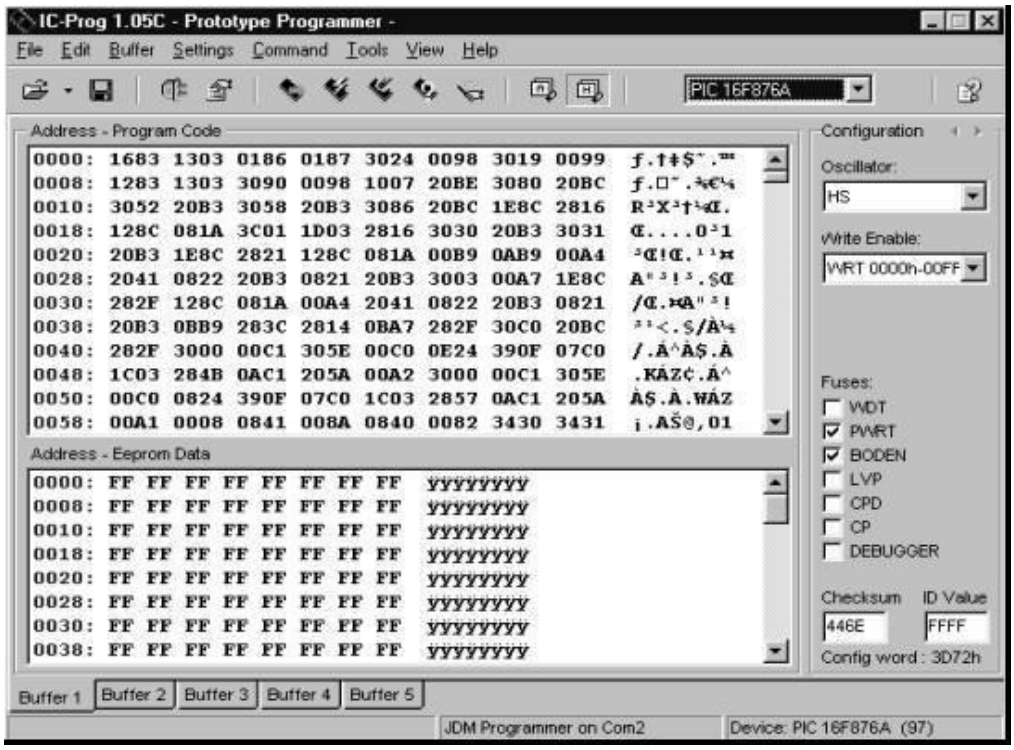


Figura 19. Código hexadecimal en bajo nivel.

2.4 Fabricación y pruebas.

La parte de fabricación se realizo en dos etapas: La primera en tableta y una vez que se probo el sistema se ensamblo en chasis.

2.4.1 Armado en protoboard y circuito impreso.

La Figura 20 muestra las fotografía del sistema en protoboard.

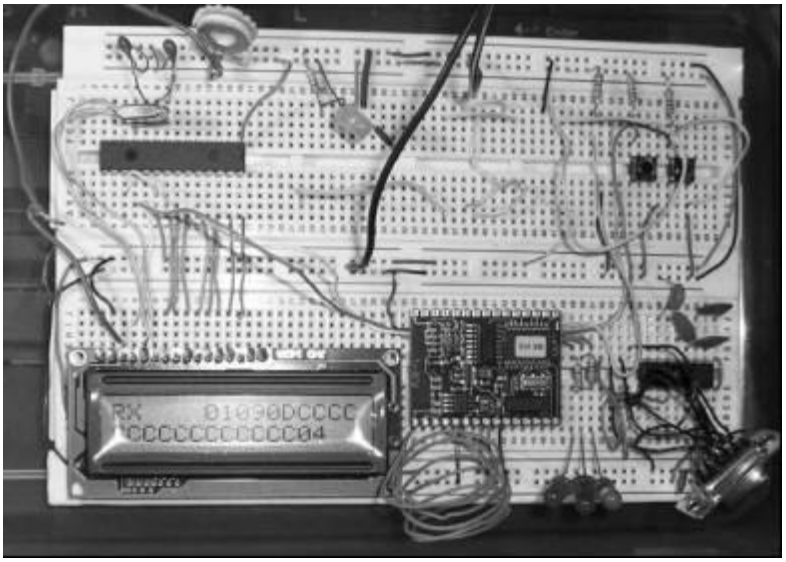


Figura 20. Sistema LF en protoboard

2.4.2 Comparación de software y sistema

En la Figura 21 se muestra el sistema comparado con el LCD.

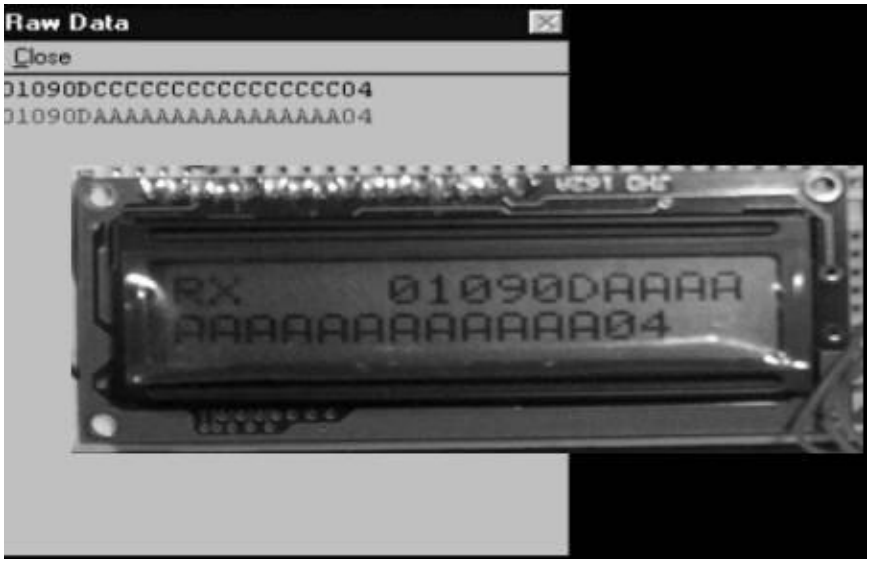


Figura 21. Comparación MR1 con LCD

2.4.3 Aplicaciones y Conclusiones

Interfase RFID CHECADOR.

El sistema del reloj checador que se encuentra en funcionamiento en el CIITEC, cuenta con una interfaz de usuario con una PC; utilizando un teclado donde se proporciona la información confidencial de cada empleado del centro, para poder checar sus horarios laborales. Se diseño un sistema RFID LF con la PC para hacer el proceso de checado, más rápido y cómodo, como se ve en la Figura 22.

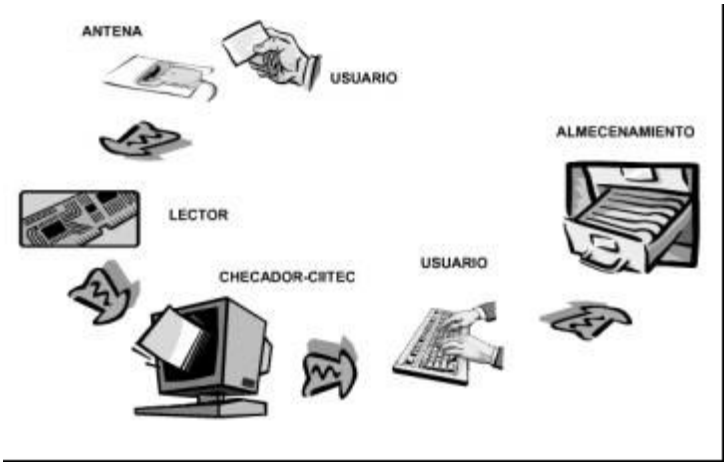


Figura 22. Diagrama a bloques de RFID CHECADOR.

Para poder realizar el sistema se utilizaron los siguientes componentes:

Microcontrolador Pic16f628 – 4. Las características técnicas del microcontrolador cuenta con una recepción serial de 2400bps, cuenta con dos puertos de 8bits, lo suficiente para procesar información, exhibirla en un lcd de dos líneas, y comunicarse con la PC.

Conclusiones.

Con la incursión en este tipo de sistemas de RFID de baja frecuencia del tipo pasivo nos llevo a fabricar un sistema para el control de accesos de manera fácil para realizar un checador llevado a la práctica, además nos permitió conocer los puntos sobre los cuales hay que trabajar para mejorar a los actuales[23][24][25], tales como las colisiones entre otras problemáticas.

CAPÍTULO 3

Diseño de algoritmo de lectura para RFID UHF:

En este capítulo se desarrolla el algoritmo para el lector de radio frecuencia de ultra alta frecuencia, del cual será un modelo para diferentes sistemas de identificación acotados en forma y cantidades finitas, ya sean números consecutivos o números aleatorios.

3.1 Características de sistemas RFID UHF.

El sistema de RFID UHF se basa en la idea de tener lecturas a mayor distancia, además dada la velocidad de procesamiento de la señal se busca tener la mayor cantidad de lecturas en un tiempo mínimo, esto por las características de las aplicaciones que se necesitan implementar.[26][27][28]
Y a continuación se mencionan las principales características con las que debe cumplir el sistema para automatizar procesos.

- Sin línea de vista, que comprende la forma y posición indistinta de leer la etiqueta en cuestión.
- El total de número de etiquetas que se encuentren en el radio de lectura.
- La identificación de los datos de la etiqueta debe ser la correcta.
- La velocidad de procesamiento de las etiquetas.

3.1.1 Información contenida en RFID UHF.

La Información contenida en las etiquetas de acuerdo a los estándares de los sistemas RFID está definida por las etiquetas EPC, como se muestra en la siguiente Tabla [2].

Código electrónico de producto (EPC).

VERSION	EPC MANAGER	OBJECT CLASS	SERIAL NUMBER	
2 BIT	21 BIT	17 BIT	24 BIT	64 BIT TYPE I
2 BIT	15 BIT	13 BIT	34 BIT	64 BIT TYPE II
2 BIT	26 BIT	13 BIT	23 BIT	64 BIT TYPE III
8 BIT	28 BIT	24 BIT	36 BIT	96 BIT

Tabla 2. Tipos de EPC.

3.1.2 Escenarios posibles colisiones.

Los sistemas de RFID de UHF tienen la característica principal de brindar una mayor área de cobertura de una distancia 5cm hasta 5m. Como se muestra en la Figura 23.

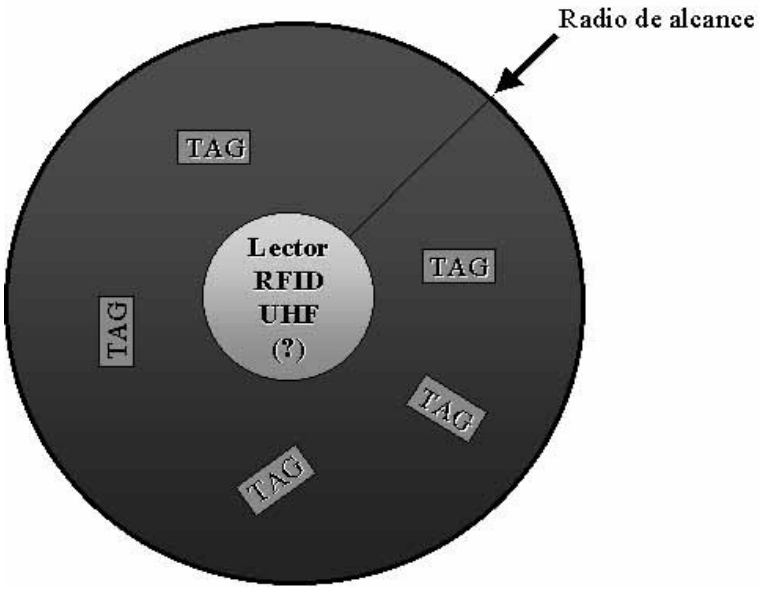


Figura 23. Sistema RFID de UHF.

En la Figura 23 podemos observar que tenemos al centro un lector de radio frecuencia o interrogador, que opera en alguno de los rangos de UHF, y al aumentar su distancia de lectura en comparación con un lector de LF, podemos intuir que puede surgir un problema, al darse el caso de tener mas de una etiqueta en el mismo radio de alcance como se sugiere [29][30].
Aterrizando más el problema en hardware tenemos una superposición de señales como se muestra en la Figura 24.

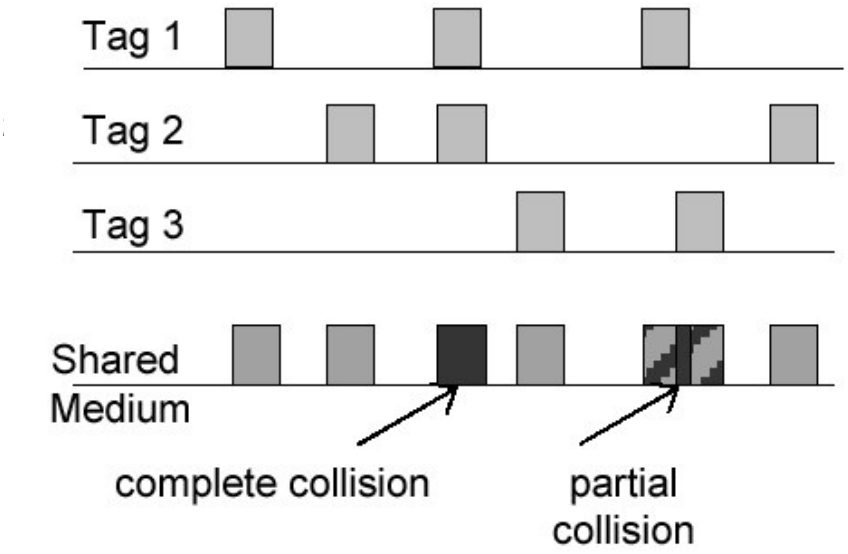


Figura 24. Escenario de colisiones.

El análisis mostrado en la Figura 24 nos da como resultado la ambigüedad provocada al encontrarse más de una etiqueta presentes en un mismo radio de alcance para lo cual resulta que no es práctico el adoptar un sistema así .

Existen posibles soluciones de cómo poder resolver la ambigüedad presentada en los sistemas de RFID de UHF, ya que este es la parte esencial el obtener el mayor número lecturas posibles en el radio de alcance por supuesto con una velocidad considerable[31][32][33][34][35][36][37] .

3.1.3 Caracterización de lecturas.

Para empezar con el algoritmo de solución debemos de considerar los parámetros con los que se trabajara, de los cuales tenemos un número finito de etiquetas consideras por el estándar de código electrónico de producto (EPC) de tipo de 64 bits tipo 1 como se muestra en la Tabla [2], utilizado en el desarrollo de la aplicación del control de accesos que se desarrollo en el capítulo anterior.

3.1.4 Análisis matemático.

$$\#ID = 2^{tipoEPC} \qquad \#ID = 2^{56} \qquad \#ID = 7.2x10^{16}$$

Como podemos saber tenemos un número finito de combinaciones de acuerdo a la cantidad de bits que se pueden almacenar en una etiqueta de tipo pasivo de 64 bits tipo 1, de acuerdo con el cálculo realizado en la Ecuación 1. para una cantidad de 56 bits totales podemos contar con una cantidad muy grande de posibilidades ha identificar. La cuantificación de los números de etiquetas esta delimitada por la región de 0 hasta el número hexadecimal FF FF FF FF FF FF FF. Como se muestra en la Diagrama [1]

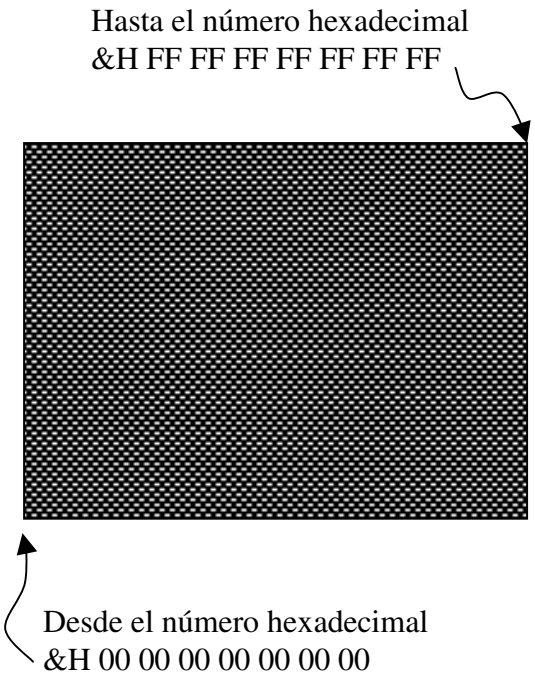


Diagrama 1. Combinaciones para 56 bits

La naturaleza de los sistemas de identificación, tienen que ver con el valor de numeración consecutiva y discriminada, que se comporta como un método de ordenamiento lógico. Y así lo tenemos que clasificar, como un sistema de ordenamiento externo que no tiene tiempo, ni forma de solicitar recursos de el sistema.

3.2 Algoritmo propuesto.

Podemos crear varios casos necesarios para modelar el algoritmo, como el realizar pruebas con un número finito de etiquetas presentes en el radio de alcance del LECTOR RFID, que dependerían principalmente de un número de etiquetas lógicas tomando en cuenta parámetros como volumen, en una situación de objetos a identificar cuya dimensión provoque que el número de etiquetas pueda entran en contacto con el lector sea mínima tendríamos un tipo de ecuación.

$$A = \pi \times r^2 ;\ NAo = \pi \times r^2 \text{ despejando } N = \pi \times r^2 / Ao$$

Donde

N = Número de etiquetas a leer.
A = Área de lectura.
Ao = Área del objeto.
r = radio de lectura.

Cabe mencionar que la suposición nos limita a un plano de XY, no considerando volumen y para este método sería suficiente utilizar algún algoritmo que genere una lectura de tipo aleatoria, buscando únicamente el número de etiquetas calculado.
Pero en aplicaciones reales donde la situación considera un volumen muy diferente uno de otro y por supuesto maneja posiciones distintas y diferentes códigos, la solución que necesitamos debe estar supuesta en el algoritmo.
Para suponer que tipo de datos podemos recibir podemos realizar clasificaciones y discriminaciones en función de la información requerida sin tomar en cuenta que la etiqueta pertenece ha alguna población en especificó como nos diría la lógica.

3.2.1 Modelo de solución

Dentro de nuestra población de números de identificación podemos asegurar que existen dos tipos de poblaciones distintas dado que son pares o impares, que forzaría a tener la mitad de valores pares en una región y los demás en otra región como muestra la Figura 25.

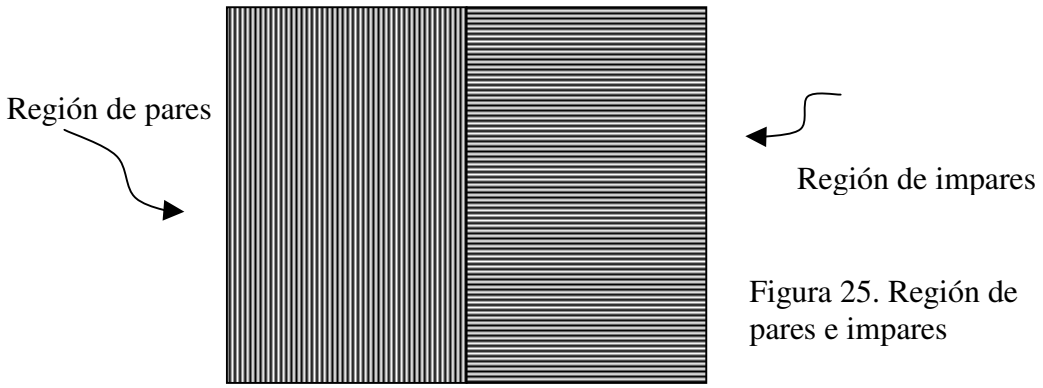


Figura 25. Región de pares e impares

Pero esta clasificación aún queda muy corta para realizar algún tipo de búsqueda ya que tenemos la característica de que cada número de identificación es aleatorio.

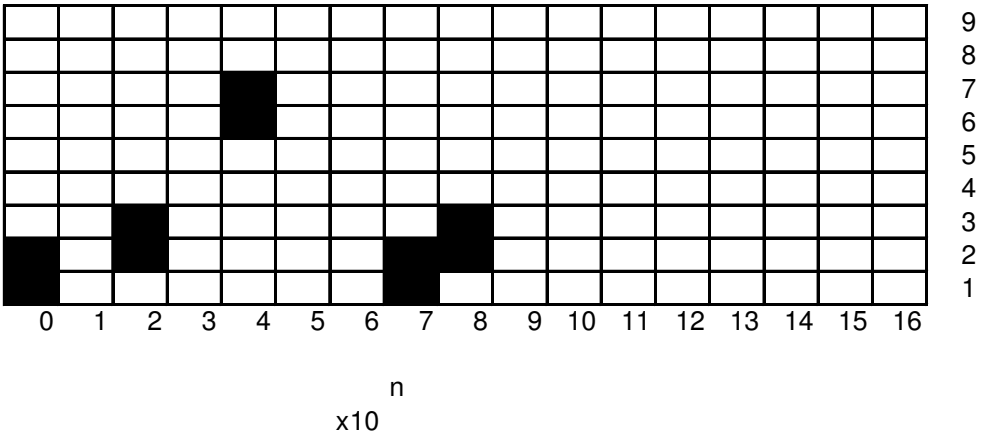
Para poder realizar una acotación de valores aún mayor nos vamos a apoyar en una operación básica de lógica que es la XOR. Suponiendo que el número de etiquetas parte de 0 hasta FFFFFFFFFFFFFF. Con esta operación podemos agrupar en una población de números finito a una palabra de 1 byte, como se muestra en las siguiente Tabla 3.

Número hexadecimal en la parte baja								Lectura	Valor decimal	Xor
ID7	ID6	ID5	ID4	ID3	ID2	ID1	ID0			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	1	0	2	256	1
0	0	0	0	0	0	1	1	3	257	0
0	0	0	0	0	1	0	0	4	65536	1
0	0	0	0	0	1	0	1	5	65537	0
0	0	0	0	0	1	1	0	6	65792	0
0	0	0	0	0	1	1	1	7	65793	1
0	0	0	0	1	0	0	0	8	16777216	1
0	0	0	0	1	0	0	1	9	16777217	0
0	0	0	0	1	0	1	0	10	16777472	0
0	0	0	0	1	0	1	1	11	16777473	1
0	0	0	0	1	1	0	0	12	16842752	0
0	0	0	0	1	1	0	1	13	16842753	1
0	0	0	0	1	1	1	0	14	16843008	1
0	0	0	0	1	1	1	1	15	16843009	0
0	0	0	1	0	0	0	0	16	268435456	1

Tabla 3. Muestreo XOR.

La tabla anterior muestra el comportamiento que tiene la operación XOR al aplicarse a cada valor del número contenido en la etiqueta. Podemos suponer que número es aleatorio dentro de la población finita. Al comparar el número 1 con el 268 435 456 a simple vista no dice nada, pero si comparamos en la tabla podemos saber que tienen una similitud muy importante, la operación realizada de (ID0 XOR ID1) XOR ID 2 y sucesivamente podemos asegurar que su valor es el número 1 de las 256 posibilidades que tiene cabida la operación. La discriminación ha sido hecha de manera más profunda como se podría representar en la siguiente Tabla 4.

TABLA 4. VALORES DE XOR = 1 DE FORMA DISPERSA



REGIÓN DONDE SE ENCUENTRA UNA NUMERO CON XOR = 1

Como se observa en la tabla tenemos una menor población donde buscar para encontrar el número de identificación de la etiqueta.

Para obtener esa lectura aplicaremos el Diagrama 2.

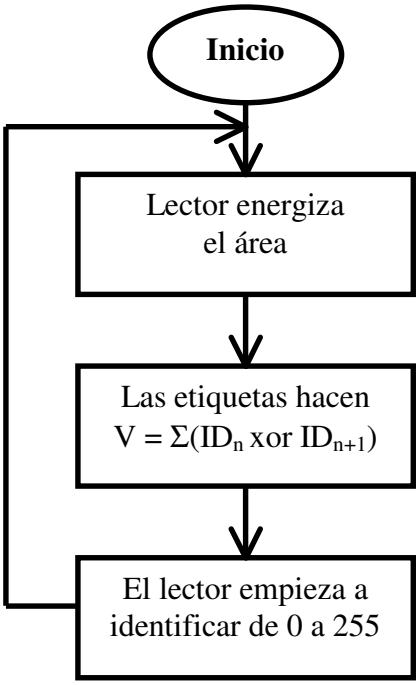


Diagrama 2. Cálculo de xor de las etiquetas energizadas.

El siguiente valor es el número de identificación máximo de ID_0 hasta ID_6, supongamos que en el caso anterior de la tabla de muestreo se tiene que el bit mas significativo se encuentra en ID4 con un valor decimal de 268435456. Para poder calcular este valor aplicamos el siguiente método como se puede ver en el Diagrama 3.

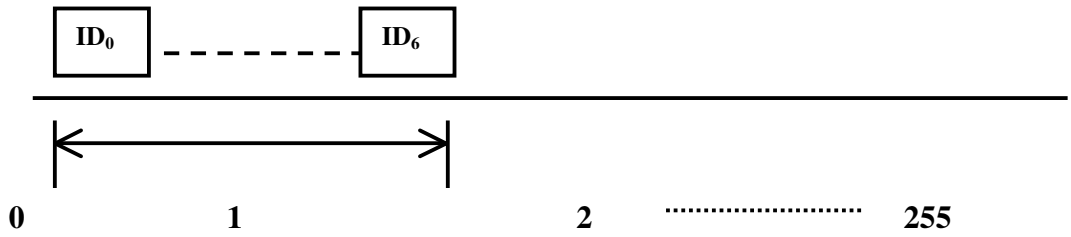


Diagrama 3. Calculo de bit más significativo

Esto se logra mediante el Diagrama 4.

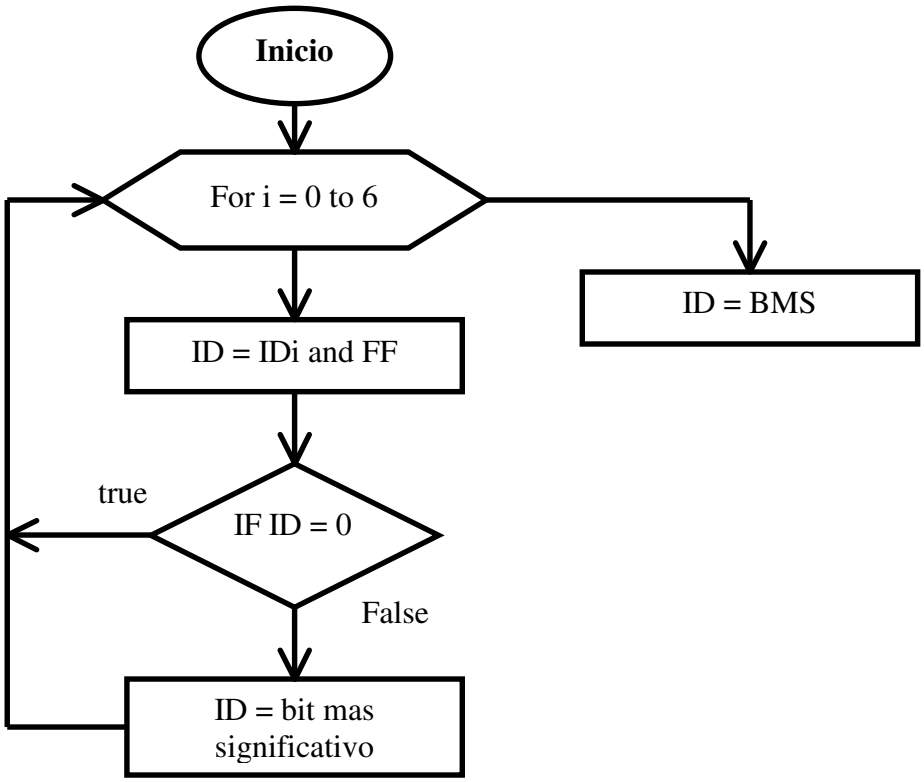


Diagrama 4. Diagrama de flujo BMS

Existen dos tipos de arreglos para el ordenamiento de la información:

- La primer técnica, consiste en que los valores son estáticos, que no varían.
- La segunda técnica, es con valores dispersos y aleatorios dependiendo de un incremento dinámico.

Un ejemplo práctico es en el control de personal, la información esta limitada únicamente al valor que pueda registrar el archivo en la base de datos, los demás valores no tienen ninguna importancia para el sistema.
La tecnología RFID por principio tiene la capacidad de leer cualquier código de identificación de toda la población real, pero en el caso del control de accesos la población esta limitada por el número de empleados, además dentro de esta población existen jerarquías, departamentos y otros tipos de características que pueden hacer grupos de población más pequeño.
El problema ha resolver es diseñar un algoritmo que haga discriminación de población para tomar solamente los valores correctos para las bases de datos.
Por la cantidad de población, tenemos un conjunto delimitado de individuos, que esta confinado a una población llamada N (recursos humanos), donde el interés de saber si la identidad de uno o varios individuos están presentes en el radio de cobertura es el objetivo primordial de la identificación. De esta manera podemos escribir la siguiente sentencia.

$$N \subset ID \coloneqq \forall(ID_n \in N) : (ID_n \in ID)$$

Donde:

N : Conjunto de etiquetas de recursos humanos.
ID : Conjunto finitos de etiquetas RFID del tipo 64 bits tipo 1.
ID_n : Etiqueta presente en el radio de alcance.

Lo que aseguramos con la sentencia es tener un número finito de etiquetas numerables, contenida en todo el universo de etiquetas de RFID, de la información de todas las etiquetas posibles, con el siguiente Diagrama [5].

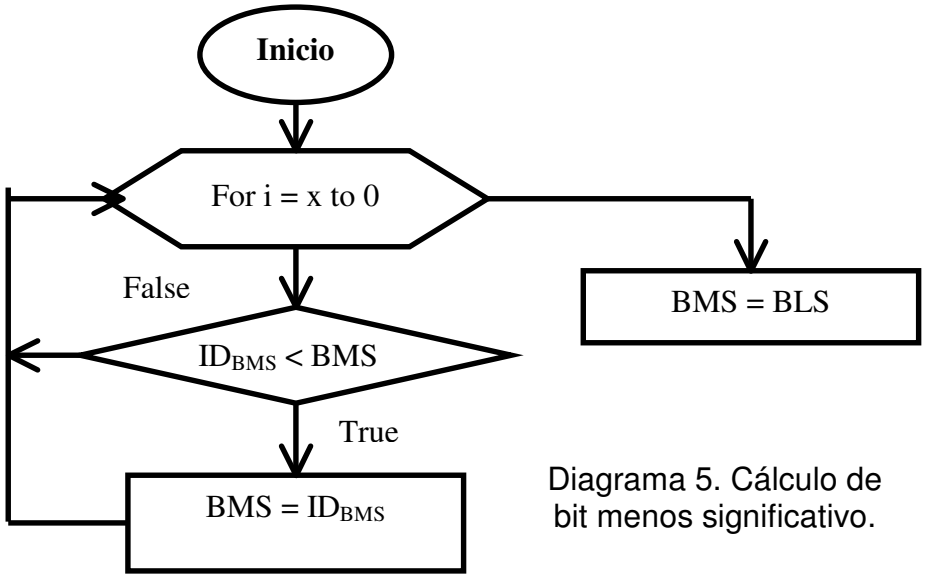


Diagrama 5. Cálculo de bit menos significativo.

El modelo a seguir para la implementación de obtener un valor de la etiqueta dentro del radio de lectura de nuestro lector o interrogador podemos definirlo en el siguiente enunciado:

Existe un número de etiquetas (x) con valor de identificación único (ID_n) que corresponde al universo de conjuntos de etiquetas RFID de 64 bits tipo 1 (ID), cuyo valor está comprendido dentro de un intervalo de posibilidades (N) que para un tiempo (t) solamente estén contenidos entre los valores máximos (BMS) y mínimos (BLS) calculados, que posteriormente serán discriminados con la operación xor para obtener los números de identificación en ese instante.

$$f(x)t = ID_n$$

3.2.2 Simulación.

Para calcular un número de etiqueta sigue el siguiente procedimiento para su cálculo.

Supongamos un número: 268 435 456 es un número que a simple vista no tienen ninguna estructura ni código definido, por lo que pasaremos a aplicarle nuestro algoritmo en el orden siguiente:

2.- Lo primero que pregunta el lector es si existe un valor contenido dentro de todo el universo de etiquetas para lo cual será energizada y contestará como se muesra en la Figura 26.

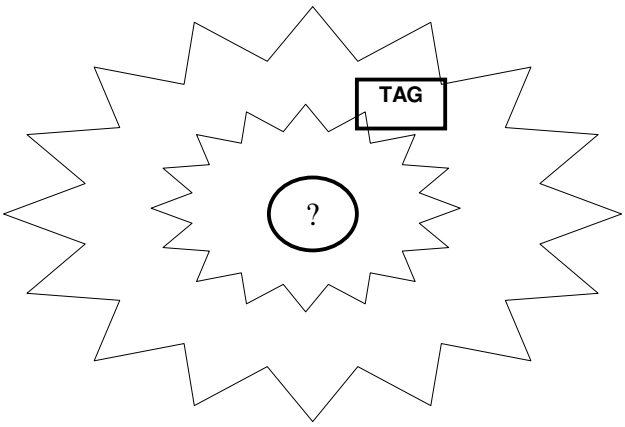


Figura 26. Lectura de una etiqueta (tag).

La etiqueta al ser energizada nos contestará de acuerdo a su naturaleza de identificación al calcular su valor de identificación. En alguno de las ranuras de tiempo puestas en la siguiente operación del lector como se muestra a continuación.

$$V = \sum (ID_n xor ID_{n+1})$$

Donde:
V = Valor de ranura para responder.
ID = número de identificación actual
ID = número de valor siguiente.
El cálculo de la operación esta realizada por software y muestra los valores en la Tabla 5.

	Número hexadecimal en la parte baja								Valor decimal
XOR resultante	ID6	ID5	ID4	ID3	ID2	ID1	ID0	XOR calculada	
	00	00	01	00	00	00	00		**268435456**
00						00	00		
00					0			00	
00				00				00	
01			01					00	
01		00						01	
01	00							01	

Tabla 5. Valores de XOR para 268435456

El escáner al empezar a realizar el barrido de información de a cuerdo a las ranuras de tiempo. Como se muestra en la Figura 27.

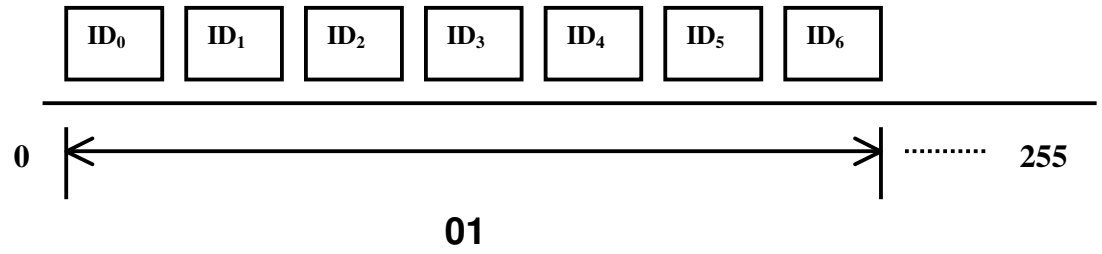


Figura 27. Respuesta de 268 435 456 en 01

Para este número el valor de ID mas significativo e ID menos significativo se cálculo por software. Y se obtuvieron los siguientes valores. Como se muestra en la Tabla 6.

	Número hexadecimal en la parte baja								Valor decimal
BMS resultante	ID6	ID5	ID4	ID3	ID2	ID1	ID0	Operación	
	00	00	01	00	00	00	00	ID n	**268435456**
	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	
	00	00	01	00	00	00	00	*ID n and FF*	
								IF ID = 0	
ID4	ID4	ID4		ID0	ID0	ID0	ID0	True	
			ID4					False	

	Número hexadecimal en la parte baja								Valor decimal
BLS resultante	ID6	ID5	ID4	ID3	ID2	ID1	ID0	Operación	
	00	00	01	00	00	00	00	ID n	**268435456**
	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	
	00	00	01	00	00	00	00	*ID n and FF*	
								IF ID = 0	
IDO				ID0	ID0	ID0	ID0	True	
			ID4					False	
	ID4	ID4						True	
								False	

Tabla 6. Cálculo de BMS y BLS.

De los cálculos obtenidos, sabemos que la etiqueta responderá en los siguientes tiempos como se muestra en el Diagrama 6.

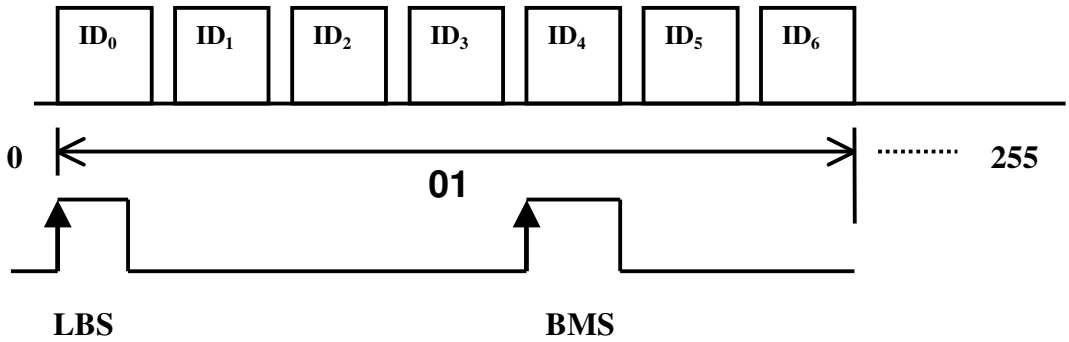


Diagrama 6. Respuesta de 268 435 456 de acuerdo a BMS y BLS

La conclusión a la que llega el lector para poder encontrar el valor es que el número de identificación se encuentra dentro de los valores discretos de 268 435 456 ó 268 435 457 por que son los únicos valores contenidos dentro de ese espacio. Para lo cual sabemos que el numero 268 435 457 su valor de XOR es 0 sabemos que no pudo a ver respondido en el intervalo de 1.

Para obtener un número único de identificación ID_n dentro de un intervalo de 7.2×10^{16} posibles combinaciones tenemos que el tiempo de capacidad de respuesta del lector parte de la siguiente función.

$$t = \int_0^{255} 56 lbit$$

lbit : tiempo de cada bit.

En el caso de que el valor de identificación se encontrará dentro de las primeras combinaciones 00 la limitante se reduce a un instante después de haber sido calculado las banderas correspondientes por la etiqueta y llega hasta las 255 ranuras correspondientes.

En este caso se puede decir que la lectura es muy trivial y que podemos utilizar un método más simple que es preguntar el valor y esperar a recibir la cadena de información tal y como se hace en las comunicaciones mediante un protocolo de envió y recepción con sincronía.

Pero que tal si ponemos un ejemplo más complejo donde interviene un número mayor de etiquetas tal que interfieran al momento de preguntar por cada una de ellas y además no sabemos la región a la que esta confinada. Para este caso lo podemos suponer en los lotes de producción que están numerados de forma consecutivas.

Supongamos que los números son los siguientes

1. 100 001
2. 100 002
3. 100 003
4. 100 004
5. 100 005
6. 100 006
7. 100 007
8. 100 008

De los cuales pertenece a una región donde desconocemos sus características.
Lo que nos interesa es obtener cada uno de los números en tiempo y forma.

Como en la prueba anterior, partimos de que existe una región finita de valores de los cuales pertenece nuestra población, como se muestra en la figura 28.

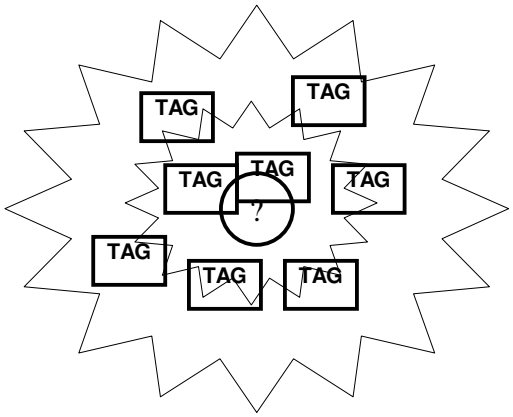


Figura 28. Lectura de 8 tags.

En esta ocasión los cálculos se realizan por software y nos dan los valores de la Tabla 7.

BLS	BMS	ID6	ID5	ID4	ID3	ID2	ID1	ID0	XOR	Número decimal
ID_2	ID_1	00	00	00	00	01	86	A1	26	**100001**
ID_2	ID_1	00	00	00	00	01	86	A2	25	**100002**
ID_2	ID_1	00	00	00	00	01	86	A3	24	**100003**
ID_2	ID_1	00	00	00	00	01	86	A4	23	**100004**
ID_2	ID_1	00	00	00	00	01	86	A5	22	**100005**
ID_2	ID_1	00	00	00	00	01	86	A6	21	**100006**
ID_2	ID_1	00	00	00	00	01	86	A7	20	**100007**
ID_2	ID_1	00	00	00	00	01	86	A8	2F	**100008**

Tabla 7. Valores calculados por cada una de las etiquetas.

La Tabla 7., nos muestra los valores calculados por cada una de las etiquetas en el radio de lectura del lector. En la etapa de escaneo podemos saber que las etiquetas están contenidas dentro de los límites siguientes, como se ve en el Diagrama 7.

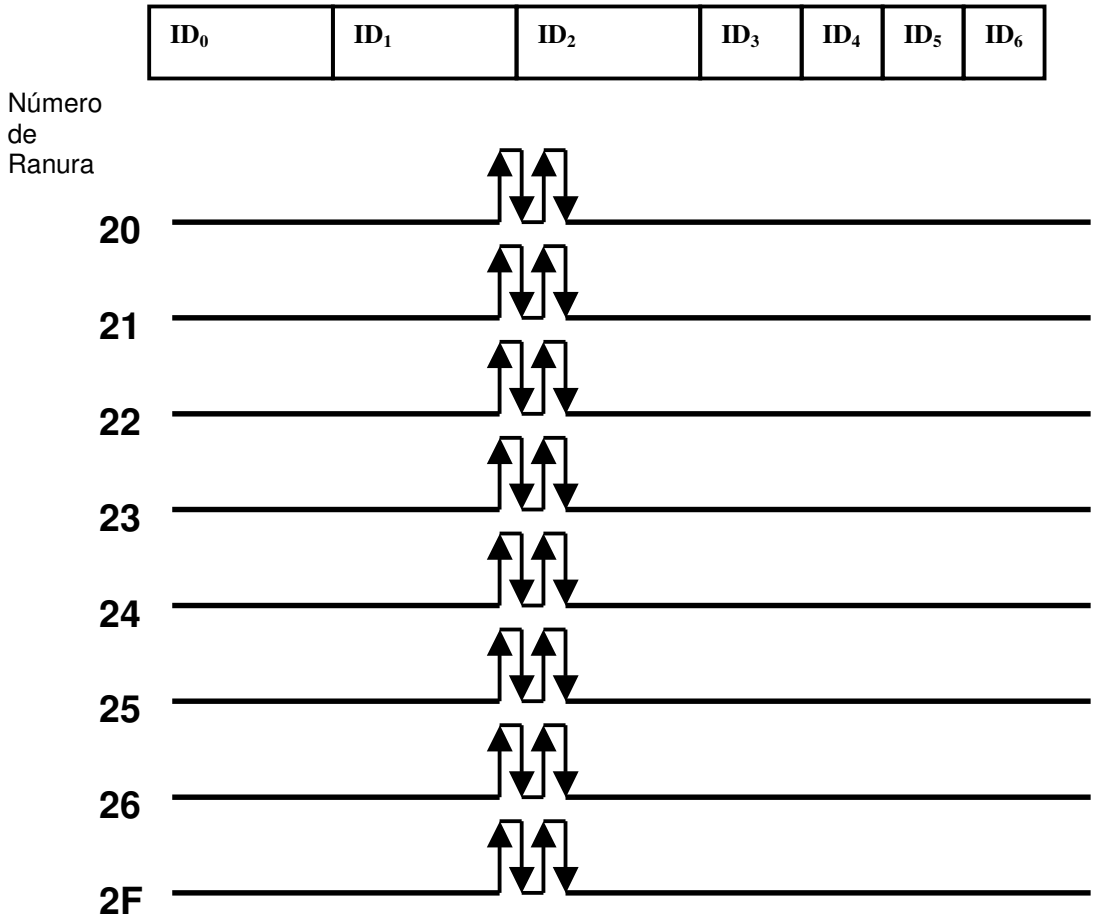


Diagrama 7. Respuesta de 8 etiquetas de acuerdo a BMS y BLS

Para encontrar los valores tenemos que buscar dentro de nuestro conjunto creado a través de las banderas de todas las etiquetas presentes. Si nuestro conjunto esta limitado al valor mínimo 98304 y el valor máximo 102400 quiere decir que tenemos que buscar a 4096 etiquetas de las cuales tenemos que encontrar a las que tengan el valor 20, 21, 22, 23 24, 25 y 2F
Como solo existen 16 valores posibles dentro de 20 preguntaremos por todos y así sucesivamente hasta 2F, y esto sería una búsqueda delimitada que nos

daría un total de 368 lecturas para una cantidad mínima de 8 hasta las 112 etiquetas.
En el último de los casos podemos tener una cantidad muy dispersa de valores, como suele suceder en los supermercados donde existen números de identificación diferentes por la variedad de lotes de producción. Para ello podemos simular una cantidad mayor de números y aplicando los métodos por software tendremos los siguientes resultados.

3.2.3 Pruebas en software.

Para una población de 1 hasta 900 000. Consideremos 64 etiquetas de las cuales son elegidas al azar, y en la simulación tenemos que 39 etiquetas son elegidas en la primera lectura de 255 ranuras de tiempo, y nos restan 15 por identificar, como se muestra en el software mostrado en la Figura 29,[51].

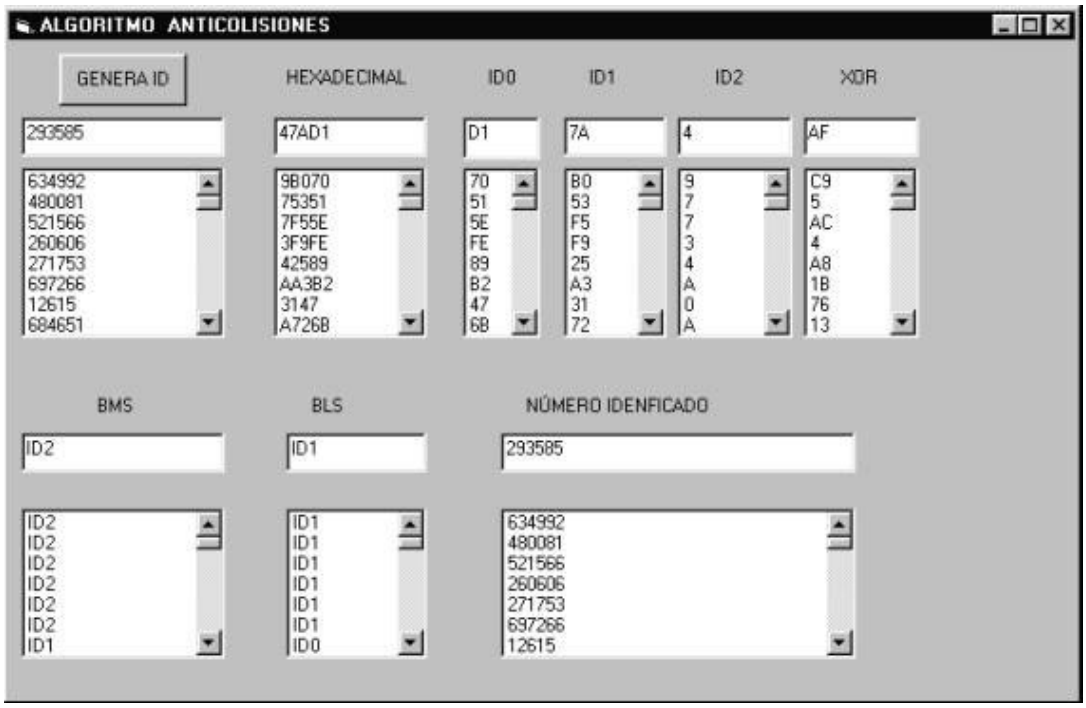


Figura 29. Software para algoritmo anticolisiones.

Conclusiones.

En este capítulo se desarrollo el algoritmo para el lector de radio frecuencia de ultra alta frecuencia, del cual se obtuvo un modelo para diferentes sistemas de identificación, acotados en forma y cantidades finitas, ya sean números consecutivos o números aleatorios.

CAPÍTULO 4

Diseño de hardware para validar algoritmo anticolisiones.

En el capítulo anterior se diseño un algoritmo que evite las colisiones, que cumpla con identificar una cantidad n de etiquetas en un tiempo, para poder aplicar el algoritmo es necesario crear un sistema real que nos permita ajustar los parámetros, para ello en este capítulo se propone un hardware que trabaje en el rango de UHF de 433 Mhz para poder generar condiciones aleatorias y finitas para poder utilizarlo en aplicaciones (ver las referencias: [38], [39] y [40]).

4.1 Recursos.

En el primer capítulo se menciono de los tipos de lectores que existen, pero en la búsqueda de componentes para poder trabajar en Ultra Alta Frecuencia encontramos precios muy altos para los transceivers de alrededor de los $20000, que es un precio excesivo, si lo que nos interesa es experimentar el algoritmo y además las etiquetas están configuradas para un funcionamiento diferente al que necesitamos. Para lo cual se buscaron componentes similares dentro de los rangos de frecuencia. Y la propuesta se compone de la siguiente manera.
De acuerdo a la página de la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL), la banda alrededor de 433 MHz opera en espectro libre y es donde trabajan diversos dispositivos de control remoto. La hoja de datos del fabricante de los módulos transmisor y receptor de radio de control remoto nos muestra que este modelo, en condiciones óptimas, tiene un alcance de hasta 100 metros. El tipo de modulación que utiliza es ASK. A diferencia de los sistemas de baja frecuencia que utiliza la modulación FSK.

4.1.1 Transmisores y receptores de UHF.

Es una propuesta alterna de trabajar en una frecuencia no estandarizada para RFID, pero si de uso libre (433MHz). Los componentes a utilizar es un transmisor y un receptor con modulación ASK, la tarea a realizar el codificar la información, así como decodificarla para poder enviar una cadena tipo EPC.

Tanto el transmisor como el receptor funcionan con batería, esto va a permitir tener un mayor rango de alcance, como se ve en la Figura 30.

Figura 30. Receptor(a) y transmisor (b)

4.1.2 Sistema mínimo de comunicación de datos.

Se parte del sistema de RFID de baja frecuencia para obtener la comunicación y se utilizara el mismo protocolo de comunicación basada en 64 bits tipo 1 para lo cual se realizará de acuerdo al Figura 31.

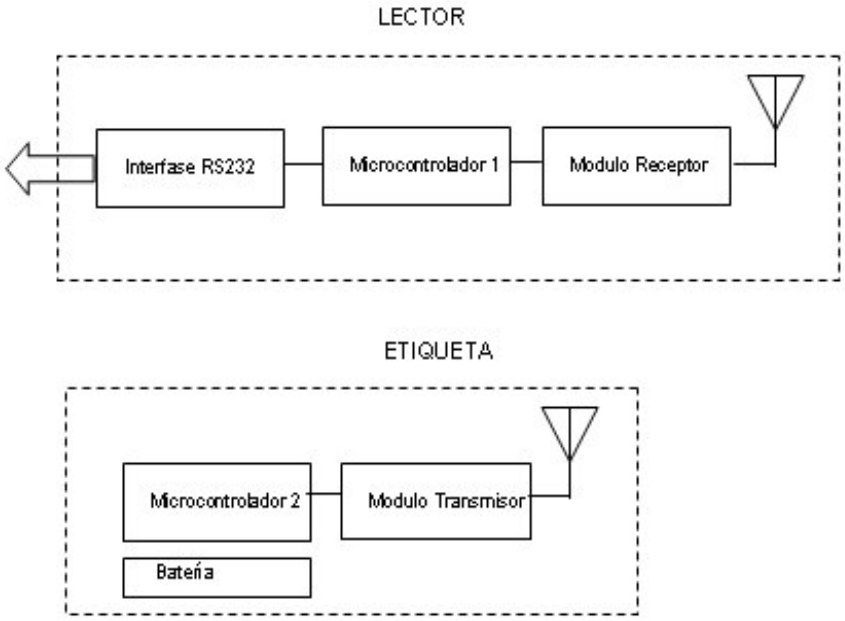


Figura 31. Módulos del lector y etiqueta.

4.1.3 Implementación de algoritmo.

El microcontrolador utilizado es el de la gama de 8 bits, de la marca de Microchip que tiene un reloj de trabajo de 4 MHz, dando la posibilidad de trabajar por ciclos de 10 microsegundos, además cuenta con transmisión serial y de modulación de pulso.

Para la transmisión se requiere el enviar las cadenas de la información contenida en un segmento de la memoria del microcontrolador, la cual estará protegida o se grabará definitivamente para evitar modificación en los datos. Esto dependerá de la aplicación.
El lector debe estar sincronizado una vez que se detecte la presencia de una etiqueta, ya que una parte importante de este sistema es asegurarse que los datos recibidos sean los exactos, de otra forma se desecharán todos los datos, para no crear confusiones en el procesamiento de la información.
El lector funcionará como interfase a una PC o a otro sistema mínimo utilizando la comunicación serial, que es ampliamente utilizada para el envió y recepción de datos, como se muestra en el Diagrama 8

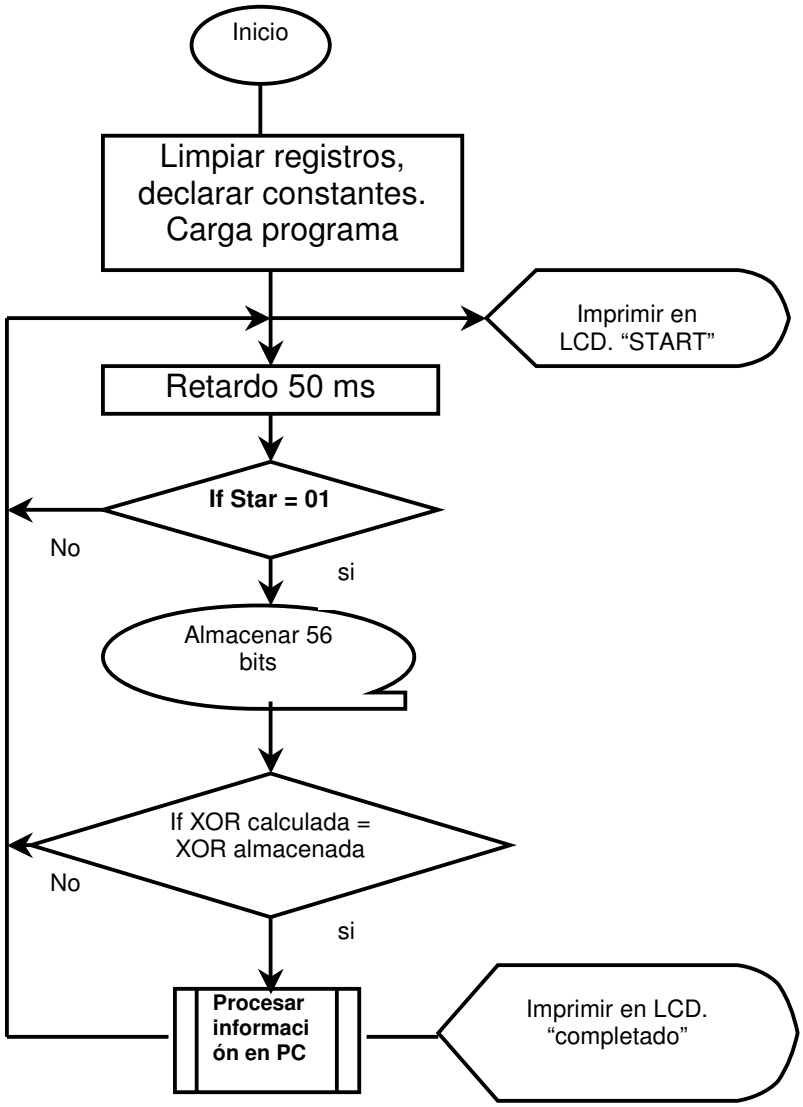


Diagrama 8. Operaciones del lector.

4.2 Simulación.
4.2.1 Por software

La programación del microcontrolador se hizo a través de la plataforma de Micro Code Studio, que es un lenguaje de programación de alto nivel similar al Basic para las computadoras. Y la simulación es realizada en el software de simulación electrónica ISIS Proteus [48]. Como se muestra en la Figura 32.

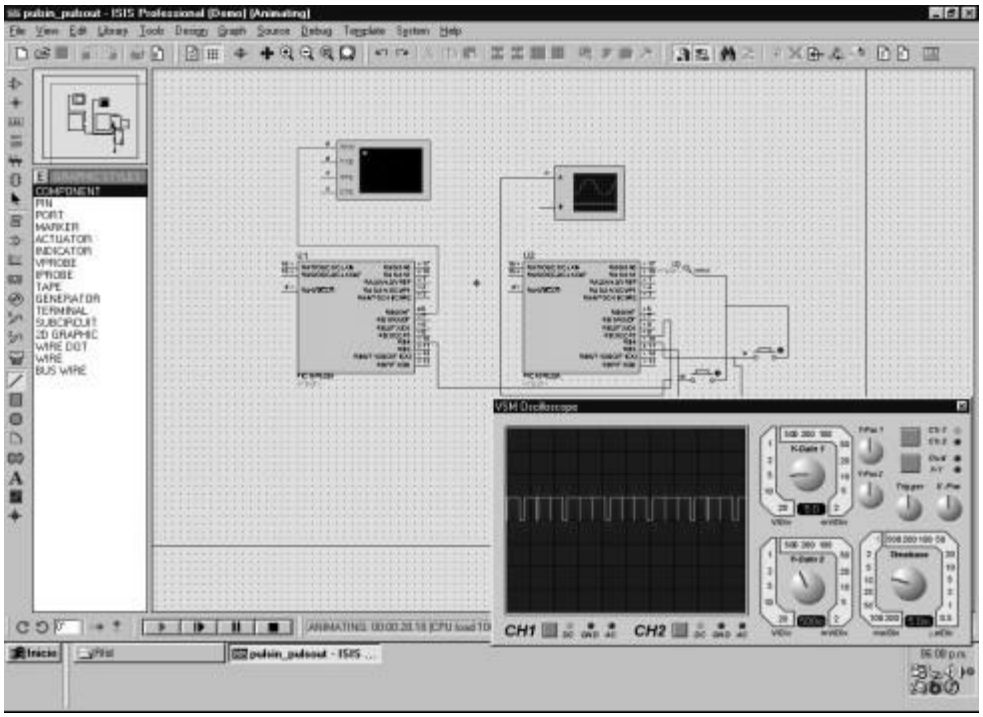


Figura 32. Simulación de algoritmo en Proteus

Conclusiones

En el capítulo se diseño un algoritmo para evitar las colisiones, cumpliendo con identificar una cantidad $n \in \aleph$ de etiquetas en un tiempo, para poder aplicar el algoritmo es necesario crear un sistema real que nos permita ajustar los parámetros, para ello en este capítulo se propuso un hardware que trabaje en el rango de UHF de 433 Mhz para poder generar condiciones aleatorias y finitas para ser utilizado en aplicaciones específicas.

CAPÍTULO 5
Análisis de Resultados y conclusiones.

En este capítulo se revisara los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a los sistemas diseñados y se realizaran las comparaciones pertinentes con los sistemas similares existentes.

5.1 Resultados.

5.1.1 Lector de LF para control de acceso

Se realizo un sistema de identificación de personal, que trabaja en el rango estándar de baja frecuencia, que consta de un lector, una antena y una interfase serial RS232 [48], como se Muestra en la Figura 33.

Figura 33. Lector fabricado RFID LF

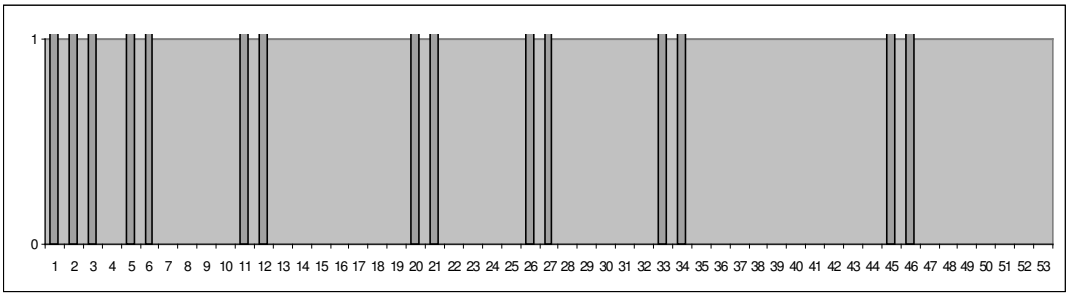
Se probó el lector RFID con el checador del Centro de Investigación e Innovación Tecnológica CIITEC-IPN a través de una interfase de teclado, donde el lector al verificar el número de identificación este envía una respuesta de señal por el teclado y permite el registro de personal, como se muestra en la Figura 34.

Figura 34. Control de accesos

El costo aproximado para fabricar el sistema de prueba se llevo alrededor de $2000 pesos, de los cuales se puede reducir los costos de producción si se realiza en serie, pero para su comercialización se requiere considerar otros gastos.

5.1.2 Algoritmo anticolisiones

Se realizó un algoritmo para evitar colisiones del cual se obtuvo los siguientes resultados aplicados a 64 números aleatorios de identidades únicas. Como se muestra en la Gráfica 1.



Gráfica 1. 64 lecturas aleatorias

Valores de colisión

5.1.3 Simulación en hardware de algoritmo anticolisiones.

Para poder validar el algoritmo se realizó una prueba en un software para simular hardware[47][50], como se muestra en la Figura 29. Obteniendo resultados aceptables de comunicación e identificación.

5.2 Comparaciones.

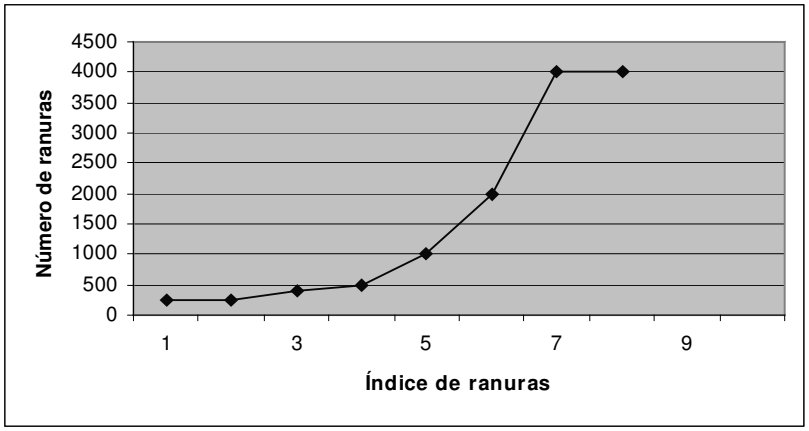
Para poder realizar las comparaciones pertinentes utilizamos los datos encontrados en algoritmos propuestos, a sí como sistemas comerciales, hechos en la primera etapa de la investigación.

5.2.1 Lectores comerciales

Existen lectores comerciales del tipo RFID de baja Frecuencia en el mercado, varían principalmente por el tipo de fabricante, en México la mayoría de los trabajos realizados se basan en la etapa de la implementación del sistema como pueden ser empresas de logística que integrar e instalan.
El lector más similar al desarrollado, es el sistema llamado ID, que tiene un costo de alrededor de $10000.
Claro que no podemos comparar los sistemas en este momento, ya que no se cuenta con toda la infraestructura, ni se consideran los gastos generados por la administración al comercializar el sistema (ver las referencias: [42], [43], [44] y [45]).

5.2.2 Algoritmos anticolisiones

Hay un algoritmo que se encuentra funcionando para evitar las colisiones de los cuales podemos comparar con el propuesto. A continuación se muestra el algoritmo llamado gen2 que utiliza la técnica ALOHA para evitar colisiones, como se muestra en la Gráfica 2 (ver las referencias: [31], [33], [35], [36]).



Gráfica 2. Total de ranuras requeridas para 64

De la gráfica anterior sabemos que el método esta en función del número de etiquetas, que provoca que aumente las ranuras de tiempo, siendo un sistema que no considera la naturaleza de la aplicación.
En nuestro método utilizamos una técnica diferente a la anterior donde tomamos la dispersión como una ventaja para obtener una aproximación mayor a los valores a identificar, como se muestra en la Tabla 8.

Valor de ranura	Valores únicos	Valores de colisión	Valor de ranura	Valores únicos	Valores de colisión	Valor de ranura	Valores únicos	Valores de colisión
5	1		55		19	af		38
12	2		59	20		b6	39	
13	3		5b	21		c0	40	
15	4		61	22		c1	41	
1b	5		62	23		c8	42	
2	6		6e	24		c9	43	
20	7		70	25		Cb	44	
25	8		71	26		cf	45	
2a	9		76		27	d	46	
2b	10		76		27	d8	47	
3	11		80	28		d9	48	
3b		12	82	29		da		49
3b		12	8c	30		da		49
3b		12	8d	31		dc	50	
3c	13		92		32	e1	51	
3f		14	92		32	e5	52	
3f		14	a4	33		ee	53	
4	15		a6	34		f	54	
41	16		a8	35		f6	55	
4f	17		ac	36		f9	56	
51	18		ae	37				

Taba 8. Ranuras necesarias para identificar 64 etiquetas.

De la tabla anterior podemos ver que el número de colisiones de 64 etiquetas lo reducimos a solo 15 valores por identificar en una primera pasada.

Conclusiones Finales.

El trabajo presentado nos da un amplio estudio del estado de la Tecnología RFID en el aspecto técnico a nivel comunicación, para poder ser tomadas como base de consulta, ya que en México la mayoría de las empresas e instituciones dedicadas al ramo están orientadas a los sistema de implementación y gestión de la información adquirida, sin tomar en cuenta que existen necesidades de mercado no orientadas precisamente a los grandes sistema de logística y control, que pueden ser solucionados con el sistema propuesto de identificación. El sistema realizado en la etapa de baja frecuencia es una solución práctica del control de recursos donde se requiera una identificación que no sea de largo alcance, como en el caso práctico donde se implemento que sirve como un medio de identificación personal y única de un centro de investigación que no tiene una gran nómina como sugieren los sistemas actuales. El trabajar con una aplicación práctica nos llevo a la necesidad de realizar adaptaciones por hardware para adaptar el sistema, siendo una ventana de compatibilidad con otros sistemas de comunicación considerados de ultima generación.

El algoritmo desarrollado es una solución práctica a los sistemas de identificación de largo alcance, donde se tiene la necesidad de evitar colisiones creadas dinámicamente, utilizando la técnica de tomar una media de la dispersión de números y los sistemas de numeración consecutiva como se comportan los sistemas de producción y de comercialización, tomando ventaja de que los sistemas tratan de identificar los números sin alguna suposición previamente descrita. Para esto se obtuvieron buenos resultados al generar valores aleatorios. Generando una ventana de oportunidades para empresas que requieran alguna aplicación dedicada y delimitada en un número finito de etiquetas.

En la simulación de un sistema mínimo de RFID UHF de 433Mhz, probamos que es factible realizar alguna gestión de los recursos de alguna aplicación descrita en los términos del algoritmo desarrollado de anticolisiones.

Las platicas obtenidas con las PYMES dentro de los pabellones donde se asistió, fueron positivas en el sentido de que quieren desarrollos de identificación del tipo que se han propuesto y nos dan una línea donde podemos incursionar para realizar investigaciones para implementaciones prácticas y nuevos proyectos.

RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

Es importante incursionar en la tecnología RFID para resolver problemas de automatización de los procesos pero sin dejar de tomar en cuenta a los grandes productores de la materia prima. A demás nos tenemos que preocupar por prever las necesidades que se puedan requerir después de identificar los objetos.
Seguir estudiando las necesidades de los mercados en cuestión de aplicación.
Hay tres principales líneas de trabajo que se abren a partir de esta tesis, del cual están vinculadas las áreas interdisciplinarias.

1.- Realizar software para gestión y administración de la información.
2.- Desarrollar etiquetas y lectores para reducir el tamaño, aumentar alcance, que puedan ser programadas por el desarrollador del sistema mínimo.
3.- Buscar nuevas técnicas de detección de errores y mejorar los patrones de identificación dinámica.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

ARTÍCULOS.

[1] Landt, J. *The history of RFID* Los Alamos Nat. Lab., NM, USA: Potentials, IEEE: Oct.-Nov. 2005 Volume: 24 , Issue: 4 On page(s): 8 – 11.

[2] Shepard Steven, RFID , McGrawHill 2005, ISBN 0071442995.

[3] J. Seeney Patrick, RFID for Dummies, Wiley 2005 ISBN 076457910X.

[4] Bhuptani Manish, RFID Field Guide, Prentice Hall 2005 ISBN 0131853554.

[5] www.tiris.com

[6] www.rfid4u.com

[7] www.morerfid.com

[8] www.epc.org.mx

[9] www.rfidjournal.com

[10] Kin Seong Leong Mun Leng Ng Grasso, A.R. *Synchronization of RFID readers for dense RFID reader environments* Cole, P.H. Sch. of Electr. & Electron. Eng., Adelaide Univ., SA, Australia: Applications and the Internet Workshops, 2006. SAINT Workshops 2006. International Symposium on , 23-27 Jan.2006On page(s): 4 pp.

[11] Jongyoung Lee Naesoo Kim, *Performance Test Tool for RFID Middleware: Parameters, Design, Implementation, and Features Electronics and Telecommunications,* Research Institute (ETRI), Advanced Communication Technology, 2006. ICACT 2006. The 8th International Conference 20-22 Feb. 2006 Volume: 1 On page(s): 149 – 152.

[12] Centro de cooperación de tecnologías de la información México – Corea.

[13] Expocontrol México D.F.

[14] Expologística México D.F.

[15] Ju-Peng Chen Tsung-Han Lin Polly Huang, *On the potential of sensor-enhanced active RFIDs***,** Dept. of Electr. Eng., Nat. Taiwan Univ., Taipei, Taiwán: Emerging Information Technology Conference, 2005. 15-16 Aug. 2005 On page(s): 4 pp.

[16] Yoshihisa, T. Kishino, Y. Terada, T. Tsukamoto, M. Sagara, R. Sukenari, T. Taguchi, D. Nishio, S. *A rule-based RFID tag system using ubiquitous chips* Osaka Univ., Japan: Active Media Technology, 2005. (AMT 2005). Proceedings of the 2005 International Conference on, 19-21 May 2005 On page(s): 423 – 428.

[17] Kin Seong Leong Mun Leng Ng Cole, *Positioning analysis of multiple antennas in a dense RFID reader environment* Sch. of Electr. & Electron. Eng., Adelaide Univ., SA, Australia: Applications and the Internet Workshops, 2006. SAINT Workshops 2006. International Symposium on, 23-27 Jan. 2006 On page(s): 4 pp.

[18] Siden, J. Jonsson, P. Olsson, T. Wang, *Performance degradation of RFID system due to the distortion in RFID tag antena,* G. ITM, Mid-Sweden Univ.,

Sundsvall, Sweden: Microwave and Telecommunication Technology, 2001. CriMiCo 2001. 11th International Conference on: 2001 On page(s): 371 – 373.Weinstein, R.Johns Hopkins *RFID: a technical overview and its application to the enterprise* University: IT Professional Publication Date: May-June 2005 Volume: 7 , Issue: 3 On page(s): 27 – 33.

[19] Paul F. Baude, David A. Ender, Tommie W. Kelley, Michael A. Haase, Dawn V. Muyres, and Steve D.Theiss *Pentacene Based Rfid Transponder Circuity* 3M Company.

[20] Floerkemeier, C., *Transmission control scheme for fast RFID object identification* Inst. for Pervasive Comput., ETH Zurich, Switzerland: Pervasive Computing and Communications Workshops, 2006. PerCom Workshops 2006. Fourth Annual IEEE International Conference on: 13-17 March 2006 On page(s): 6 pp.

[21] Jieun Song Howon Kim, *The RFID middleware system supporting context-aware access control service* Div. of Inf. Security, Electron. & Telecommun. Res. Inst., Daejeon, South Korea: Advanced Communication Technology. ICACT 2006. The 8th International Conference 20-22 Feb. 2006 Volume: 1 On page(s): 4 pp.

[22] Rupert Howes, Andy Williams, Mick Evan*, A Read/Write Rfid Tag For Low Cost Applications,* 1999 The lostitutim of Electrical Engineers. Frifltd and published by the IEE, Savoy Place, London WCPR 00L

[23] N. Bradshaw, V. Hague, M. Raza*, Applications of RFID technology* Microlise Syst. Integration Ltd.: RFID Technology (Ref. No. 1999/123), IEE Colloquium on, 25 Oct. 1999 On page(s): 1/1 - 1/5

[24] Namje Park Howon Kim Kyoil Chung Sungwon Sohn, *Design of an Extended Architecture for Secure Low-Cost 900MHz UHF* Mobile RFID Systems, information security research division, ETRI, Korea: Consumer Electronics, 2006. ISCE '06. 2006 IEEE Tenth International Symposium on: 28-01 June 2006 On page(s): 1 – 6.

[25] Hahnel, D. Burgard, W. Fox, D. Fishkin, K. Philipose, *Mapping and localization with RFID technology,* Hahnel, D. Burgard, W. Fox, D. Fishkin, K. Philipose, M. Dept. of Comput. Sci., Freiburg Univ., Germany, Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA '04. 2004 IEEE International onference on Publication Date: 2004 Volume: 1 On page(s): 1015 - 1020 Vol.1.

[26] Yunhao Liu Yiu Cho Lau Patil, *LANDMARC: indoor location sensing using active RFID***,** Dept. of Comput. Sci. & Eng., Michigan State Univ., USA: Pervasive Computing and Communications, 2003. (PerCom 2003). Proceedings of the First IEEE International Conference on 23-26 March 2003 On page(s): 407 – 415

[27] Redemske, R. Fletcher, *Design of UHF RFID emulators with applications to RFID testing and data transport* R. AutoID Lab., MIT, Cambridge, MA: Automatic Identification Advanced Technologies, 2005. Fourth IEEE Workshop on 17-18 Oct. 2005 On page(s): 193 – 198.

[28] Bing Jiang Fishkin, K.P. Roy, S. Philipose, M, *Unobtrusive long-range detection of passive RFID tag motion.* Dept. of Electr. Eng., Univ. of

Washington, Seattle, WA, USA Instrumentation and Measurement, IEEE Transactionson: Feb.2006 Volume: 55 , Issue: 1 On page(s): 187 – 196.

[29] DJHind Davis Derby, *Radio Frequency Identification And Tracmng Sy" In Hazardous Areas,* United Kingdom Electrical Safety in Hazardous Environments, 19-21 April 1994, Conference Publication No. 390, @ IEE, 7994.

[30] John R. *Traditional And Emerging Technologies And Applications In The Radio Frequency Identification (Rfid) Industry*. Tuttle Micron Communications, Inc.1997 IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium.

[31] James Waldrop Daniel W. Engels Sanjay E. Sarma,*Colorwave: An Anticollision Algorithm for the Reader Collision Problem*, 0-7803-7802-4/03© 2003 IEEE.

[32] Tsudik, G. *YA-TRAP: yet another trivial RFID authentication protocol.* Dept. of CS, California Univ., Irvine, CA, USA Pervasive Computing and Communications Workshops, 2006. PerCom Workshops 2006. Fourth Annual IEEE International Conference on Publication Date: 13-17 March 2006 On page(s): 4 pp.

[33] Birari, S.M. Iyer, S. Indian Mitigating the reader collision problem in RFID networks with mobile readers Inst. of Technol., Mumbai, India: Networks, 2005. Jointly held with the 2005 IEEE 7th Malaysia International Conference on Communication., 2005 13th IEEE International Conference on, 16-18 Nov. 2005 Volume: 1 On page(s): 6 pp.

[34] Joon Goo Lee Seok Joong Hwang Seon Wook Kim Sunshin Ahn KyungHo Park Ji Hoon Koo Woo Shik Kang *Software architecture for a multi-protocol RFID reader on mobile devices* Dept. of Electron. & Comput. Eng., Korea Univ., Seoul, South Korea: Embedded Software and Systems, 2005. Second International Conference on Publication Date: 16-18 Dec. 2005 On page(s): 8pp.

[35] Leian Liu Zhenhua Xie Jingtian Xi Shengli Lai, *An improved anti-collision algorithm in RFID system* Sch. of Electron. & Inf. Eng., South China Univ. of Technol., Guangzhou, China: Mobile Technology, Applications and Systems, 2005 2nd International Conference on, 15-17 Nov. 2005 On page(s): 5 pp.

[36] Kawakita, Y. Mitsugi, J *Anti-collision performance of Gen2 air protocol in random error communication link*. Auto-ID Lab. Japan, Keio Univ., Fujisawa, Japan : Applications and the Internet Workshops, 2006. SAINT Workshops 2006. International Symposium on, 23-27 Jan. 2006 On page(s): 4 pp.

[37] Engels, D.W. Sarma, S.E., *The reader collision problem* Massachusetts Inst. of Technol., MIT, Cambridge, MA, USA: Systems, Man and Cybernetics, 2002 IEEE International Conference on: 6-9 Oct. 2002 On page(s): 6 pp. vol.3

[38] Inoue, S. Hagiwara, D. Yasuura, H., Systematic error detection for RFID reliability Syst. LSI Res. Center, Kyushu Univ., Fukuoka, Japan: Availability, Reliability and Security, 2006. ARES 2006. The First International Conference on: 20-22 April 2006 On page(s): 7 pp.

[39] Roy Want, *Enabling Ubiquitous Sensing with RFID*, Intel ResearchInvisible computing April 2004.

[40] Katariina Penttila, Lauri Sydeimo , Mark Kivikoski, *Performance Development of a High-speed Automatic Object Identification using Passive RFID Technology*

Proceedings of the 2004 IEEE international Conference on Robotics 8 Automation New Orleans, LA April 2004.
[41] www.microchip.com
[42] Identec solutions.
[43] Accu-Sort System, Inc.
[44] RFID360REDPRAIRIE.COM
[45] www.accusort.com/rfid
[46] MR microreader para LF.
[47] MPLAB.
[48] Labcenter.
[49] PROTEL.
[50] MicroCode Studio.
[51] Visualbasic.
[52] ICPROG

Anexo 1. Código de detector de errores

```
'****************************************************************

'*  Name    : FINAL.BAS                                          *
'*  Author  : jacobosandoval                                     *
'*  Notice  : Copyright (c) 2005 jacobosg                        *
'*          : All Rights Reserved                                *
'*  Date    : 04/12/05
'*  Version : 1.0
'*  Notes   : Pruebas de micros.
'*          :
'****************************************************************
'*************Configuraciones de micro.*******************

' Vamos a utilizar un reloj externo de 4 MHz.

@ DEVICE MCLR_OFF, XT_OSC, WDT_OFF, LVP_OFF, BOD_OFF,
PWRT_OFF, PROTECT_OFF

'************* Declaraciones de Variables.********************

Include "modedefs.bas"          ' Include variables y definiciones seriales

DEFINE OSC                  4

j var byte
p var byte
m var byte
aux VAR BYTE
i var byte
EPC var byte

CMCON = 7          'Cambiar comparadores analógicos por datos dígitales.
TRISB = 2          'Pb.1, como entrada serial., Los demás como salida.
TRISA = 0        'PA.X como salidas para el LCD.

'*********** Inicialización de LCD.*********************

     Pause 500       ' Inicialización de LCD, 0.5 segundos.
     lcdouT  $fe, 1  ' Limpia pantalla LCD.
       pause 250
     Lcdout " CIITEC  - IPN "  ' Mensaje de bienvenida.
       pause 500
     Lcdout $fe, $C0   ' Salta a segunda línea
       for m=0 to 27     'Realiza desplazamiento, el límite depende de los caracteres
                         'posteriores a 16, en este caso 16+27 caracteres en el mensaje
     Lcdout $fe, $C0   ' Salta a segunda línea
```

```
        for j=0+m to 15+m
        lookup j,["Jacobo Sandoval G & Mario Morales Castillo "], p
      Lcdout p
        next j
      pause 100
      next m
      pause 250

'************ Inicio de programa principal **************
inicio:

    lcdouT  $fe, 1  ' Limpia pantalla LCD.
    pause 250
    Lcdout "  LECTOR RFID "
    Lcdout $fe, $C0   ' Salta a segunda línea
    PAUSE 250
INI:
    Lcdout $fe, $C0
    Lcdout " NO HAY TARJETA"

tipo:
        Serin PORTB.1,T9600, EPC
        IF EPC = $09 then GOTO V
        goto tipo
V:
        Serin PORTB.1,T9600, EPC
        IF EPC = $AA then GOTO B
        Serin PORTB.1,T9600, EPC
        IF EPC = $AA then GOTO B
        LCDOUT $FE,1
        LCDOUT " NO AUTORIZADO"
        pause 3000
        goto inicio
B:      Lcdout $fe, 1
        lCDOUT "  AUTORIZADO "
        Lcdout $fe, $C0
        FOR i=0 to 15
        lookup i,["Bienvenido....."],aux
        LCDOUT aux
        pause 200
        next i
        Lcdout $fe, $C0
        portb.2 = 1
        Lcdout " PUERTA ABIERTA "
        PAUSE 3000   jjjj
        portb.2 = 0
        goto inicio

END
```

Anexo 2. Código de control de acceso

```
'*****************************************************************
'*  Name    : Check.BAS                                          *
'*  Author  : jacobosandoval                                     *
'*  Notice  : Copyright (c) 2005 jacobo sandoval                 *
'*          : All Rights Reserved                                *
'*  Date    : 14/03/06                                           *
'*  Version : 1.0                                                *
'*  Notes   : Pruebas de lcd botonera.                           *
'*          :                                                    *
'*****************************************************************
'*************Configuraciones de micro.*******************

' Vamos a utilizar un reloj externo de 4 MHz.

@ DEVICE MCLR_OFF, XT_OSC, WDT_OFF, LVP_OFF, BOD_OFF,
PWRT_OFF, PROTECT_OFF

'************* Declaraciones de Variables.********************

Include "modedefs.bas"          ' Include variables y definiciones seriales

DEFINE OSC        4

j var byte
p var byte
m var byte
EPC VAR byte
CMCON = 7          'Cambiar comparadores analógicos por datos dígitales.
TRISB = 2        'Pb.1,como entrada serial., Los demás como salida.
TRISA = 0        'PA.X como salidas para el LCD.

'*********** Inicialización de LCD.*********************

     Pause 500       ' Inicialización de LCD, 0.5 segundos.
     lcdouT  $fe, 1  ' Limpia pantalla LCD.
       pause 250
     Lcdout " CIITEC  - IPN "  ' Mensaje de bienvenida.
       pause 500
     Lcdout $fe, $C0   ' Salta a segunda línea
       for m=0 to 27     'Realiza desplazamiento, el límite depende de los caracteres
                  'posteriores a 16, en este caso 16+27 caracteres en el mensaje
     Lcdout $fe, $C0   ' Salta a segunda línea
        for j=0+m to 15+m
        lookup j,[" Inicializando......Inicializando......."], p
     Lcdout p
        next j
     pause 100
     next m
```

```
     pause 250

'************ MENSAJE DE BIENVENIDA **************

inicio:
   lcdouT  $fe, 1 ' Limpia pantalla LCD.
   pause 250
   Lcdout " Checador CIITEC "
   Lcdout $fe, $C0   ' Salta a segunda línea
   PAUSE 250
INI:
   Lcdout $fe, $C0
   Lcdout "   Bienvenido "


'************ POLL DEL PUERTO DE ENTRADA *************
'************* REVISAR CON 09 PARA SABER EL TIPO DE TAG *************

tipo:
      Serin PORTB.1,T9600, EPC
      IF EPC = $09 then GOTO DOS    'IR AL SIGUIENTE DATO
      goto tipo                  'REGRESAR AL POLL
DOS:
      Serin PORTB.1,T9600, EPC      'PREGUNTAR POR EL DATO 2
TRES:
      Serin PORTB.1,T9600, EPC      'PREGUNTAR POR EL DATO 3.
      IF  EPC = $CC then GOTO ONE
      IF  EPC = $AA then GOTO TWO
      IF  EPC = $55 then GOTO THREE
      IF  EPC = $BB then GOTO FOUR
      goto inicio                'NO ES NINGÚN USUARIO, REGRESA A TIPO
ONE:
      Lcdout $fe, 1
      LCDOUT "JACOBO SANDOVAL"
      Lcdout $fe, $C0
      lcdout "PRESIONE..."
      Serout PORTB.0,N2400,["1"]
      pause 5000
      goto inicio
TWO:
      Lcdout $fe, 1
      LCDOUT "MC GUZMAN CESAR"
      Lcdout $fe, $C0
      LCDOUT "PRESIONE..."
      Serout PORTB.0,N2400,["2"]
      pause 5000
      goto inicio
THREE:
      Lcdout $fe, 1
      LCDOUT "IBM THINKPAD"
      Lcdout $fe, $C0
```

```
        lcdout "600x AATRGX32"
        Serout PORTB.0,N2400,["3"]
        pause 5000
        goto inicio
FOUR:
        Lcdout $fe, 1
        LCDOUT "JUAN GARCIA"
        Lcdout $fe, $C0
        lcdout "PRESIONE..."
        Serout PORTB.0,N2400,["4"]
        pause 5000
        goto inicio
END
```

Anexo 3. Código de ID reader

```
'*****************************************************************
'*  Name    : reader.BAS                                         *
'*  Author  : jacobo sandoval                                    *
'*  Notice  : Copyright (c) 2006 ciitec ipn                      *
'*          : All Rights Reserved                                *
'*  Date    : 05/07/06                                           *
'*  Version : 1.0                                                *
'*  Notes   : reader RFID active 433mhz                          *
'*          :                                                    *
'*****************************************************************
' PULSIN Command
'
' Serial Pulse Width Meter

      Include "modedefs.bas"          ' Include serial modes

   SO      con     0                   ' Define serial out pin
   FI      con     4                  ' Define frequency input pin
   W0      var     byte

   inicio:
         Pulsin FI,0,W0
         if W0 = 100 then goto dos
         goto inicio
   dos:
         Pulsin FI,0,W0
         if W0 = 10 then goto tres
         goto inicio
   tres:
         Pulsin FI,0,W0
         if W0 = 1 then goto fin
         goto inicio
   fin:
         Serout SO,N2400,["ID",13,10]
         goto inicio
```

Anexo 4. Código de etiqueta

```
'*****************************************************************
'*  Name    : tag.BAS                                            *
'*  Author  : jacobo sandoval                                    *
'*  Notice  : Copyright (c) 2006 ciitec                          *
'*          : ipn                                                *
'*  Date    : 05/07/06                                           *
'*  Version : 1.0                                                *
'*  Notes   : tag rfid active                                    *
'*          :                                                    *
'*****************************************************************
' PULSOUT Command
'
' Variable Pulse Generator. Two buttons adjust from off to 10mSec in
' 10 uSec steps.

      Include "bs1defs.bas"          ' Include BS1 variables and serial modes

DN      con     5                   ' Define frequency down button
UP      con     4                   ' Define frequency up button
PO      con     3                   ' Define pulse output pin
i       var     byte
l       var     byte
loop:
   for i=0 to 5
   Pulsout 3,100       ' Generate pulse
   pause 100
   next i
   for i=0 to 5
   Pulsout 3,000       ' Generate pulse
   pause 100
   next i
goto loop
```

Anexo 5. Código lectura de etiqueta.

```
#INCLUDE "P16F876.INC"

PUNTEROL        EQU             0X30
PUNTEROH        EQU             0X31
OFFSETL         EQU             0X32
OFFSETH         EQU             0X33
CONTADORL       EQU             0X34
CONTADORH       EQU             0X35
TEMPORALL       EQU             0X36
TEMPORALH       EQU             0X37
CONTADOR        EQU             0X38
CONT            EQU             0X39
CONTADOR1       EQU             0X3A
CONTADOR2       EQU             0X3B
CONTADOR3       EQU             0X3C
CONTADOR4       EQU             0X3D
CONTADOR5       EQU             0X3E
CONTADOR6       EQU             0X3F
HEX             EQU             0X20
ASCIIL          EQU             0X21
ASCIIH          EQU             0X22
CONTZ           EQU             0X23
TEMP            EQU             0X24
CONTX           EQU             0X25
CONT1           EQU             0X26
CONT2           EQU             0X27
CONT3           EQU             0X28
CONT4           EQU             0X29
TEMP2           EQU             0X2A
TEMPORAL        EQU             0X2B
XL              EQU             0X40
XH              EQU             0X41
PAGINA_H        EQU             0X42
PAGINA_D        EQU             0X2C

#DEFINE         E               PORTC,0
#DEFINE         RS              PORTC,1
#DEFINE         RW              PORTC,2

__CONFIG _BODEN_ON & _CP_OFF & _WRT_ENABLE_OFF & _PWRTE_ON & _WDT_OFF &
_HS_OSC & _DEBUG_OFF & _CPD_OFF & _LVP_OFF

BANCO0          MACRO
                        BCF             STATUS,RP0
                        BCF             STATUS,RP1
                        ENDM

BANCO1          MACRO
                        BSF             STATUS,RP0
                        BCF             STATUS,RP1
```

```
                        ENDM

;*******************************************************************************
************************
;*******************************************************************************
************************
;**
;**                                      PROGRAMA PRINCIPAL
;**
;*******************************************************************************
************************
;*******************************************************************************
************************
                        ORG             0X00
                        BANCO1
                        CLRF    TRISB
                        MOVLW   0xF8
                        MOVWF   TRISC

;-------------------------------------
;CONFIGURACION DE LA UART
;-------------------------------------
                        MOVLW   0X24
                        MOVWF   TXSTA
                        MOVLW   D'25'
                        MOVWF   SPBRG
                        BANCO0
                        MOVLW   0X90
                        MOVWF   RCSTA
                        BCF             E
                        CALL    INIT_LCD
                ;       MOVLW   0X80
                ;       CALL    WR_COMLCD
                ;       MOVLW   'R'
                ;       CALL    WR_DATOLCD
                ;       MOVLW   'X'
                ;       CALL    WR_DATOLCD

                        MOVLW   LOW BIENVENIDA
                        MOVWF   PUNTEROL
                        MOVLW   HIGH BIENVENIDA
                        MOVWF   PUNTEROH
                        CLRF    OFFSETL
                        CLRF    OFFSETH
                        CALL    OUT_LCD
                        MOVLW   0X01
                        MOVWF   PAGINA_D
                        MOVWF   PAGINA_H
ESPERA
                        BTFSC   PORTC,3
                        GOTO    ESPERA
                        CALL    D40MS
ESPERA_1
```

```
                BTFSS   PORTC,3
                GOTO    ESPERA_1

                MOVLW   LOW SELECCION
                MOVWF   PUNTEROL
                MOVLW   HIGH SELECCION
                MOVWF   PUNTEROH
                CLRF    OFFSETL
                CLRF    OFFSETH
                CALL    OUT_LCD
                MOVLW   0XCE
                CALL    WR_COMLCD
                MOVLW   "0"
                CALL    WR_DATOLCD
                MOVLW   "1"
                CALL    WR_DATOLCD
RECO
                CALL    D2SEG
MAIN
                BTFSS   PORTC,3
                GOTO    ENTER

                BTFSS   PORTC,4
                GOTO    PAG_INC

                BTFSC   PORTC,5
                GOTO    MAIN
                CALL    D40MS
ESPERA_2
                BTFSS   PORTC,5
                GOTO    ESPERA_2
                DECFSZ  PAGINA_H
                GOTO    PAG_D
                MOVLW   D'17'
                MOVWF   PAGINA_H
                MOVLW   0X17
                MOVWF   PAGINA_D
DESPLE_P
                CALL    DESPLEGAR
                GOTO    RECO
PAG_D
                DECF    PAGINA_D
                MOVF    PAGINA_D,W
                XORLW   0X0F
                BTFSS   STATUS,Z
                GOTO    DESPLE_P
                MOVLW   0X09
                MOVWF   PAGINA_D
                GOTO    DESPLE_P

PAG_INC
                INCF    PAGINA_H
                MOVF    PAGINA_H,W
                XORLW   D'18'
```

```
                BTFSS   STATUS,Z
                GOTO    PAG_D1
                MOVLW   D'1'
                MOVWF   PAGINA_H
                MOVLW   0X01
                MOVWF   PAGINA_D
                GOTO    DESPLE_P
PAG_D1
                INCF    PAGINA_D
                MOVF    PAGINA_D,W
                XORLW   0X0A
                BTFSS   STATUS,Z
                GOTO    DESPLE_P
                MOVLW   0X10
                MOVWF   PAGINA_D
                GOTO    DESPLE_P

ENTER           MOVF    PAGINA_H,W
                MOVWF   TEMP
                BCF             STATUS,C
                RLF             TEMP
                RLF             TEMP

                MOVLW   LOW     COM_MPT
                MOVWF   XL
                MOVLW   HIGH COM_MPT
                MOVWF   XH

                MOVLW   0X05
                MOVWF   CONT
LEE             CALL    LEE_TABLA
                MOVWF   TXREG

                BCF             PIR1,TXIF
                BTFSS   PIR1,TXIF
                GOTO    $-1
                INCFSZ  XL,F
                GOTO    $+2
                INCF    XH
                DECFSZ  CONT,F
                GOTO    LEE
                MOVF    TEMP,W
                MOVWF   TXREG

                BCF             PIR1,TXIF
                BTFSS   PIR1,TXIF
                GOTO    $-1
                CALL    LEE_TABLA
                XORWF   TEMP,W
                MOVWF   TXREG
                BCF             PIR1,TXIF
                BTFSS   PIR1,TXIF
                GOTO    $-1
                GOTO    RECO
```

```
DESPLEGAR
                        MOVF    PAGINA_D,W
                        ANDLW   0XF0
                        MOVWF   TEMPORAL
                        SWAPF   TEMPORAL
                        MOVLW   0X30
                        ADDWF   TEMPORAL
                        MOVLW   0XCE
                        CALL    WR_COMLCD
                        MOVF    TEMPORAL,W
                        CALL    WR_DATOLCD
                        MOVF    PAGINA_D,W
                        ANDLW   0X0F
                        MOVWF   TEMPORAL
                        MOVLW   0X30
                        ADDWF   TEMPORAL
                        MOVF    TEMPORAL,W
                        CALL    WR_DATOLCD
                        RETURN
;*******************************************************************************
************************
;**                      SUBRUTINA PARA CAMBIAR DE DATOS HEXADECIMALES A
ASCII
;*******************************************************************************
************************
HEXTOASCII
                        MOVLW   HIGH TABLA
                        MOVWF   XH
                        MOVLW   LOW     TABLA
                        MOVWF   XL
                        SWAPF   TEMP,W
                        ANDLW   0X0F
                        ADDWF   XL,F
                        BTFSS   STATUS,C
                        GOTO    BRINCA
                        INCF    XH
BRINCA          CALL    LEE_TABLA
                        MOVWF   ASCIIH
                        MOVLW   HIGH TABLA
                        MOVWF   XH
                        MOVLW   LOW     TABLA
                        MOVWF   XL
                        MOVF    TEMP,W
                        ANDLW   0X0F
                        ADDWF   XL,F
                        BTFSS   STATUS,C
                        GOTO    BRINCA1
                        INCF    XH
BRINCA1         CALL    LEE_TABLA
                        MOVWF   ASCIIL
                        RETURN
```

```
;*******************************************************************************
************************
;**                  SUBRUTINA LEE TABLA
;*******************************************************************************
************************

LEE_TABLA
                            MOVF    XH,W
                            MOVWF   PCLATH
                            MOVF    XL,W
                            MOVWF   PCL
TABLA
                            DT              "0123456789ABCDEF"

;*******************************************************************************
************************
;**                                      SUBRUTINA DE SALIDA
;*******************************************************************************
************************

OUT_LCD                     MOVLW   D'16'
                                    MOVWF   CONTADORL
                                    CLRF    CONTADORH
                                    MOVLW   0X80
                                    CALL    WR_COMLCD
OTRA                        MOVF    OFFSETL,W
                                    ADDWF   PUNTEROL,W
                                    MOVWF   TEMPORALL
                                    MOVF    TEMPORALH,W
                                    BTFSS   STATUS,C
                                    GOTO    SALTA
                                    ADDLW   0X01
SALTA                       ADDWF   PUNTEROH,W
                                    CALL    RD_TABLA
                                    CALL    WR_DATOLCD
                                    INCF    OFFSETL,F
                                    BTFSS   STATUS,Z
                                    GOTO    SALTA1
                                    INCF    OFFSETH,F
SALTA1                      DECF    CONTADORL,F
                                    BTFSS   STATUS,Z
                                    GOTO    SALTA2
                                    MOVF    CONTADORH,W
                                    XORLW   0X00
                                    BTFSS   STATUS,Z
                                    GOTO    SALTA2
                                    GOTO    SEGUNDO
SALTA2                      MOVF    CONTADORL,W
                                    XORLW   0XFF
                                    BTFSS   STATUS,Z
                                    GOTO    OTRA
```

```
                                    DECF    CONTADORH,F
                                    GOTO    OTRA

SEGUNDO                     MOVLW   D'16'
                                    MOVWF   CONTADORL
                                    CLRF    CONTADORH
                                    MOVLW   0XC0
                                    CALL    WR_COMLCD
OTRO1                       MOVF    OFFSETL,W
                                    ADDWF   PUNTEROL,W
                                    MOVWF   TEMPORALL
                                    MOVF    TEMPORALH,W
                                    BTFSS   STATUS,C
                                    GOTO    SALTA3
                                    ADDLW   0X01
SALTA3                      ADDWF   PUNTEROH,W
                                    CALL    RD_TABLA
                                    CALL    WR_DATOLCD
                                    INCF    OFFSETL,F
                                    BTFSS   STATUS,Z
                                    GOTO    SALTA4
                                    INCF    OFFSETH,F
SALTA4                      DECF    CONTADORL,F
                                    BTFSS   STATUS,Z
                                    GOTO    SALTA5
                                    MOVF    CONTADORH,W
                                    XORLW   0X00
                                    BTFSS   STATUS,Z
                                    GOTO    SALTA5
                                    RETURN
SALTA5                      MOVF    CONTADORL,W
                                    XORLW   0XFF
                                    BTFSS   STATUS,Z
                                    GOTO    OTRO1
                                    DECF    CONTADORH,F
                                    GOTO    OTRO1


;*****************************************************************************
************************
;**                                 SUBRUTINA PARA LEER TABLA
;*****************************************************************************
************************
RD_TABLA
                                    MOVWF   PCLATH
                                    MOVF    TEMPORALL,W
                                    MOVWF   PCL
;*****************************************************************************
************************
;**                                 SUBRUTINA ESCRIBIR DATOS
;*****************************************************************************
************************
```

```
WR_DATOLCD
                                    BSF             RS
REGRESO                     BCF             RW
                                    MOVWF   PORTB
                                    BSF             E
                                    NOP
                                    NOP
                                    BCF             E
                                    CALL    D40MS
                                    RETURN
;*****************************************************************************
************************
;**                                 SUBRUTINA ESCRIBIR COMANDOS
;*****************************************************************************
************************
WR_COMLCD
                                    BCF             RS
                                    GOTO    REGRESO
INIT_LCD
                                    CALL    D20ML
                                    MOVLW   LOW COMANDOS
                                    MOVWF   PUNTEROL
                                    MOVLW   HIGH COMANDOS
                                    MOVWF   PUNTEROH
                                    CLRF    OFFSETL
                                    CLRF    OFFSETH
                                    MOVLW   0X07
                                    MOVWF   CONTADORL
                                    CLRF    CONTADORH
OTRO2                       MOVF    OFFSETL,W
                                    ADDWF   PUNTEROL,W
                                    MOVWF   TEMPORALL
                                    MOVF    TEMPORALH,W
                                    BTFSS   STATUS,C
                                    GOTO    SALTA6
                                    ADDLW   0X01
SALTA6                      ADDWF   PUNTEROH,W
                                    CALL    RD_TABLA
                                    CALL    WR_COMLCD
                                    CALL    D4.1ML
                                    INCF    OFFSETL,F
                                    BTFSS   STATUS,Z
                                    GOTO    SALTA7
                                    INCF    OFFSETH,F
SALTA7                      DECF    CONTADORL,F
                                    BTFSS   STATUS,Z
                                    GOTO    SALTA8
                                    MOVF    CONTADORH,W
                                    XORLW   0X00
                                    BTFSS   STATUS,Z
                                    GOTO    SALTA8
                                    RETURN
SALTA8                      MOVF    CONTADORL,W
                                    XORLW   0XFF
```

```
                                        BTFSS   STATUS,Z
                                        GOTO    OTRO2
                                        DECF    CONTADORH,F
                                        GOTO    OTRO2

;*********************************************************************************
************************
;**                  COMANDOS DEL PROGRAMA
;*********************************************************************************
************************
COMANDOS
                        DT      0X38,0X38,0X38,0X38,0X01,0X06,0X0C
COM_MPT
                        DT      0X01,0X04,0X48,0X32,0X01,0X7F

;*********************************************************************************
************************
;**          MENSAJES
;*********************************************************************************
************************
BIENVENIDA
                        DT      "   ** Bienvenidos **   "
                        DT      "  CIITEC "

SELECCION
                        DT      "  TAG  "
                        DT      "    #     "

;*********************************************************************************
************************
;**                          SUBRUTINAS DE TIEMPO
;*********************************************************************************
************************
D4.1ML
                                MOVLW           0X24
                                MOVWF           CONTADOR5
                                MOVLW           0X25
REST300                 MOVWF           CONTADOR6

RESTT                   DECFSZ          CONTADOR6
                                GOTO            RESTT
                                DECFSZ          CONTADOR5
                                GOTO            REST300
                                RETURN
D40MS
                                MOVLW   0X0C
                                MOVWF   CONTADOR
REST330
                                DECFSZ  CONTADOR,F
                                GOTO    REST330
                                RETURN
D20ML                           MOVLW           0X65
                                MOVWF           CONTADOR3
                                MOVLW           0X41
```

```
REST333         MOVWF   CONTADOR4

RESTT400        DECFSZ  CONTADOR4
                GOTO    RESTT400
                DECFSZ  CONTADOR3
                GOTO    REST333
                RETURN

D2SEG
                MOVLW   4;D'16'
                MOVWF   CONT
                MOVLW   0XCD
RREST           MOVWF   CONTADOR1
REST1           MOVWF   CONTADOR2

RESTT1          DECFSZ  CONTADOR2
                GOTO    RESTT1
                DECFSZ  CONTADOR1
                GOTO    REST1
                DECFSZ  CONT
                GOTO    RREST
                RETURN
T20                     MOVLW   0x51
                        MOVWF   CONTX
RES2            MOVWF   CONT1
RES1            DECFSZ  CONT1,F
                        GOTO    RES1
                        DECFSZ  CONTX,F
                        GOTO    RES2
                        RETURN
T500            MOVLW   0X05
                        MOVWF   CONT2
RES3            MOVLW   0xB6
                        MOVWF   CONT3
RES5            MOVWF   CONT4
RES4            DECFSZ  CONT4,F
                        GOTO    RES4
                        DECFSZ  CONT3,F
                        GOTO    RES5
                        DECFSZ  CONT2
                        GOTO    RES3
                        RETURN
T10ms           MOVLW   0X14
                MOVWF   CONT2
RES30           MOVLW   0xA5
                MOVWF   CONT3
RES50           DECFSZ  CONT3,F
                GOTO    RES50
                DECFSZ  CONT2
                GOTO    RES30
                RETURN
END
```

Anexo 6. Interfase RFID serial a teclado.

```
Private Sub Command1_Click()

If puertoabierto = True Then Exit Sub
' Usar COM1.
MSComm1.CommPort = 2
' 2400 baudios, sin paridad, 8 bits de datos y 1
' bit de parada.
MSComm1.Settings = "2400,N,8,1"
' Indicar al control que lea todo el búfer al usar
' Input.
MSComm1.InputLen = 0
' Abrir el puerto.
MSComm1.PortOpen = True
Label2.Caption = "ABIERTO"
puertoabierto = True
Text1.SetFocus
End Sub
```

Anexo 7. Generador de números para algoritmo.

```
Private Sub Command2_Click()
If puertoabierto = False Then Exit Sub
MSComm1.PortOpen = False
Label2.Caption = "CERRADO"
puertoabierto = False
Text1.SetFocus
End Sub
Private Sub Timer1_Timer()
Dim cc As String
If puertoabierto = False Then Exit Sub
'Lee lo que hay en el buffer de entrada
cc = MSComm1.Input
If cc = "" Then Exit Sub
If cc = 1 Then SendKeys "97ENjacobo"
If cc = 2 Then SendKeys "34ENgato2244"
If cc = 4 Then SendKeys "98ENjuan"
If cc = Chr(10) Then cc = Chr(10) + Chr(13)
Text2.Text = Text2.Text & cc
'Para que coloque el cursor al final
Text2.SelStart = 0
Text2.SelLength = Len(Text2.Text)
End Sub
Private Sub Command1_Click()
xo = &HFF
X1 = 65280
X2 = 16711680
For i = 0 To 63
aleatorio = Int(900000 * Rnd)
haleatorio = Hex(aleatorio)
ID0 = xo And aleatorio
XUNO = aleatorio - ID0
ID1 = X1 And XUNO
XDOS = aleatorio - ID1 - ID0
ID2 = X2 And XDOS
hID0 = Hex(ID0)
ID1P = (ID1 / 256)
ID2P = (ID2 / 65536)
hID1 = Hex(ID1P)
hID2 = Hex(ID2P)
EQUISOR = ID2P Xor (ID0 Xor ID1P)
hEQUISOR = Hex(EQUISOR)
Text1.Text = aleatorio
Text2.Text = haleatorio
Text3.Text = hID0
Text4.Text = hID1
Text5.Text = hID2
Text6.Text = hEQUISOR
List1.AddItem Text1.Text
List2.AddItem Text2.Text
```

```
List3.AddItem Text3.Text
List4.AddItem Text4.Text
List5.AddItem Text5.Text
List6.AddItem Text6.Text
UNO: If ID0 < ID1 Then GoTo DOS
Text7.Text = "ID0"
Text8.Text = "ID0"
GoTo FIN
DOS: If ID1 < ID2 Then GoTo TRES
Text8.Text = "ID0"
Text7.Text = "ID1"
GoTo FIN
TRES:   Text8.Text = "ID1"
       Text7.Text = "ID2"
FIN:
List7.AddItem Text7.Text
List8.AddItem Text8.Text
IDEN = ID2 + ID1 + ID0
Text9.Text = IDEN
List9.AddItem Text9.Text
Next i
End Sub
```