



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“SISTEMA DE INFORMACIÓN Y CONTROL DE ACCESO BASADO EN
TECNOLOGÍA RFID”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

P R E S E N T A N

**ALEJANDRO CERVANTES NÁJERA
PABLO HERNÁNDEZ REYES
MIRIAM SANTIAGO JACOB**

ASEORES:

ING. ALEJANDRO VICENTE LUGO SILVA
M. en C. ROBERTO GALICIA GALICIA

MÉXICO, D.F. Noviembre 2008

Índice

Agradecimientos	iv
Alejandro Cervantes Nájera	iv
Objetivo General.....	vi
Objetivos Particulares	vi
Justificación	vi
Introducción	1
Capítulo 1- Identificación por radiofrecuencia (RFID)	2
1.1 Antecedentes	2
1.1.1 Conceptos básicos de RFID	4
1.1.2 Componentes RFID	4
1.1.3 Evolución Histórica	6
1.2 Aplicaciones	9
1.2.1 Aplicaciones de RFID en México.....	12
1.2.2 Tendencias Futuras.....	14
1.3 Fabricantes.....	19
1.3.1 Ejemplos de sistemas RFID y costos	21
Capítulo 2- Arquitectura de un sistema RFID	22
2.1 Etiquetas	24
2.1.1 Alimentación o Potencia	25
2.1.2 Etiquetas de lectura y lectura/escritura.....	26
2.1.3 Frecuencias y velocidades de transmisión.....	26
2.2 Lectores	28
2.3 Controladores y antenas	30
2.4 Características de un sistema RFID.	31
2.4.1 Tipos de comunicación.	31
2.4.2 Transferencia de datos.	31
2.4.3 Modulación.	32
2.4.4 Anticolisión.....	34
2.5 Seguridad a nivel de encriptación de datos.....	35
Capítulo 3-Hardware.....	37
3.1 Tarjeta de prueba RFID.....	37

3.1.1 Bloque de alimentación	38
3.1.2 Bloque de control.	38
3.1.3 Bloque de Lectura/escritura.....	39
3.1.4 Bloque de comunicación con la PC.....	44
3.2 Etiquetas RFID.....	45
Capítulo 4-Diseño del software de la aplicación.	46
4.1 Base de datos.....	50
4.2 Administrador.....	53
4.3 Entrada	64
4.4 Salida	66
Capítulo 5-Resultados.....	68
5.1 Programa del Administrador.	69
5.1.1 Agregar Usuarios.	70
5.1.2 Búsqueda de Usuarios	74
5.1.3 Actualizar Usuarios.	77
5.1.4 Eliminar Registros.....	80
5.1.5 Bitácora.....	83
5.2 Programa de Entradas.....	89
5.3 Programa de salida.....	92
5.4 Extravío de tarjeta RFID.....	96
Conclusiones.....	99
Costos de Proyecto	101
Referencias.....	103
Escritas	103
Electrónicas	103
Índice de Tablas	104
Índice de Imágenes	104

Agradecimientos

Alejandro Cervantes Nájera

Deseo expresar mi aprecio y agradecimiento a mis padres por el apoyo incondicional que nos brindaron en todos los aspectos que estuvieron a su alcance.

A nuestros asesores por su dedicación, comprensión y empeño, que se tradujo en un gran aliciente para no desistir y seguir adelante en este proyecto que logramos finalizar satisfactoriamente.

A mis compañeros de equipo que pusieron sus ganas y esfuerzo en todo momento, respaldándome con su trabajo y amistad.

Pablo Hernández Reyes

Es para mí un gusto utilizar este espacio para darle gracias a todas las personas que colaboraron durante esta tesis.

Debo agradecer de manera especial y sincera a mis asesores por aceptarme para realizar este trabajo bajo su dirección. Su apoyo, su confianza en mi trabajo y su capacidad para guiarme ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como ingeniero.

Al IPN que me albergo por tanto tiempo y con orgullo siempre llevare presente.

A mis compañeros de tesis, gracias por todos los momentos que hemos compartido, momentos llenos de risas, lágrimas pero sobre todo, amistad, gracias por soportarme y creanme que cada segundo quedará atesorado en mi corazón.

Y finalmente a la parte más importante en mi vida mi FAMILIA la que me ha brindado un soporte sin igual, la que ha sido partícipe de mis logros y fracasos, a mi hermana por hacerme sonreír cuando la presión era enorme, a mi abuelita por rezar tanto en las ocasiones necesarias, a mi tía que con sus consejos me alentaba a no rendirme nunca, principalmente a mi mama por todas esas noches en vela, por darme las palabras de aliento necesarias para

seguir adelante, por no dejar que abandonara mis sueños, por ser como es y quererme como soy GRACIAS.

Miriam Santiago Jacobo

Papi y Mami.

Estoy orgullosa de ser su hija, y les quiero agradecer por todo el apoyo que nos dieron. Hemos terminado juntos un ciclo de desvelos, esfuerzos y satisfacciones fue un camino largo pero con final feliz.

Gracias por que soy lo que soy gracias a ustedes.

Hermanos.

Ustedes mejor que nadie saben los momentos difíciles y gratos por los que pase durante estos años de estudio, gracias por comprender esos arranques que ocasionalmente atraviesa mi ser.

Team RFID Alejandro, Pablo.

Gracias, por estar en mi camino, por esos meses que nos vimos a diario, por valorar el verdadero significado de trabajo en equipo y de amistad.

Asesores.

Por haber compartido sus conocimientos y haber dedicado tiempo en nosotros.

Objetivo General

Diseñar un sistema de identificación por radiofrecuencia (RFID) que permita solucionar un problema de Ingeniería; e implementar el software necesario para garantizar la seguridad en el almacenamiento de los datos recolectados por el sistema.

Objetivos Particulares

- Identificar la arquitectura de un sistema de RFID
- Diseñar una aplicación basada en un sistema de RFID
- Diseñar la interfaz y el software necesarios para el funcionamiento del sistema RFID controlado desde una PC

Justificación

La tecnología RFID surgió en la Segunda Guerra Mundial y no había tenido auge. Sin embargo, hoy en día, el avance tecnológico, la disminución de costos y la disponibilidad de componentes de estos sistemas han permitido el desarrollo de aplicaciones en diversos sectores donde existan necesidades como automatización, control, seguridad, etc.

Por lo anterior, el equipo tiene el compromiso de diseñar e implementar un sistema de control de acceso utilizando tecnología de identificación por radio frecuencia en el estacionamiento del edificio uno de la ESIME Zacatenco, para brindar seguridad al personal que utiliza dicho servicio.

Introducción

La identificación por radio frecuencia (RFID), es una tecnología cuyos inicios datan desde la década de los 40, actualmente ha tenido auge en la distribución y almacenamiento de productos, ya que para realizar este tipo de identificación, se puede prescindir del contacto y vista directa entre el lector y el producto. Esta característica brinda gran flexibilidad, por lo que se puede aplicar a diversos sectores industriales, comerciales, y de salud por mencionar algunos.

Las empresas hoy en día, implementan este sistema por la confiabilidad, rapidez y seguridad que proporciona en el manejo de información, dejando atrás los controles y registros que se elaboran de forma escrita.

Por lo anterior, este proyecto se centra en la necesidad de tener un sistema de control de acceso, en el estacionamiento de la ESIME Zácatenco, con el fin de restringir el acceso a personas ajenas a la unidad, mejorar la seguridad y agilizar el tránsito de vehículos, que ingresan al estacionamiento de la Institución.

El capítulo 1 da un panorama general de la tecnología RFID, desde sus inicios, hasta sus más recientes aplicaciones, y menciona algunos de los fabricantes alrededor del mundo.

En el capítulo 2, se describen las características y el funcionamiento de los componentes que integran un sistema RFID.

En el capítulo 3 se explican los bloques de alimentación, control, lectura/escritura y comunicación con la PC, que integra la tarjeta de prueba RFID, así como las características de las etiquetas utilizadas para la identificación.

El capítulo 4, especifica el diseño del software realizado para el control de acceso al estacionamiento, el cual está compuesto por la interfaz de la tarjeta de prueba RFID y la PC.

El capítulo 5 muestra los resultados obtenidos en la etapa final del sistema, integrando la parte física y de programación.

Capítulo 1- Identificación por radiofrecuencia (RFID)

1.1 Antecedentes

La **RFID** (**R**adio **F**requency **I**dentity) es una tecnología de identificación por radiofrecuencias, que permite almacenar y enviar información de un objeto, animal o hasta de una persona. Se basa en la transmisión de datos por campos electromagnéticos y una identificación sin contacto visual directo, lo que permite que los procesos se agilicen de forma considerable, a diferencia de los sistemas de códigos de barras.

La tecnología de RFID es utilizada en sistemas que tienen la habilidad de transmitir una identidad única, utilizando las ondas de radio. La identificación por radiofrecuencia es una de las tecnologías "nuevas" aplicables, que se han orientado al sector de almacenamiento y distribución de información.

La consideración que se le da a esta tecnología como nueva es errónea, ya que su uso data de varias décadas atrás pero no se había explotado hasta nuestros días debido a los elevados gastos que esta implicaba.

Radiofrecuencia es un término que se refiere a la corriente alterna (AC) con características tales que, si ésta es alimentada a una antena, se genera un campo electromagnético adecuado para la transmisión de datos de modo inalámbrico.

Estas frecuencias cubren un rango significativo del espectro de radiación electromagnética (*Tabla 1.1*) desde 3KHz, frecuencia que se encuentra todavía dentro del rango captable por el oído humano, hasta miles de GHz.

La Identificación por radiofrecuencia utiliza el rango de acción de la radiofrecuencia para identificar y rastrear información sin la necesidad de un contacto directo entre el transmisor y el receptor. Sus componentes básicos son una etiqueta, dispositivo que contiene la información, y un lector que al entrar en contacto no directo con la etiqueta es capaz de leer la información contenida.

Tabla 1.1 Rango de Frecuencias.

Nombre	Abreviatura Inglesa	Banda ITU (Unión Internacional de Comunicaciones)	Rango de Frecuencias	Longitud de Onda
Extra Baja Frecuencia	ELF	1	3-30 Hz.	100.000 km. – 10.000 km.
Súper Baja Frecuencia	SLF	2	30-300 Hz.	10.000 km. – 1000 m.
Ultra Baja Frecuencia	ULF	3	300-3000 Hz.	1000 km. – 100 km.
Muy Baja Frecuencia	VLF	4	3-30 kHz.	100 km. – 10 km.
Baja Frecuencia	LF	5	30-300 kHz.	10 km. – 1 km.
Media Frecuencia	MF	6	300-3000 kHz.	1 km. – 100 m.
Alta Frecuencia	HF	7	3-30 MHz.	100 m. – 10 m.
Muy Alta Frecuencia	VHF	8	30-300 MHz.	10 m. – 1 m.
Ultra Alta Frecuencia	UHF	9	300-3000 MHz.	1 m. – 100 mm.
Súper Alta Frecuencia	SHF	10	3-30 GHz.	100 mm. – 10 mm.
Extra Alta Frecuencia	EHF	11	30-300 GHz.	10 mm. – 1 mm.

1.1.1 Conceptos básicos de RFID

La tecnología RFID corresponde a la clasificación de “sistemas de identificación automática” que se utiliza para identificar un producto, artículo, objeto o un ser vivo.

1.1.2 Componentes RFID

Para que la tecnología RFID funcione, se requiere de tres elementos básicos: una **etiqueta electrónica** con capacidad de almacenamiento de datos, un **lector de etiquetas** para codificar y decodificar los datos en el circuito integrado de la etiqueta y **una base de datos** capaz de almacenar información.

El propósito de una **etiqueta RFID** o etiqueta electrónica (*Figura 1.1*) es poder adherir a un objeto información de sí mismo. No hay un único modelo de etiqueta, sino que hay diferentes tipos según sus características, así como mecanismos empleados para almacenar los datos; la comunicación que utilizan para transmitir la información, o sus diferentes capacidades. Por lo que podemos realizar múltiples clasificaciones que nos ayuden a entender cómo afectan a su comportamiento o modo de trabajo.

Una etiqueta RFID está compuesta por una antena, un transductor de radio y un material encapsulado o microchip. El microchip almacena un número de identificación, una especie de matrícula, como por ejemplo el Electronic Product Code de Auto-ID Center, que se puede definir generalmente como código único (CU).

Pese a que el término etiqueta es el más utilizado coloquialmente, el que aparece en multitud de catálogos de fabricantes es transponder. La palabra “transponder” viene de las palabras en inglés TRANSmitter/resPONDER, términos que hacen referencia al funcionamiento de la tecnología.

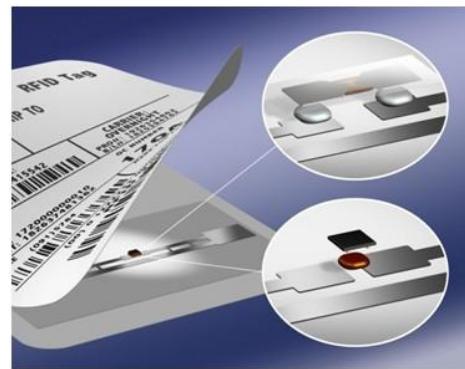


Figura 1.1 Etiqueta RFID.



Los **lectores RFID** (Figura 1.2) son los responsables de la lectura de las etiquetas RFID en un rango de acción determinado, y de la comunicación de los códigos con el sistema central. Su función principal es la de leer e incluso escribir en la etiqueta.

Figura 1.2 Lector RFID.

La **base de datos** (Figura 1.3) proporciona los medios de proceso y almacenamiento de datos referentes a una etiqueta RFID.



Figura 1.3 Base de Datos.

Un sistema RFID funciona de la siguiente manera:

El lector (que es el dispositivo que controla la lectura y la escritura de la información que se encuentra en la etiqueta) envía una serie de ondas de radiofrecuencia a la etiqueta, que son captadas por la antena de ésta. Las ondas activan el microchip, el cual a través de la antena y mediante ondas de radiofrecuencia transmite al lector el Código Único (CU) de identificación de la etiqueta, y en caso de que ésta tenga la característica de poder almacenar información extra, la escritura de información se lleva a cabo cuando la etiqueta modula el campo de radiofrecuencia que envía el lector. Posteriormente el lector se enciende y se apaga en una secuencia que es captada por el etiqueta y la registra en su memoria (como si se almacenaran ceros y unos).

En la lectura de información, el equipo lector envía una señal de interrogación hacia la etiqueta, la cual manda su CU de regreso hacia el lector, con el cual se puede accesar a una Base de Datos local o remota colocada en internet generalmente para obtener la información referente a esa etiqueta. Por este motivo, se dice que la tecnología RFID es una tecnología de auto-identificación.

1.1.3 Evolución Histórica

Esta tecnología tuvo sus inicios en 1939 y su intención era totalmente distinta a la actual, ya que su uso era militar con el Transpondedor de IFF (Identificación Amigo Enemigo *Figura 1.4*) utilizado por los británicos en la Segunda Guerra Mundial, para identificar y distinguir los aviones que regresaban a su base y los aviones enemigos que los atacaban desde las costas de Francia (aproximadamente a unos 40 km de distancia).

Este sistema constaba de una antena instalada en el fuselaje de los aviones para que éstos pudieran responder a una señal de interrogación, con el fin de que pudieran ser identificados de manera única y no por los radares que detectaban el movimiento de ellos, muchas veces ya cuando estaban próximos a atacar y en la mayoría de veces, en grandes cantidades.



Figura 1.4 Identificación de aviones.

Pues bien, con este sistema era posible identificar de manera inmediata si un avión aliado era seguido de uno enemigo.

Pero esa tecnología no quedó ahí, ya que es la base del sistema de control de la aviación actual.

En los años 50, distintos sectores tecnológicos en radiofrecuencia comenzaron a ser impulsados, como los sistemas transmisores con un alcance cada vez mayor. Con la ayuda de trabajos creados por investigadores, inventores y científicos, la tecnología RFID comenzaba a ser vista como una solución a los problemas presentes en la evolución de la sociedad humana.

La siguiente década fue considerada como antecedente al auge de esta tecnología, ya que se realizaron diversos artículos y la actividad comercial alrededor de estos sistemas se fue incrementando. La primera aplicación en la actividad comercial para estos sistemas fue el EAS (Sistema Electrónico de Vigilancia) para detectar los robos en almacenes grandes. Su funcionamiento era sencillo, ya que hacia la lectura de un bit de información dentro del radio de acción del lector para localizar una etiqueta; cuando los lectores encontraban a una etiqueta no desactivada

se emitía una señal de alarma. Aunque este proceso tenía sus limitaciones, era económico y efectivo por lo cual se extendió su uso.

En los años 70, los avances fueron notables gracias a las aportaciones de distintas Instituciones científicas como Los Alamos Scientific Laboratory, Northwestern University y el Microwave Institute Fouandation de Suecia. Las aplicaciones se enfocaron al seguimiento y automatización.

A la llegada de los 80, ya se contaba con una base de investigación y aplicación de esta tecnología la cual variaba dependiendo de los intereses de los países. Por citar algunos ejemplos: Estados Unidos se encaminó hacia los servicios de transporte (cobros por medio de tarjetas con una etiqueta incluida, la cual contenía información del saldo disponible para hacer uso de ella), accesos de personal en empresas e industrias para tener un mejor control sobre el personal, y en menor grado de proyección, en tratamiento e identificación de animales (como el control de mercancía que se hacía en los almacenes en los años 60).

En países europeos como Francia, Portugal, España e Italia, los campos de aplicación de la tecnología RFID se enfocaban a la industria y en el control de objetos (animales, personal, máquinas, etc). La empresa Compaq incorporó etiquetas para el seguimiento de componentes de computadoras.

Ya en los años 90, Estados Unidos empezó a emplear los sistemas RFID para el pago electrónico en casetas de peaje (Tarjetas IAVE); mientras tanto en Europa se hacían más investigaciones en este campo desarrollando controles de acceso y billetes electrónicos.

Por otra parte, Texas Instruments estaba innovando con su control de encendido de automóviles; posteriormente Philips agregó el control del combustible y el control de acceso al vehículo. La aceptación de esta tecnología fue tan grande que se extendió por Asia, África, Sudamérica y Australia.

En el 2003, el líder del menudeo mundial, el grupo estadounidense Wal-Mart, comenzó a pedirle a sus proveedores que equiparan sus productos con etiquetas que contaran con tecnología de identificación por radiofrecuencia, esto para hacer mejoras en el ámbito productivo, a esta iniciativa se le sumaron las compañías Metro y Tesco. Después de ver los beneficios que este tipo de sistemas traía, los fabricantes decidieron incorporar el sistema RFID a sus productos, así que Nestlé, Henkel, Procter & Gamble y Gillette actualmente cuentan con más de 500 mil chips implantados en sus productos.

Capítulo1.- RFID

Durante 2007, el mercado de la tecnología RFID generó a nivel mundial ingresos por valor de 917 millones de dólares y aumentará en los próximos años hasta alcanzar los 3 500 millones de dólares en 2012. Estas cifras hacen ver el potencial de crecimiento enorme que tiene RFID. Se estima alcanzar 11 040 millones de dólares en 2016. La gráfica se muestra en la (*Figura 1.5*).

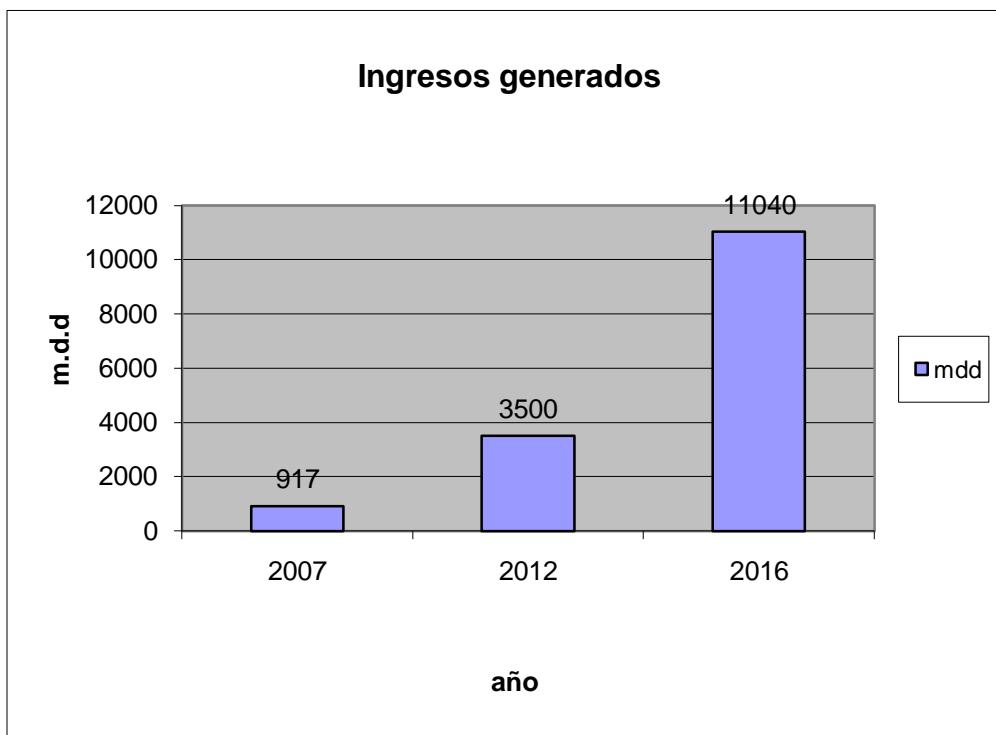


Figura 1.5 Ingresos generados a nivel mundial por RFID.

1.2 Aplicaciones

El desarrollo principal de RFID se enfoca a bajar costos y a tener un mayor control en los diferentes bienes de consumo, por esta razón es usada en un sin número de industrias y servicios de los cuales trataremos a continuación (*Tabla 1.2*). Los sectores que actualmente tienen un gran éxito utilizando este tipo de sistemas son:

Administración de cadena de suministros. Hace referencia a la administración de toda la cadena de abastecimientos, almacenes.

Las grandes empresas y cadenas comerciales de abastecimiento continuamente están en búsqueda de tecnologías que les permita aumentar sus márgenes de utilidad y mejorar el servicio a clientes, esta es la razón por la cual han implantado la tecnología RFID

WAL MART es la primera empresa distribuidora de productos de consumo que ha tenido una considerable intervención en la tecnología RFID a nivel mundial. (*Figura 1.6*)



Figura 1.6 WALMART, primera tienda de autoservicio en implementar RFID.

Procesos de manufactura. Aquí el objetivo principal es desarrollar metodologías que faciliten los procesos de producción.

El mercado de accesorios automotrices es interesante para la tecnología RFID, ya que permitiría identificar más fácil y rápidamente materiales en proceso de reciclaje, evitaría falsificación y robo.

RFID ya se ha incorporado en la *industria automotriz* en los procesos de ensamblaje, producción de componentes, partes y refacciones. (*Figura 1.7*)



Figura 1.7 Proceso de ensamblaje en la industria automotriz.

Administración de activos. Es un área donde se puede controlar la ubicación de activos como máquinas, herramientas, muebles, etc. desde que llegan a la empresa; también se puede tener un control de los movimientos de entrada y salida en cualquier momento, ya que la base de datos se actualiza constantemente y gracias a esto se pueden activar alarmas cuando un activo no tenga la autorización de salida.

Capítulo1.- RFID

Boeing Co. Y Airbus utilizan esta tecnología, marcando piezas de aviones para facilitar el seguimiento al momento de dar mantenimiento o de remplazarlas y para identificar las aeronaves y todas sus herramientas, (*Figura 1.8*).



Figura 1.8 Identificación de aeronaves.

Seguridad y control de acceso.

Actualmente se utiliza para controlar la entrada en zonas de acceso restringido o de alto riesgo, en laboratorios, escuelas y aeropuertos.

Desde marzo del 2004, la administración del Transporte Aéreo de Canadá (CATSA) utiliza tarjetas inteligentes equipadas con RFID que permiten el control de acceso físico. En ese mismo año, pero en el mes de septiembre, la universidad de Rikkyo en Tokio puso a prueba un sistema para controlar la hora exacta de salida y entrada de los estudiantes del recinto.

Usos al consumidor.



Revolución móvil: En marzo del 2004 Nokia introdujo una serie de accesorios que implementaban RFID (*Figura 1.9*).

Nokia RFID es un teléfono móvil GSM que permitía la lectura de etiquetas electrónicas para uso en la cadena de suministros.

Figura 1.9 Nokia RFID.

Deportes y entretenimiento.

RFID se ha utilizado por los organizadores de maratones, un ejemplo es el maratón de Boston de 2004 (*Figura 1.10*), donde se utilizaron etiquetas llamadas ChampionChip colocadas en los zapatos de los atletas para registrar su tiempo a lo largo de la carrera en abril del mismo año en el maratón de Londres, se usó esta tecnología para registrar la posición en que terminaban los atletas.



Figura 1.10 Etiquetas RFID en deportes (control de tiempos).



Figura 1.11 Pulsera RFID (etiqueta).

Ayudar a padres para vigilar a sus hijos.

En algunos parques recreativos como Legoland en Dinamarca, los visitantes pueden rentar en la administración del parque pulseras con tecnología de RFID (*Figura 1.11*) para conocer la ubicación exacta de niños y ancianos en especial, y así garantizar su seguridad.

Tabla 1.2 Sectores que actualmente utilizan RFID.

Sector	Descripción
Administración de cadena de suministros.	<ul style="list-style-type: none"> RFID ha permitido dar seguimiento en tiempo real a productos dentro de una cadena de suministros y así tener un control desde la fabricación hasta la distribución, con mínimos errores. <i>Reducir los costos de mano de obra y de tarifas de servicio de inventario.</i> <i>Reducción de robos</i> que se presentan en tiendas de supermercados. <i>Reducción en las condiciones de falta de surtido</i>, esto es, cuando se quieren realizar compras y el artículo no está en existencia, esto provoca pérdidas en los ingresos de la tienda.
Procesos de manufactura	<ul style="list-style-type: none"> La industria automotriz ha incorporado RFID para ofrecer un mejor desempeño: Trazabilidad de vehículos. Administración de flotillas. Reducción de falsificaciones. Seguimiento de pedidos. Reducción de tiempos de surtido de refacciones. Administración e información posterior a la venta.
Administración de activos.	<ul style="list-style-type: none"> Actualización de la ubicación de los equipos Consulta de datos del activo. Consulta de disponibilidad.
Seguridad y control de acceso.	<ul style="list-style-type: none"> RFID proporciona información en el seguimiento en tiempo real de personas o materiales.
Usos al consumidor.	Considera identificación de personal, innovadores sistemas de pago, cajeros automáticos y pagos de servicio.

1.2.1 Aplicaciones de RFID en México

Tarjetas Inteligentes en el metro de la Ciudad de México.

El Metro de la Ciudad de México, es un sistema de transporte público que sirve a extensas áreas del Distrito Federal y parte del Estado de México.

Con el objetivo de agilizar el acceso a las estaciones y desaparecer paulatinamente el uso del boleto de papel, se introdujo como método de cobro el uso de tarjetas inteligentes (*Figura 1.12*).

Durante junio de 2006, se vendieron al público en general 12 mil tarjetas con un costo de \$300. Tres meses después, en septiembre de 2006 se vendieron 5 500 tarjetas con un costo de \$200. Durante 2006 y 2007 únicamente se habilitaron 2 torniquetes por estación para accesar con este sistema de cobro. La recarga de la tarjeta únicamente se realizaba en las estaciones: Zaragoza, Chapultepec, Zócalo, Hidalgo y Universidad. En 2007 comenzó la modernización de los torniquetes y taquillas de todas las estaciones del sistema. Esta modernización consistió en colocar dispositivos de lectura/escritura para el uso de tecnología RFID empleada en las tarjetas inteligentes. El 27 de febrero de 2008 comenzaron a venderse de manera regular en taquillas con un valor de \$10, sin incluir viaje alguno, por lo que el usuario tendrá que cargarla en taquillas.

Acceso con la tarjeta inteligente

- a) Se Localiza el torniquete identificado con el lector validador, disponible en 175 estaciones.
- b) Para ingresar, se acerca la tarjeta al lector, ubicado en la parte superior del torniquete.
- c) Se puede ingresar por el torniquete cuando enciende la luz verde.
- d) Puede conocer y dar seguimiento al saldo de la tarjeta recargable al momento de ingresar por el torniquete, observando la pantalla ubicada en la parte superior del mismo.

Se estima un ahorro aproximado de \$67 000 000 por la reducción del tiraje de boletos de papel con emulsión magnética y mantenimiento de torniquetes.



Figura 1.12 Tarjeta Inteligente con tecnología RFID.

Tecnología RFID en el Metrobús de la Ciudad de México.

El transporte público MetroBús, utiliza una tarjeta electrónica (*Figura 1.13*). Es una tarjeta (sin contacto) y es la opción que están tomando los sistemas más modernos de transporte masivo a nivel mundial, porque garantiza mayor rapidez y seguridad en el acceso.



Figura 1.13 Tarjeta Electrónica utilizada en el MetroBús.

Al adquirirla, tiene un costo de \$12.50 pesos que incluye un depósito reembolsable por la tarjeta de \$8.00 y un viaje en Metrobús de \$4.50. Posteriormente se puede recargar por el número de viajes o por el monto que más se adecúe a sus necesidades.



Figura 1.14 Acceso al MetroBús con tarjeta Inteligente

El acceso al transporte se da mediante la tarjeta sin contacto directo al lector (*Figura 1.14*). Se cuentan con 94 máquinas expendedoras-recargadoras automáticas en estaciones y terminales.

Sistema de inventario para la biblioteca del Colegio Inglés.

Como parte de un proyecto para la materia de Ciencias, 11 alumnos del Colegio Inglés participaron, junto con alumnos del Tecnológico de Monterrey y la empresa Avance Inteligente, en la implementación de la tecnología RFID en los libros de la biblioteca (*Figura 1.15*).

El proyecto consiste en rastrear e identificar libros utilizando la tecnología de RFID. La idea de implementar esta tecnología en una biblioteca, fue porque han observado que en Estados Unidos ofrece múltiples beneficios que ofrece esta tecnología.



Figura 1.15 Estudiantes del Colegio Inglés utilizando RFID.

1.2.2 Tendencias Futuras

El mercado de RFID es muy prometedor, como ya se ha venido mencionando, RFID se puede utilizar de distintas maneras: por ejemplo, para localizar productos en una cadena de suministro; para localizar equipajes en un aeropuerto o para gestionar los libros en una biblioteca; también se pueden usar para identificar envíos de cartas, paquetes en correos o agencias de transporte. Los chips identificadores de animales y mascotas, también son de este tipo.

Pero sin duda alguna, hasta ahora la aplicación más importante que existe hoy en día, es la logística (*Figura 1.16*). La tecnología RFID aplicada a productos en logística tiene un objetivo básico: permitir que todos los agentes que participan en la cadena de suministro puedan tener un producto localizado y controlado (un concepto que los estadounidenses han bautizado como supply chain visibility). Ello permitirá:



Figura 1.16 Logística.

- Aumentar la eficiencia de la cadena de distribución.
- Reducir errores en la información acerca de los productos.
- Tener un mayor control sobre la calidad de los productos.
- Tener mayor control sobre el stock almacenado.
- Liberar a personal de tareas mecánicas para que puedan realizar labores más complicadas.
- Mejorar el tiempo de respuesta de todos los agentes.
- Tener información real e inmediata sobre las tendencias de venta de un producto.
- Evitar largas filas en los comercios.
- Evitar los pequeños hurtos en los comercios.

Dando un panorama más amplio de las posibles aplicaciones de esta tecnología, a continuación se abordarán una a una las áreas actuales en las que se están implementando los sistemas RFID.

Supermercados.

El seguimiento de los alimentos frescos con la tecnología RFID aplicada conjuntamente con los sensores que miden temperatura y otros atributos, permite la identificación de lotes de comida caducos ó de mala calidad (*Figura 1.17*). La comida y productos



Figura 1.17 Garantizar frescura en los alimentos.

personales que constituyen entre el 15 y 20% de las ventas de la mayoría de los supermercados, representan aproximadamente el 30% de utilidades y son los artículos más robados; esto podría cambiar si esta mercancía estuviese marcada con una etiqueta de RFID.

Otra mejora que podría darse empleando la identificación por radiofrecuencia en los supermercados es la de poder personalizar y exhibir ventas especiales de acuerdo a los hábitos de los clientes de cada región.

Servicios de paquetería.

Habitualmente cuando una persona desea enviar un paquete, asigna un número de seguimiento, se imprime una hoja de ruta, que es el documento del embarque para el cliente, y se crea una etiqueta con el mismo número de seguimiento pero codificado que posteriormente se coloca sobre el empaque (código de barras) (*Figura 1.18*). Este código se lee cuando se recolecta el paquete, y a través del proceso de clasificación, cuando llega la estación de la ciudad destino, sobre el vehículo de entrega, y por último al llegar al destinatario.



Figura 1.18 Seguimiento en los servicios de paquetería.



Figura 1.19 Control en almacenes.

Dicho proceso consume mucho tiempo, ya que se requiera manipular cada paquete manualmente para escanear la etiqueta con la pistola que lee el código de barras, a fin de mantener al día con el estado y ubicación del paquete a la persona que realizó el envío. En cambio, si se emplearan etiquetas RFID, el proceso se agilizaría (*Figura 1.19*) ya que para la identificación de los paquetes no sería necesario tener una línea de vista con el lector del código o etiqueta.

Industria Aeronáutica.

Enfocado a la seguridad de los aeropuertos, con la implantación de la identificación de etiquetas por radiofrecuencia se pretende proporcionar la capacidad para tener el control de los pasajeros agilizando las tareas que competen a la revisión y a la seguridad de éstos.

Las etiquetas RFID en el equipaje brindan información (como identidad del pasajero,



Figura 1.20 Etiquetas RFID en los equipajes.

Capítulo1.- RFID

nacionalidad, origen o destino) cuando éste pasa a través de puntos de lectura. Así las tareas de manejo de equipaje, seguridad y seguimiento son más fluidos y precisos (*Figura 1.20*). También sería más fácil identificación de viajeros frecuentes, ofreciéndoles privilegios especiales tales como: no hacer fila durante el proceso de abordaje, asignación de un lugar preferente dentro del avión, atención especial, etc.

Sector Gubernamental.

Las aduanas podrían escanear los embarques entrantes en los aeropuertos y los puertos marinos para identificar la ruta del origen, y todo el recorrido de cada paquete dentro del contenedor.

Los camiones y vehículos fronterizos podrían ser identificados con las etiquetas RFID del gobierno registradas en una base de datos para que proporcionen la información relevante del vehículo, para que su tránsito se aligere y el tráfico se reduzca (evitando revisiones físicas del papeleo) (*Figura 1.21*). De igual forma, las tarjetas de paso de frontera que cuenten con la tecnología RFID permitirán obtener información más detallada sobre cada individuo, así como tener control de las personas que se encuentran en uno u otro país.



Figura 1.21 Tráfico en pasos fronterizos.

Los gobiernos están comenzando a implementar en los pasaportes y visas, etiquetas de RFID para guardar expedientes más exactos del tráfico de personas entrantes y salientes de un país (*Figura 1.22*).



Figura 1.22 Pasaportes con etiquetas RFID.

Ámbito Escolar.

Como ya se ha mencionado, RFID es de gran ayuda en cuanto a control de acceso y tráfico e identificación de personas; una útil aplicación de este tipo de control sobre alumnos, se da durante las excursiones ó salidas de la escuela, que es cuando existe mayor riesgo de que alguno de los alumnos se pierda. La vigilancia que deben llevar a cabo los profesores y padres de familia que apoyan durante las excursiones puede ser complementada y mejorada con un sistema lector



Figura 1.23 Control de alumnos en excursiones.

de etiquetas portátil, el cual funcionaría de la siguiente manera: cada uno de los vigilantes llevaría consigo un dispositivo portátil tipo PDA con un lector de etiquetas RFID (de tipo activas para asegurar un rango mayor de cobertura en cuanto a la lectura de éstas), el cual lee constantemente las señales emitidas de las etiquetas RFID que llevan cada uno de los alumnos. De esta forma no es necesario estar haciendo conteos en grupos pequeños evitando así la pérdida de tiempo y agilizando el desarrollo de la excursión. En el momento que el lector detecta la ausencia de una de las etiquetas el programa que se ejecuta en la PDA, le avisa al profesor que un alumno se alejó o se perdió (*Figura 1.23*).



Figura 1.24 Credenciales escolares con RFID.

Otra aplicación de ésta tecnología es el uso de etiquetas en las credenciales escolares. (*Figura 1.24*) con ello se puede evitar el llenado de formas al realizar trámites dentro de la institución, ya que bastara solamente de la credencial para poder obtener un historial del alumno, así como sus datos curriculares; matrícula; cuántas faltas han cometido, etc.

Como ya se ha mencionado, el control de objetos (almacenaje) también es posible. Que mejor ejemplo y área de aplicación para RFID que dentro de una biblioteca (*Figura 1.25*). El proceso de seguimiento de libros y el control de préstamos involucra bastante trabajo manual administrativo, a pesar de que en algunas instancias se utiliza el tradicional código que barras para ayudar a agilizar el proceso. La tecnología RFID puede ofrecer características adicionales a este servicio como:



Figura 1.25 RFID en las bibliotecas escolares.

Procesamiento eficiente: cada libro prestado contiene una etiqueta que permite verificar en tiempo real, el registro de los artículos que entran y salen de la biblioteca sin necesidad de intervención humana para su registro. Por ejemplo, cuando un libro es depositado en el área de devoluciones, es leído por un lector de etiquetas RFID que transmite la información actualizada a los sistemas de la biblioteca, actualizando la base de datos y notificando que el libro ha sido devuelto (junto con el día y la hora de su devolución).

Seguridad: si un libro etiquetado no ha pasado por la caja e intenta salir por cualquier otro lado, éste será detectado por la antena de RFID con la posibilidad de accionar sistema de seguridad ó alarma.

Administración de inventario: el inventario físico se podría hacer en pocas horas gracias a las etiquetas RFID en cada uno de los libros, ya sea usando una terminal lectora portátil o una fija, que permitirá hacer un escaneo para obtener los datos de los libros que se encuentran en esa área o estante.

Medicina.

Anteriormente, se tenía conocimiento de que varios estados de México reportaban pérdidas millonarias por medicinas caducas, por lo que el control en esa área puede ser mejorado empleando la tecnología RFID: si se coloca un chip en cada medicamento desde que sale del laboratorio farmacéutico, es posible tener un seguimiento de éste hasta que sea vendido. Ya que la tecnología de código de barras maneja lotes, es más difícil el control por unidad (en este caso por caja de medicamento).

Por otro lado, usando pulseras con etiquetas RFID en los pacientes de un hospital (*Figura 1.26*), sería posible tener un control de su historial, datos generales, su estado actual, en fin, cualquier dato que el médico requiera con tal solo pasar por encima de la pulsera un lector de RFID, el cual con acceso a la base de datos pueda proporcionar toda esta información de manera rápida, evitando así grandes cantidades de formas e históricos clínicos.



Figura 1.26 Tecnología RFID en hospitales.



Figura 1.27 RFID en seres vivos

Los implantes de etiquetas RFID en seres vivos permitirían automatizar algunas cosas que van desde abrir puertas, automóviles o identificar mascotas (*Figura 1.27*).

1.3 Fabricantes

En el campo del diseño de sistemas RFID la investigación es un punto primordial. Muchas empresas han realizado grandes inversiones en esta tecnología. Comentaremos la situación actual de conocidos fabricantes, pero existen muchos otros.

- **TAGSYS**

TAGSYS es el líder mundial en sistemas RFID y etiquetas a nivel artículos (dispositivos); diseña, fabrica e integra (de extremo a extremo) sistemas RFID e infraestructura para la conexión y seguimiento electrónico de mercancías. Además proporciona a sus clientes sistemas de seguimiento como automatización de procesos de mando de obra; autenticación y protección de bienes materiales; y permitir realizar inventarios en tiempo real. TAGSYS está estratégicamente situado en los EE.UU. (Boston y Filadelfia), en Europa (Francia) y Asia-Pacífico (Hong Kong).

- **Texas Instruments**

TI es otro de los grandes impulsores de RFID. TI es una empresa norteamericana con sede en Dallas, posee un surtido completo de productos para todas las frecuencias.

Tienen por un lado, productos que trabajan a bajas frecuencias (125 KHz). La familia Etiqueta-it HF-I que trabajan a 13.56MHz y son compatibles con ISO 15693 y 18000-3. Los distintos modelos presentan diferentes configuraciones de antenas y formas de la etiqueta.

- **Intermec**

Intermec Inc. (NYSE:IN) desarrolla, fabrica e integra las herramientas más sofisticadas para una cadena de suministro totalmente coordinada. Entre sus tecnologías principales, se encuentran la RFID, los sistemas de informática móvil y de captura de datos, las impresoras de códigos de barras y las etiquetas. La sede central de Intermec se encuentra en Washington EE.UU y tiene ubicaciones en México DF.

- **Kimaldi Electronics**

Fabrica y distribuye sistemas de control de acceso y control de presencia, sistemas biométricos, lectores de huella digital, RFID, lectores magnéticos, tarjetas inteligentes e impresoras de tarjetas. Cuenta con una amplia gama de productos para la implementación de sistemas RFID, así como la opción de que ellos mismo realicen la implementación de algún sistema que se necesite para una aplicación específica. Kimaldi tiene centrales en España México y Portugal.

- **ID Innovations**

ID Innovations fue fundada en 1993 para ofrecer bajo costo, hardware de alto rendimiento y soluciones de software para el área de identificación.

El mercado está siempre cambiando y continuamente creciendo requiriendo productos para evolucionar y fabricantes que entiendan estas necesidades. Todos los productos de ID Innovations muestran un compromiso con la excelencia de ingeniería y atención a detalle. Su tarjeta lectora magnética inteligente en 1993 establece el estándar para todos los demás que trataron de emular, en nombre y función.

Los productos USB de ID Innovations son únicos en su tipo, versátiles y fáciles de usar. Desde las más simple hasta lo más exigente de las aplicaciones, ID Innovations ofrece productos que están a la altura de las circunstancias.

El personal de soporte técnico tiene todas las respuestas para las necesidades de tecnología de identificación. Con el fin de mejorar los productos y servicios, reciben cualquier comentario y sugerencia que el consumidor pueda tener, su meta es convertirse en su socio o aliado para ofrecer soluciones a las necesidades de tecnología de información.

Ofrecen valor superior a través de productos, excelente técnica, apoyo en ventas, y un verdadero interés en el éxito de sus consumidores.

ID innovaciones es una empresa innovadora y líder en su ramo.

1.3.1 Ejemplos de sistemas RFID y costos

A continuación (*Tabla 1.3*) se describen algunos productos RFID que se encuentran en el mercado, debido a que México cuenta solamente con distribuidores de países como Estados Unidos, Australia, China, es difícil obtener costos de los productos.

Tabla 1.3 Sistemas RFID

	Descripción	Fabricante	Costos
Lectores	TRF7960 ✓ Frecuencia de 13.56MHz ✓ Solo lectura	Texas Instruments	\$68.00
	RI-RFM-007(Módulo de radio frecuencia) ✓ Frecuencia de 134.2KHz	Texas Instruments	\$3132
	Demo board V3.0 Módulos ✓ Frecuencia de 134.2KHz ✓ Frecuencia de 125KHz	ID Innovations	\$
Etiquetas	RF-HDT-DVBB-N1 ✓ Frecuencia de 13.56MHz ✓ Memoria 2048bits.	Texas Instruments	\$20
	RI-INL-R9QM ✓ Frecuencia de 134.2KHz ✓ Memoria 64bits. ✓ Solo lectura	Texas Instruments	\$30 (100 unidades)
	Code Label ✓ Frecuencia de 13.56MHz	Philips	\$15

Capítulo 2- Arquitectura de un sistema RFID

Un sistema RFID básico contiene 2 elementos: etiquetas y lectores. La etiqueta es el elemento que identifica y el lector es el mecanismo que permite leer dicha etiqueta.

Con RFID es posible hacer lecturas simultáneas de objetos, productos, vehículos o personas, haciendo más eficientes los procesos de identificación, y para esto no es necesario que la etiqueta del producto esté en línea con el lector. Para que lo anterior se pueda entender fácilmente, a continuación se explica el proceso que sigue esta tecnología (*Figura 2.1*):

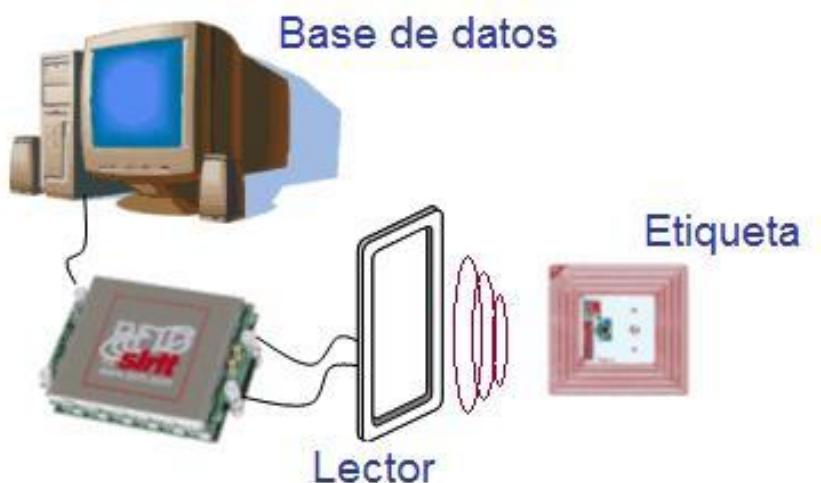


Figura 2.1 Proceso de la tecnología de RFID

1. El lector envía una serie de ondas de radiofrecuencia a la etiqueta y son capturadas por la micro antena que la posee.
2. Las ondas activan el chip, el cual, a través de la micro antena y mediante ondas de radiofrecuencia, transmite al lector la información que tenga en su memoria.
3. Finalmente, el lector recibe la información que tiene la etiqueta y lo envía a una base de datos en la que previamente se han registrado las características del producto, o puede procesarlo según convenga a cada aplicación.

La comunicación tiene características específicas en cuanto a alcance, velocidad y seguridad según el rango de frecuencia, el tipo de antena utilizada, el tipo de etiquetas y otros parámetros. En equipos RFID podemos encontrar sistemas que permiten leer varias etiquetas al

mismo tiempo, siempre y cuando éstas se encuentren en el rango de alcance del lector. Si esto sucede y al menos dos de ellas comienzan a transmitir información simultáneamente, se produce una colisión.

Cuando ocurre una colisión (*Figura 2.2*), el lector detecta esta situación y frena la transmisión de las etiquetas durante un tiempo breve. Posteriormente responderán cada una por separado por medio de un algoritmo de selección.

El funcionamiento de los dispositivos de RFID se realiza entre 50 KHz y 2.5 GHz. Las unidades que funcionan a bajas frecuencias (50 KHz-14 MHz) son de bajo costo y corto alcance, resistentes al "ruido" entre otras características. No se requiere licencia para operar en este rango de frecuencias. Las unidades que operan a frecuencias mayores (14 MHz - 2.5 GHz) son sistemas de mayor costo y tecnología más compleja; tampoco requieren licencias para operar.

La carga electromagnética que una antena lectora de RFID llega a producir es menor a la que produce un teléfono celular¹ (hasta una quinta parte menor); lo cual significa que cinco antenas situadas cerca de una persona generarán menor carga que un teléfono. Lo anterior es de importancia mencionarlo debido a la preocupación que esta tecnología ha generado respecto a que pueda producir cáncer, y cabe mencionar que en la práctica es poco probable situarse próximo a dos o más antenas a la vez, por lo que las emisiones electromagnéticas no son perjudiciales para la salud.

Para la creación de un sistema RFID, hay que considerar factores como:

- El rango de alcance donde se puede mantener la comunicación.
- La cantidad de información que puede almacenar la etiqueta.
- La velocidad de flujo de datos que podemos obtener entre lector y etiqueta.
- El tamaño físico de la etiqueta.
- La habilidad del lector para mantener la comunicación con varias etiquetas a la vez.
- La robustez que ofrece la comunicación a posibles interferencias de materiales entre el lector y la etiqueta.

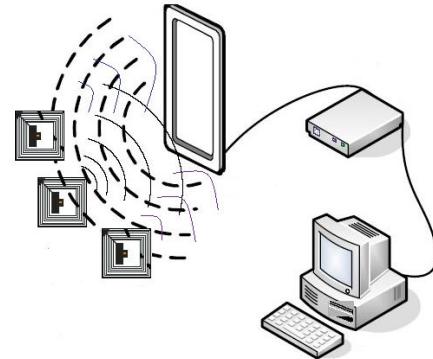


Figura 2.2 Colisión producida por transmisión de información de más de 2 etiquetas simultáneamente.

¹ La mayoría de teléfonos móviles manejan 2 intensidades de señal, a 0.3 watts. y 3 watts. ("HowStuffWorks" - <http://electronics.howstuffworks.com/cell-phone2.htm>)

2.1 Etiquetas

Actualmente existen diferentes tipo de etiquetas como: tipo botón, tipo chip, tipo etiqueta auto adherible y tipo encapsulado (*Figura 2.3*).

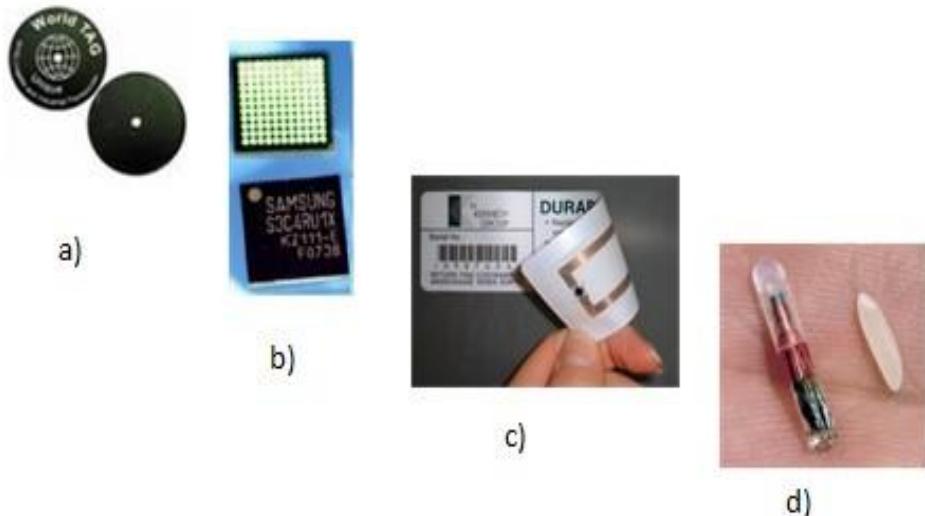


Figura 2.3 Tipos de etiquetas más comunes: a) tipo botón (con aproximadamente 1.5 cm de diámetro), b) tipo chip (desde 5 mm por lado), c) tipo etiqueta auto adherible (tamaño variable) y d) tipo encapsulado (aproximadamente 8mm de largo).

Los componentes básicos de una etiqueta son:

- Una memoria no volátil donde se almacenan datos.
- Una memoria ROM donde se almacenan instrucciones básicas para su funcionamiento, como son temporizadores, controladores de flujo de datos, etc.
- También puede incorporar memoria RAM para almacenar datos durante la comunicación con el lector.
- La antena por la cual detecta el campo creado por el diseñador de la aplicación y de la que extrae energía para su comunicación con el lector.
- Otros componentes electrónicos que procesan la señal de la antena, y para procesamiento de datos, tales como buffers, filtros, etc.
- La etiqueta contiene información que puede utilizarse solo para leer, o para leer y escribir.

2.1.1 Alimentación o Potencia

Para su activación, las etiquetas requieren cantidades pequeñas de energía (micro watts μW). Dependiendo de la fuente de obtención de la misma, se catalogan en:

- **Pasivas.**- Las que no tienen fuente de alimentación propia, únicamente se alimentan de la energía del campo magnético generado por el lector.

La falta de una fuente de alimentación propia hace que el dispositivo pueda ser bastante pequeño. En la práctica, tienen distancias de lectura que varían entre unos 10 milímetros hasta cerca de 6 metros.

Como las etiquetas pasivas son mucho más baratas de fabricar y no necesitan batería, la gran mayoría de las etiquetas RFID existentes son del tipo pasivo.

- **Activas.**- Aquellos sistemas que precisan mayor energía, la obtienen mediante baterías. Este tipo de etiquetas tienen la ventaja de poseer un alcance mayor y no necesitan que el lector sea quien inicie la comunicación. Sin embargo, su vida útil es limitada y el costo es mayor (puede alcanzar un precio cinco veces más alto que una etiqueta pasiva).

Pueden tener rangos mayores y memorias más grandes que las etiquetas pasivas; así como la capacidad de poder almacenar información. Actualmente, las etiquetas activas más pequeñas tienen un tamaño aproximado de una moneda. Muchas etiquetas activas tienen rangos de alcance de lectura de diez metros.

En la *tabla 2.1* resumimos algunas de las principales características de ambos tipos de etiqueta.

Tabla 2.1 Comparativa de etiquetas de tipo activas y pasivas.

	Etiqueta pasiva	Etiqueta activa
Alcance	0.1 - 10 m	10 - 100 m
Alimentación	Campo RF	Batería o mixta
Sensores (temperatura etc.)	No	Si
Tiempo de vida	Ilimitado	Limitado por la batería
Dimensiones	Pequeño	Grande
Tipo de comunicación	Señalización pasiva	Señalización activa o pasiva

2.1.2 Etiquetas de lectura y lectura/escritura.

También las etiquetas pueden ser de sólo lectura o de lectura-escritura. Esto es, una vez que una *etiqueta de sólo lectura* ha sido programada (bien sea durante su manufactura, o previamente a su primer uso) con un código de identificación único, éste no puede ser cambiado.

Las *etiquetas de lectura-escritura* ofrecen la habilidad de contar con información actualizada cada vez que ocurre determinado evento y por lo tanto, son aplicables para requerimientos de información variable.

2.1.3 Frecuencias y velocidades de transmisión

También es de importancia clasificar a las etiquetas de acuerdo al rango de frecuencias en que operan, es decir el rango en el que se comunican con el lector:

- **LF.**- baja frecuencia (*Low Frequency*) en el rango de 120 kHz.-134 kHz. Estas etiquetas tienden a ser muy utilizados en accesos a edificios.
- **HF.**- alta frecuencia (*High Frequency*) en el rango de 13.56 MHz. La desventaja de estas etiquetas es que su frecuencia tiene un alcance de lectura bajo, generalmente del orden de 30 centímetros. Ofrecen como ventaja ser de lectura fácil y sin problemas en presencia de agua.
- **UHF.**- ultra alta frecuencia (*Ultra High Frequency*). Funcionan en el rango de 868 MHz.-956 MHz. Las etiquetas de RFID de *UHF* usualmente se emplean en la cadena de suministros. Uno de los beneficios más grandes de las etiquetas *UHF* pasivas es que tienen un rango mayor a tres metros y pueden leer cientos de etiquetas simultáneamente. Sin embargo, no pueden ser leídas fácilmente en altas concentraciones de líquidos, como recipientes de bebida a través de seres vivos.
- **Microondas.**- en el rango de 2.45 GHz. Se utilizan en el control de acceso en vehículos.

Con lo anterior, tenemos que mencionar que mayor frecuencia suele significar un incremento de velocidad en la transmisión de datos y proporcionalmente, encarece el precio del sistema.

Por ello, la elección del rango de frecuencia es uno de los parámetros más importantes a la hora de planear un sistema RFID. En

la *Tabla 2.2* se mencionan las frecuencias empleadas actualmente para esta tecnología.

Para que alguien pueda desarrollar una aplicación RFID se tiene que consultar las tablas de asignación de radiofrecuencias elaboradas por la **Cofetel** (Comisión Federal de Telecomunicaciones), que es el organismo encargado de la regulación de las frecuencias utilizadas, las cuales tienen como base, normas elaboradas por cada país de acuerdo con las de la IEC (International Electrotechnical Commission).

Tabla 2.2 Frecuencias manejadas por los sistemas RFID.

Rango de Frecuencia	Observaciones
Menores de 135 KHz	Baja potencia, usado para aplicaciones de poca distancia
6.756 – 6.795 MHz	Frecuencia media (Industrial Scientific Medic), utilizado en la industria científica y medica
7.400 – 8.800 MHz	Frecuencia media, usado solo para seguridad de artículos en tiendas departamentales
13.533 – 13.567 MHz	Frecuencia media (13.56, ISM), ISO 14443,MIFARE, LEGIC, smart labels,(ISO 15693 Tag-It, I-Code) muy utilizado para esquemas de seguridad y control de acceso, sobre todo de personal
26.957 – 27.283 MHz	Frecuencia Media (Industrial Scientific Medic), solo para aplicaciones especiales
433 MHz	UHF (ISM) raramente usado para RFID, se usa para aplicaciones muy particulares, ya que no hay estándar.
868 – 870 MHz	UHF (Short Range Devices), nueva frecuencia, sistemas de bajo desarrollo, se está intentando utilizarlo bajo la frecuencia de 811 MHz y aprovechar las redes inalámbricas Wi-Fi
902 – 928 MHz	UHF (Short Range Devices), varios sistemas, es el mayor desarrollador hoy en día dado el crecimiento de la aplicaciones en la cadena de suministros u a los estándares de la EPC (Electronic Product Code).
2.400 – 2.483 MHz	SHF (Industrial Scientific Medic), varios sistemas (identificación de vehículos; 2.446 – 2.454 GHz)
5.725 – 5875	SHF (ISM), raramente usado por RFID

2.2 Lectores

Los lectores RFID son los responsables de la lectura de las etiquetas y de la comunicación de los códigos con la base de datos (*Figura 2.4*). Son encargados de enviar una señal de radiofrecuencia para detectar las posibles etiquetas en un rango de acción determinado.



Figura 2.4 Tipos de Lectores: a) lector de estación ó fijo y b) lector manual.

En su fabricación se clasifican en dos tipos:

- Sistemas con bobina simple, que sirven para transmitir tanto la energía como los datos. Son más sencillos y más económicos, pero tienen menor alcance.
- Sistemas interrogadores con dos bobinas, una para transmitir energía y otra para datos. Son más caros que los anteriores.

La complejidad de los lectores dependerá de las etiquetas que éste sea capaz de reconocer para su lectura, si éstas caen dentro de un rango amplio de frecuencias (desde las que operan a 125 KHz. Hasta las de alta frecuencia, que trabajan 130 MHz o más), los componentes del lector tienen que ser capaces de acondicionar la señal, detectar y corregir errores, además de trabajar a mayores rangos de frecuencia.

Se puede decir que la comunicación lector/etiqueta sucede en tres fases:

- a) El lector energiza la etiqueta, si la etiqueta es pasiva.

- b) El lector lanza comandos para la interrogación de la etiqueta en el campo.
- c) El lector escucha la respuesta de la etiqueta.
- d) El lector comunica el resultado de la lectura al software aplicativo.

Un problema que aparece con la RFID es que la señal de un lector puede interferir con la de otro lector, allí donde haya superposición de cobertura. Es lo que se llama “colisión de lecturas”. Una forma de evitar el problema es utilizar una técnica llamada acceso múltiple por división temporal (TDMA por sus siglas en inglés). Esto consiste en que los lectores son programados para leer a tiempos diferentes en lugar de hacerlo al mismo tiempo, lo que asegura que no interferirán entre sí. Pero ello implica que toda etiqueta en un área donde se superponen dos lectores, será leída dos veces. Por tanto, el sistema deberá programarse de tal manera que si un lector lee una etiqueta específica, otro lector no leerá la misma etiqueta.

Otro problema que puede ocurrir con los lectores es cuando se leen varias etiquetas en el mismo campo. La colisión de etiquetas puede ocurrir cuando más de una reflejan la señal hacia el lector al mismo tiempo. Algunos fabricantes han desarrollado soluciones para este problema, permitiendo que cada etiqueta sea leída en tiempos diferentes. Como todo ello ocurre en períodos de milisegundos, para la mayoría de las aplicaciones, ocurre como si fueran leídas al mismo tiempo.

Las ventajas que ofrecen los lectores son entre otras, la eliminación de un gran volumen de trabajo manual y la mejora de la gestión y fiabilidad de la información. La diferencia fundamental con los lectores de códigos de barra, es que en los lectores RFID no es necesaria una línea de visión entre el lector y la etiqueta. Por lo tanto, la gran diferencia entre ambas tecnologías es que el código de barras es una tecnología de visualización, es decir, un escáner debe “ver” el código de barras para poder leerlo, lo que implica que el empleado debe orientar el código de barras hacia el lector para que se produzca su lectura.

La tecnología RFID por el contrario, no requiere la visualización de las etiquetas siempre que éstas se encuentren dentro del rango de lectura del lector. El hecho de que en el caso de los lectores de códigos de barra sea necesaria la “visualización” del código para leerlo, implica inconvenientes asociados a este tipo de tecnología. Por ejemplo, si la etiqueta está rota o rayada o simplemente arrugada o se ha despegado, es casi imposible leerla.

2.3 Controladores y antenas

Las antenas (Figura 2.5) son dispositivos de lectura y grabación que funcionan a través de un controlador que genera la potencia. Éste va conectado normalmente a una red a través de cable TCP/IP o de un puerto serie hacia una computadora.

Los equipos portátiles hacen la doble función: son antena y controlador, requieren de la antena de transmisión y recepción, y de una fuente de poder que junto con otros circuitos sirve para generar la potencia requerida, esta fuente es independiente a la que maneja normalmente el dispositivo.



Figura 2. 5 Antenas RFID.

El tipo de antena utilizado en una etiqueta depende de la aplicación objetivo y la frecuencia de operación. Las etiquetas de baja frecuencia (LF) normalmente se sirven de la inducción electromagnética.

Existen etiquetas LF compactas (como las utilizadas para identificación humana y animal, encapsulados en vidrio) que utilizan una antena en varios niveles (tres de 100-150 espiras cada uno) alrededor de un núcleo de ferrita.

En alta frecuencia se utiliza una espiral plana con 5-7 vueltas para lograr distancias de decenas de centímetros. Estas antenas son más baratas que las LF. Las antenas HF y UHF suelen ser de cobre o aluminio.

Se han probado tintas conductoras para fabricar algunas antenas, encontrándose problemas con la adhesión al circuito integrado y la estabilidad del entorno.

2.4 Características de un sistema RFID.

A continuación se describen las características de un sistema RFID.

2.4.1 Tipos de comunicación.

Un sistema de comunicación RFID se basa en la comunicación bidireccional (*Figura 2.6*) entre un lector y una etiqueta por medio de ondas de radiofrecuencia.

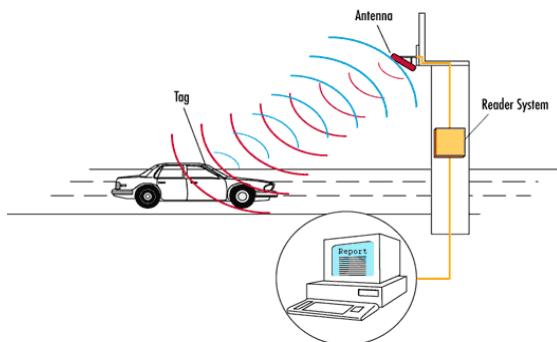


Figura 2.6 Comunicación bidireccional entre el Lector y la Etiqueta RFID.

Consideremos que la comunicación se puede realizar en zonas industriales con metales, lo que unido a las características de ruido, interferencia y distorsión de estas comunicaciones vía radio, complica la correcta recepción de los datos almacenados en la tarjeta.

2.4.2 Transferencia de datos.

La transferencia de datos entre el lector y la etiqueta en un sistema RFID contiene tres bloques básicos de funcionamiento:

- ✓ El lector (transmitter): codifica la señal (signal processing) y la modula (carrier circuit).
- ✓ El medio de transmisión (channel): es el medio a través del cual se transfiere la información.
- ✓ La etiqueta (receiver): modula nuevamente la señal que le fue emitida por el lector (carrier circuit) y la decodifica (signal processing).

Un sistema codificador de señal toma el mensaje a transmitir y lo adecúa óptimamente a las características del canal de transmisión. Este proceso implica proveer al mensaje de protección contra interferencias, colisiones o modificaciones mal intencionadas.

2.4.3 Modulación.

La tecnología clásica de radiofrecuencia está fuertemente implicada con los métodos analógicos de modulación. Podemos diferenciar entre modulación de amplitud (AM), modulación de frecuencia (FM) y modulación de fase (PM), las cuales se fundamentan en variar una de las tres principales variables de una onda electromagnética. Todos los demás métodos de modulación son derivados de cualquiera de uno de estos tipos.

El proceso en el cual los pulsos pueden ser usados para transportar información se conoce con el nombre de modulación. La modulación como se sabe, se basa en la modificación de una onda primaria de forma que pueda seguir un patrón de pulsos, y con esto sea capaz de transmitir información digital. Existen diversas formas de modulación, algunos ejemplos se muestran a continuación (*Figura 2.7*):

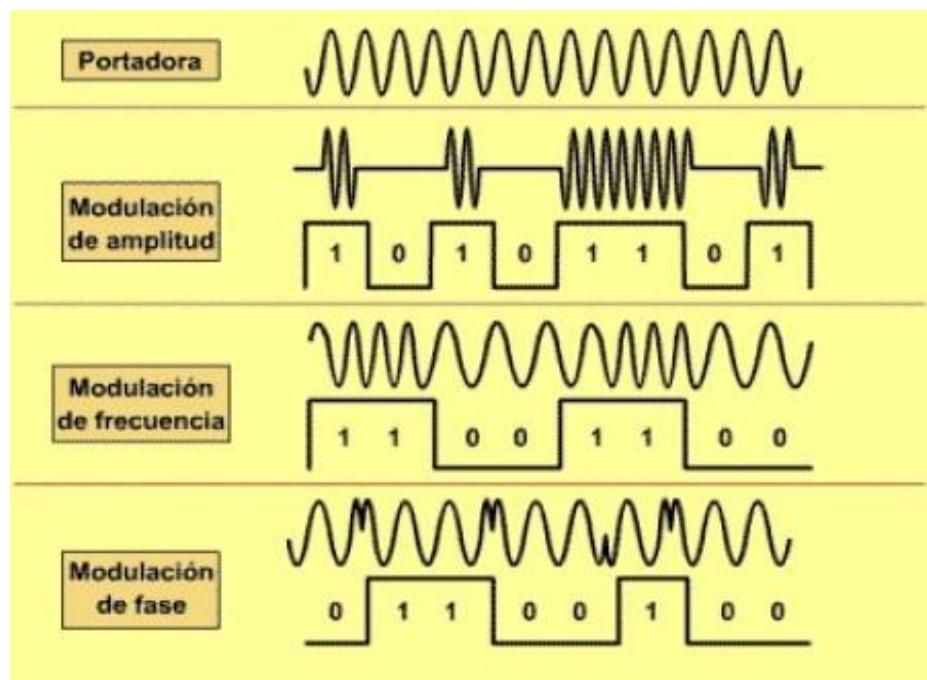


Figura 2.7 Tipos de modulación por pulsos.

Normalmente el sistema de modulación usado en la tecnología RFID es de modulación de amplitud por pulsos (ASK) con codificación tipo Manchester NRZ (no retorno a cero).

En cuanto a la codificación, se utilizan 2 tipos diferentes en esta tecnología:

- a) *Codificación NRZ*: Código sin retorno a cero, el cual es la codificación más sencilla (Figura 2.8) Se caracteriza por una señal alta y una señal baja (a menudo +5 volts o +3.3 volts para 1 binario; 0 volts para 0 binario). En el caso de radiofrecuencia, el 1 binario puede significar que hay una onda portadora y el 0 binario, que no hay ninguna portadora.
- b) *Codificación Manchester*: La codificación Manchester da como resultado que los ceros se codifiquen como una transición de bajo a alto y que el uno se codifique como una transición de alto a bajo (Figura 2.8). Dado que tanto los ceros como los unos dan como resultado una transición en la señal, una señal de reloj se puede recuperar de forma eficaz en el receptor.

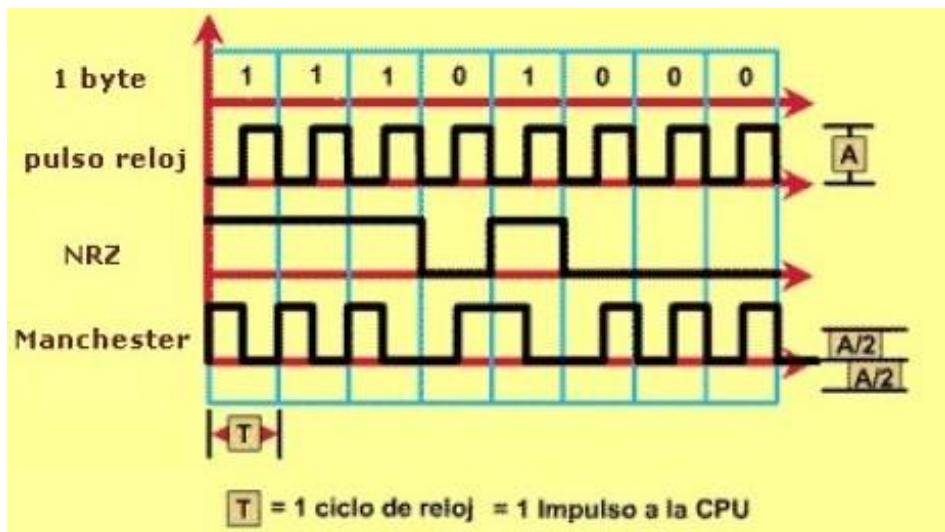


Figura 2.8 Tipos de codificación.

2.4.4 Anticolisión

Como ya se ha dicho, para que un lector de RFID pueda identificar muchas etiquetas en su alcance de lectura, debe coordinarse con las etiquetas, en lo que es conocido como un protocolo anticolisión o protocolo de identificación única.

Si todas las etiquetas transmitieran al lector simultáneamente, sus señales se obstruirían dando una lectura inservible (*Figura 2.9*).

Un protocolo de identificación única analiza este problema permitiendo que cada etiqueta se turne en transmitir al lector.

La identificación única es en general una variante del protocolo conocido como recorrido binario o árbol binario, en donde cada bit es visto como los niveles en un árbol. El lector recorre el árbol transmitiendo un bit a la vez. Una característica de este protocolo es que el lector de RFID transmite los números de serie de la etiqueta a través de distancias muy grandes, lo que puede ocasionar vulnerabilidad de que se pueda escuchar la señal.

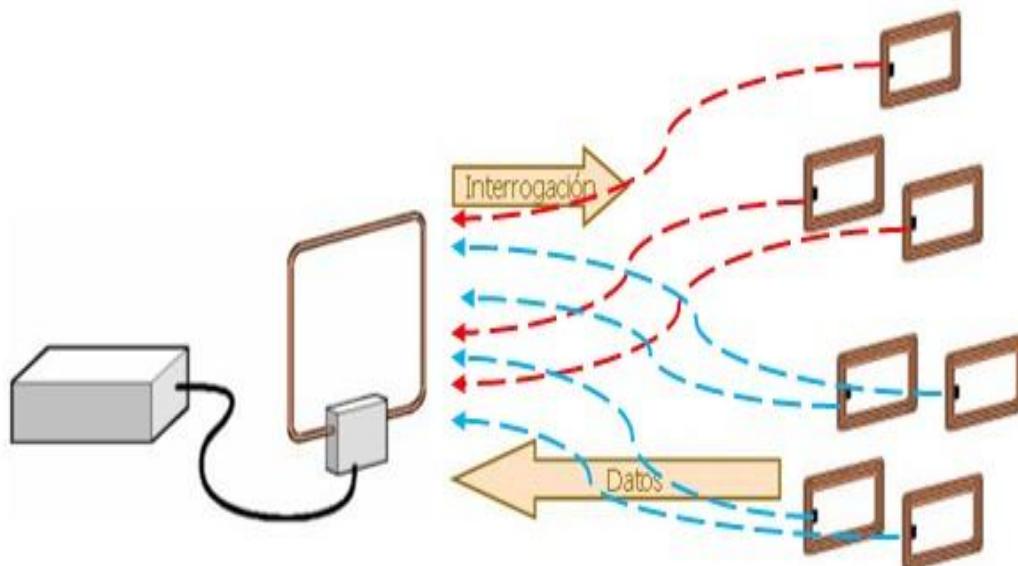


Figura 2.9 RFID cuenta con lectura de etiquetas con protocolo anti-colisión.

2.5 Seguridad a nivel de encriptación de datos

Los sistemas de RFID se están empleando cada vez más en aplicaciones de alta seguridad, como son los sistemas de acceso, identificación; para realizar pagos, o los monederos electrónicos, entre otras. Por ello se requieren sistemas de seguridad para protegerlos de ataques, y métodos que garanticen la autenticidad de las personas. Así como mecanismos para evitar que las claves secretas sean descubiertas.

Los sistemas de seguridad de los sistemas de RFID deben tener un modo de defensa, al menos contra los siguientes ataques individuales:

- ✓ La lectura no autorizada de la etiqueta portadora de la información con el objetivo de conseguir una copia de la misma o modificar los datos que lleva.
- ✓ Colocar una etiqueta portadora de información extraña en la zona de influencia del lector, con la intención de obtener un acceso no autorizado a una serie de "servicios" sin tener que pagarlos.
- ✓ Escuchar, sin ser advertido, en las comunicaciones de radio para enviar datos imitando una etiqueta portadora original con la intención de hacer un fraude.

Cuando se selecciona un sistema de RFID para su posterior implantación, deben considerarse las medidas de seguridad que necesitan adoptarse dependiendo de su posterior funcionalidad.

Así pues, un sistema que tiene como finalidad la automatización industrial o de reconocimiento de materiales o herramientas, quizás no necesite añadir un costo adicional por medidas de seguridad, que sí necesitarán sistemas de alta seguridad.

En el caso de los sistemas que necesitan seguridad, omitir un gasto en un proceso de criptología puede suponer un gasto posterior mucho más elevado si un intruso consigue acceso ilegal a servicios restringidos. Los algoritmos y procedimientos de encriptación más utilizados en la aplicación de soluciones RFID son:

- ✓ Criptografía de clave secreta o simétrica.
- ✓ Algoritmo DES (Data Encryption Standard, estándar de cifrado de datos).

Capítulo2.-Arquitectura de un sistema RFID

- ✓ IDEA (international data encryption algorithm, Algoritmo Internacional de Cifrado de Datos).
- ✓ Criptografía de clave pública o asimétrica.

No se describen estos procedimientos para el encriptado de datos en este trabajo porque no se utilizan etiquetas de lectura/escritura, sino únicamente de lectura, las cuales entregan al lector su código electrónico de producto (EPC) que se asigna a los datos de los usuarios y se utiliza para realizar la autenticación de los vehículos que accesan al estacionamiento.

Capítulo 3-Hardware

3.1 Tarjeta de prueba RFID

La tarjeta que se utilizará para realizar pruebas de lectura RFID es el DEMO BOARD V3.02 del distribuidor ID Innovations. A continuación se dará una descripción de los componentes que la integran que son básicamente 4 bloques (*Figura 3.1 a) y b)*).

El costo de la tarjeta RFID DEMO BOARD V3.02 es de \$3850.00.

El costo de los módulos de lectura es el siguiente (*Tabla 3.1*):

Tabla 3.1 Tabla de costo del sistema RFID

Módulo de Lectura	Costo
1D-12	\$930.00
ID-2	\$780.00
1D-20MF	\$1860.00

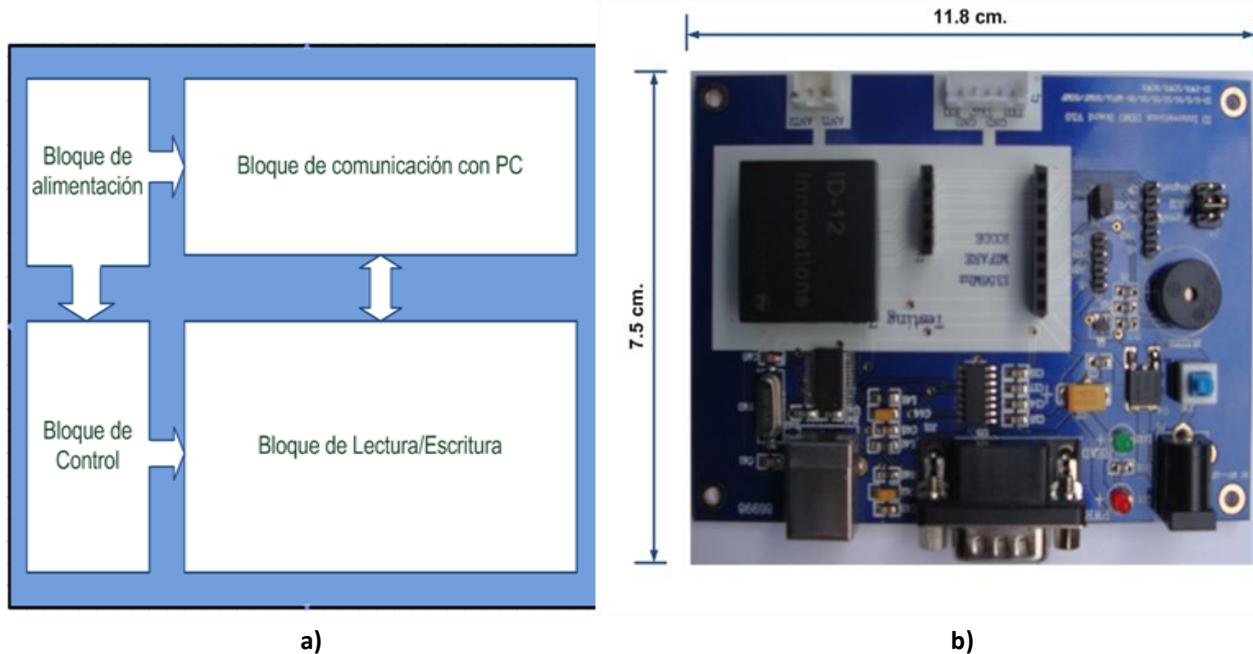


Figura 3.1 a) Diagrama a bloques, b) Tarjeta de pruebas DEMO BOARD V3.02.

3.1.1 Bloque de alimentación

El bloque de alimentación (*Figura 3.2*) se describe a continuación.



Figura 3.2 Bloque de alimentación.

- ✓ **Regulador de Voltaje (MC78M05).** Está diseñado con la protección de sobrecarga térmica, para cerrar el circuito cuando se someta a una excesiva condición de energía y cuenta con un circuito interno de protección que limita la corriente máxima del circuito. Maneja un Voltaje de entrada (V_i) de 10V, ofreciendo a la salida un voltaje mínimo de 4.8V y máximo de 5.2V.
- ✓ **LEDs indicadores.** Los LEDs nos permiten observar cuando la tarjeta se encuentra encendida, y cuando se está realizando una lectura.
- ✓ **Zumbador (Buzzer).** Se activa cuando hay una lectura.
- ✓ **Fuente de alimentación DC.** Se ocupa para alimentar la tarjeta cuando es utilizada la interfaz de comunicación serie.

3.1.2 Bloque de control.

Para la parte de control de la tarjeta se utilizaron los puentes J4 y J8 (*Figura 3.3*).

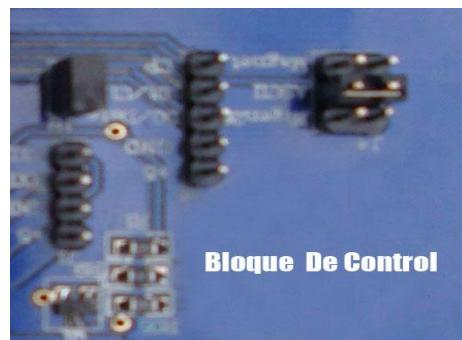


Figura 3.3 Bloque de Control.

- ✓ **J4.** Este puente nos permite elegir el tipo de formato de los datos leídos de la etiqueta hacia el lector, y que se transmitirán por la interfaz seleccionada.

Tipo de formato:
– *ASCII*

- ✓ **J8.** Configura para que la salida de datos sea ASCII.

3.1.3 Bloque de Lectura/escritura.

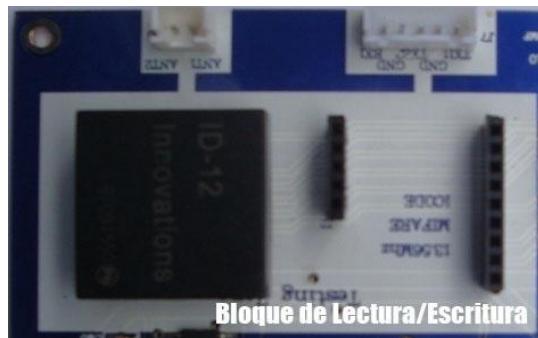


Figura 3.4 Bloque de Lectura/Escritura.

Este bloque cuenta con una zona de prueba, que está integrada por dos secciones (*Figura 3.4*) denominados de baja y alta frecuencia:

3.1.3.1 Sección de Baja Frecuencia.

En esta sección se puede colocar un módulo de lectura/escritura de baja frecuencia, ID2. ID12 y ID20.

Capítulo3.-Hardware

El ID-12 e ID-20 vienen con antenas internas con un rango de lectura de 12 cm. y 16 cm., respectivamente. El ID-2 posee una antena externa que puede entregar rangos de lectura de hasta 25 cm.

Los tres lectores pueden entregar datos de tipo ASCII, Wiegand26 y tipo Magnético.

La Tabla 3.2 muestra las diferencias entre los módulos antes mencionados.

Tabla 3.2 Módulos de Baja Frecuencia.

Parámetros	ID-2	ID-12	ID-20
Rango de Lectura	Sin antena interna	12 cm	16 cm
Dimensiones	21 mm x 19 mm x 6 mm	26 mm x 25 mm x 7 mm	40 mm x 40 mm x 9 mm
Frecuencia	125 kHz	125 kHz	125 kHz
Tipo de Tarjeta	EM 4001 o compatible	EM 4001 o compatible	EM 4001 o compatible
Codificación	Manchester 64-bit, módulo 64	Manchester 64-bit, módulo 64	Manchester 64-bit, módulo 64
Alimentación Requerida	5 VDC @ 13mA nominal	5 VDC @ 30mA nominal	5 VDC @ 65mA nominal
Rango de Voltaje de Suministro	+4.6 V hasta +5.4 V	+4.6 V hasta +5.4 V	+4.6 V hasta +5.4 V.

A continuación, se muestra el diagrama esquemático (*Figura 3.5*) de los módulos de baja frecuencia, con la descripción de sus terminales (*Tabla 3.3*).

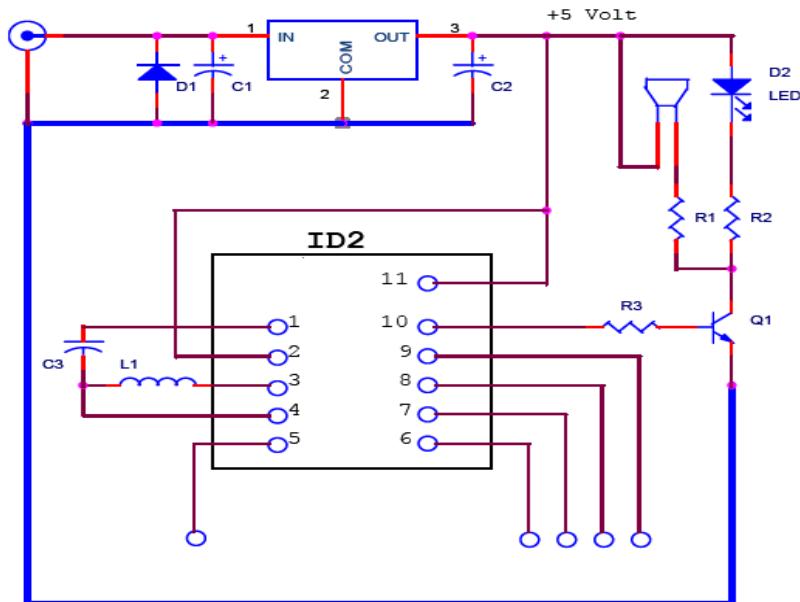


Figura 3.5 Diagrama esquemático del módulo de baja frecuencia.

Tabla 3.3 Terminales de los módulos de baja frecuencia.

Pin	Descripción	ASCII	Magnet Emulation	Wiegand26
Pin 1	Cero volts y capacitor variable a tierra	GND 0 V.	GND 0 V.	GND 0 V.
Pin 2	Terminal a +5 V.	Reset	Reset	Reset
Pin 3	Hacia a antena externa y capacitor variable	Antena	Antena	Antena
Pin 4	Hacia a antena externa	Antena	Antena	Antena
Pin 5	Presencia de tarjeta	Sin función	Presencia de tarjeta	Sin función
Pin 6	Reservada	Reservada	Reservada	Reservada
Pin 7	Selector de formato (+/-)	Terminal a GND	Terminal a 10 V.	Terminal a +5 V.
Pin 8	Dato 1	CMOS	Reloj	Salida 1
Pin 9	Dato 0	Dato TTL (invertido)	Dato	Salida 0
Pin 10	3.1 kHz lógicos	buzzer/LED	buzzer/LED	buzzer/LED
Pin 11	Suministro de voltaje CD	+5 V.	+5 V.	+5 V.

3.1.3.2 Sección de Alta Frecuencia

Esta sección cuenta con un zócalo, para insertar un módulo de lectura ID-20MFWA (*Figura 3.6*).

Características:

- Opción de antena interna o externa.
- Bajo consumo de energía
- Frecuencia de 13.56MHz.
- Distancia de lectura/escritura utilizando antena interna 30 mm. y con antena externa 80 mm.
- Dimensiones 37.5 mm x 40 mm.

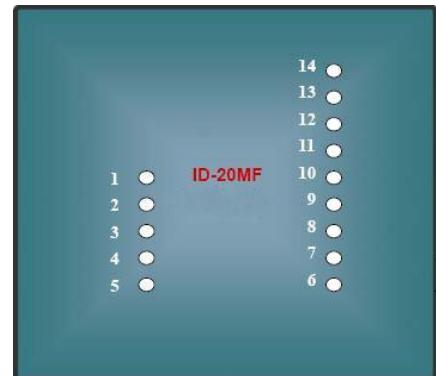


Figura 3.6 Módulo de alta frecuencia.

El diagrama esquemático (*Figura 3.7*) de los módulos de alta frecuencia se muestra a continuación, con la descripción de sus terminales (*Tabla 3.4*).

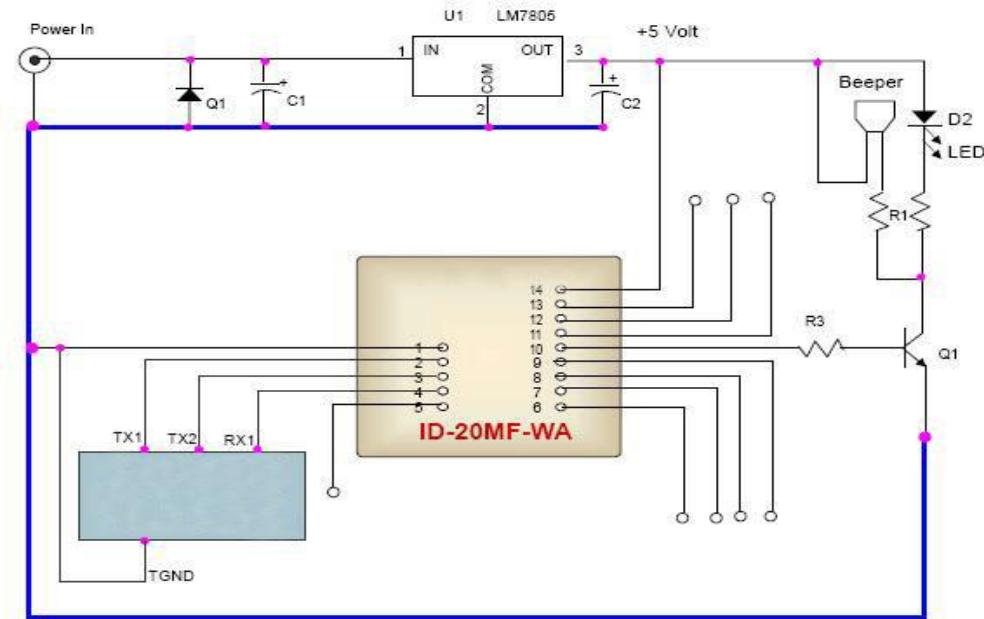


Figura 3.7 Diagrama esquemático del módulo de alta frecuencia.

Tabla 3.4 Terminales de los módulos de alta frecuencia.

Pin	Descripción	ASCII	Magnet Emulation	Wiegand26
Pin 1	Cero volts y capacitor variable a tierra	GND 0 V.	GND 0 V.	GND 0 V.
Pin 2	Antena externa TX1	Antena externa TX1	Antena externa TX1	Antena externa TX1
Pin 3	Antena externa TX2	Antena externa TX2	Antena externa TX2	Antena externa TX2
Pin 4	Antena externa RX1	Antena externa RX1	Antena externa RX1	Antena externa RX1
Pin 5	Presencia de tarjeta	Sin función	Presencia de tarjeta	Sin función
Pin 6	Reservada	Reservada	Reservada	Reservada
Pin 7	Selector de formato (+/-)	Terminal a GND	Terminal a terminal 10	Terminal a +5 V.
Pin 8	Dato 1	Sin función	Reloj	Salida 1
Pin 9	Dato 0	Sin función	Dato	Salida 0
Pin 10	LED/beeper	buzzer/LED	buzzer/LED	buzzer/LED
Pin 11	Sin conexión	Sin conexión	Sin conexión	Sin conexión
Pin 12	RXD	TTL RXD	Sin función	Sin función
Pin 13	TXD	TTL TXD	Sin función	Sin función
Pin 14	Fuente de voltaje de CD	+5 V.	+5 V.	+5 V.

3.1.4 Bloque de comunicación con la PC.

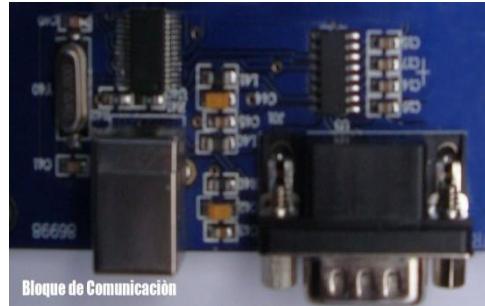


Figura 3.8 Bloque de comunicación con la PC.

Cuenta con 2 interfaces de comunicación (*Figura 3.8*):

- ✓ USB V2.0 (Universal Serial Bus). Esta interfaz utiliza el controlador PL2303, funciona como un puente entre un puerto USB y un puerto serie (con el estándar RS232).

Características:

- Soporta activación remota y administración de energía con 256 bytes de amortiguación para niveles altos o bajos de flujo de datos.
- Opera con un oscilador de cristal de 12MHz.
- Soporta sistema operativo Windows, desde 98 hasta Vista, Linux y Mac OS.

Los 2 grandes buffers de información acomodan el flujo de datos de 2 diferentes buses. Los datos de tipo USB se adoptan para una máxima transferencia de datos.

Este dispositivo es también compatible con la administración de energía USB y con un esquema de activación remota. Mediante la integración de todas las funciones en un chip tipo SOIC, es adecuado para la incrustación de un conector USB, de manera que los usuarios simplemente conectan el cable a la PC o concentrador del puerto USB.

- ✓ SERIE. Utiliza el SP232E, que es un dispositivo controlador de líneas y receptor de pares, que cumple con las especificaciones de comunicación serial RS-232.

En la tarjeta es utilizado para poder establecer la comunicación con la computadora. Tiene convertidores de voltaje internos que le permiten funcionar solamente con una fuente de alimentación de 5 volts. Opera con capacitores externos de 0.1uf a 10uf. Trabaja a velocidad de 120 Kbps bajo carga. Este controlador cuenta con 2 controladores y receptores RS232.

3.2 Etiquetas RFID

Las etiquetas RFID (*Figura 3.9*) utilizadas tienen las siguientes características:

- ✓ Frecuencia 125KHz.
- ✓ Memoria de 64 bits.
- ✓ Solo lectura.



Los costos de las etiquetas son (*Tabla 3.5*):

Tabla 3. 5 Costos de las etiquetas RFID

Etiqueta	Costo
Delgada	\$11.00
Gruesa	\$13.00

Figura 3. 9 Etiqueta RFID

Capítulo 4-Diseño del software de la aplicación.

El sistema necesita hacer una recolección de datos para su almacenamiento, con los cuales se obtendrá información para poder llevar un control, en este caso, el de acceso y salida de vehículos del estacionamiento del edificio uno de la ESIME Zácatenco.

La base de datos requerida para el desarrollo de la aplicación, no exige de un manejo tan extenso de datos (hablando de cantidades del orden de miles de millones), alojados en las tablas de la misma; está y otras características, como el costo de la licencia, para poder utilizar legalmente el software administrador de la base de datos, su disponibilidad de funcionamiento, bajo diversos sistemas operativos y lenguajes de programación, su potencialidad en el manejo de los datos almacenados, etc., fueron los parámetros para decidir trabajar con MySQL, como el gestor de la base de datos.

MySQL es un servidor de gestión de bases de datos relacional, de código abierto, confiable, rápido, compacto, poderoso, multiplataforma, se puede utilizar gratuitamente y su diseño multihilo, le permite soportar una gran carga de forma muy eficiente.

Para tener conocimiento del alcance, flexibilidad y confiabilidad del gestor de bases de datos, se enuncian a continuación las características más relevantes de MySQL:

- Escrito en C y en C++.
- Probado con un amplio rango de compiladores distintos.
- Funciona en diferentes plataformas (IBM AIX 4.x y 5.x, BSD/OS 2.x, Alpha-DEC-Unix, Free BSD, HP-UX 10.20 y 11.x, Linux 2.0, Mac OS X, NetBSD 1.3/1.4 Intel y NetBSD 1.3 Alpha, Novell NetWare 6.0, OS/2 Warp 3, SCO Unix OpenServer 5.0, Solaris 2.5 y posteriores, SunOS 4.x, Tru64 Unix, Windows 9x, Me, NT, 2000, XP, 2003 y Vista(32bits)).
- Pueden usarse fácilmente múltiples computadoras, si están disponibles.
- Proporciona sistemas de almacenamiento transaccionales y no transaccionales².

² Un gestor transaccional es un componente que procesa información descomponiéndola de forma unitaria en operaciones indivisibles, llamadas transacciones. Cada transacción debe finalizar de forma correcta o incorrecta como una unidad completa. No puede acabar en un estado intermedio.

- Relativamente sencillo de añadir otro sistema de almacenamiento. Esto es útil si desea añadir una interfaz SQL para una base de datos propia.
- Un sistema de reserva de memoria muy rápido basado en hilos.
- Las funciones SQL están implementadas usando una biblioteca altamente optimizada, y deben ser tan rápidas como sea posible. Normalmente no hay reserva de memoria tras toda la inicialización para consultas.
- El servidor está disponible como un programa separado para usar en un entorno de red cliente/servidor. También está disponible como biblioteca y puede ser incrustado (enlazado) en aplicaciones autónomas. Dichas aplicaciones pueden usarse por sí mismas o en entornos donde no hay red disponible.
- Diversos tipos de columnas: enteros con/sin signo de 1, 2, 3, 4, y 8 bytes de longitud, **FLOAT**, **DOUBLE**, **CHAR**, **VARCHAR**, **TEXT**, **BLOB**, **DATE**, **TIME**, **DATETIME**, **TIMESTAMP**, **YEAR**, **SET**, **ENUM**.
- Registros de longitud fija y longitud variable.
- Soporte para alias en tablas y columnas como lo requiere el estándar SQL.
- Puede mezclar tablas de distintas bases de datos en la misma consulta.
- Hablando de seguridad, MySQL cuenta con un sistema de privilegios y contraseñas que es muy flexible y seguro, y que permite verificación basada en el host. Las contraseñas son seguras porque todo el tráfico de contraseñas está encriptado cuando se conecta con un servidor.
- Soporte a grandes bases de datos. MySQL Server soporta bases de datos que contienen 50 millones de registros. También es posible utilizar MySQL Server con 60.000 tablas y cerca de 5.000.000.000.000 de registros.
- Se permiten hasta 64 índices por tabla. Cada índice puede consistir desde 1 hasta 16 columnas o partes de columnas. El máximo ancho de límite son 1000 bytes.

Aunado a la extensa posibilidad de realizar operaciones con variables de tipo cadena de caracteres, que nos brinda C#, se puede obtener una gran funcionalidad y eficiencia, con el manejo de los datos almacenados en los registros de las tablas en la base de datos, es por ello que es el lenguaje utilizado para programar las aplicaciones de este sistema, a continuación se dará una breve explicación de sus ventajas sobre los demás lenguajes de programación.

Ventajas frente a C y C++

- Compila a código intermedio (CIL), independiente del lenguaje en que haya sido escrita la aplicación, e independiente de la máquina donde vaya a ejecutarse.
- Elimina el uso de punteros.
- No se tiene que hacer uso de bibliotecas de cabecera ".h".
- No importa el orden en que hayan sido definidas las clases ni las funciones.
- No hay necesidad de declarar funciones y clases antes de definirlas.
- Soporta definición de clases dentro de otras.
- Soporta definición de clases dentro de otras.
- Todos los valores son inicializados antes de ser usados. (Automáticamente se inicializan al valor estandarizado, o manualmente. se pueden inicializar desde constructores estáticos).
- Es mucho más estable y menos propenso a errores.

Ventajas frente a java

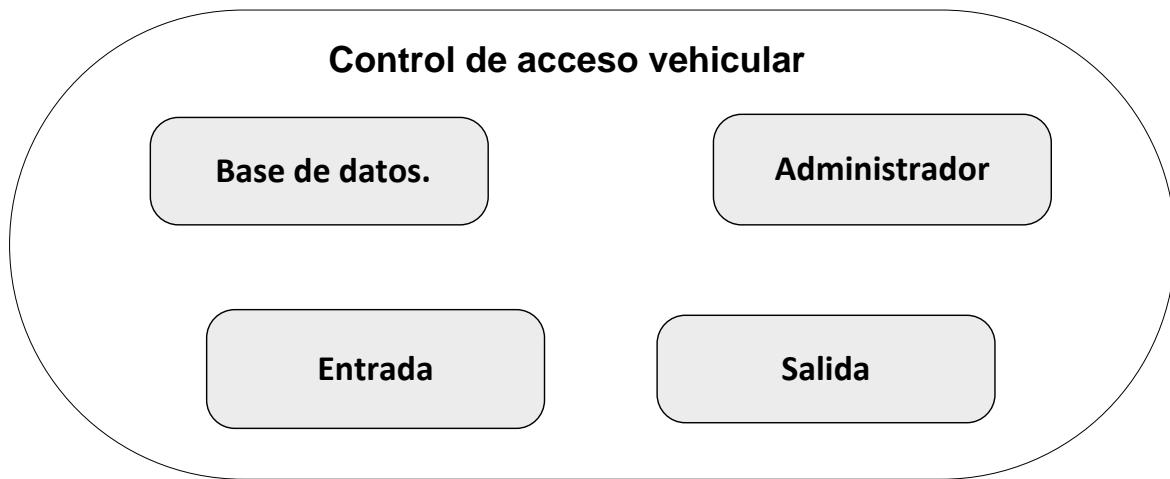
- El rendimiento es, por lo general, mucho mejor
- Soporta la sobrecarga de operadores.

El Entorno Integrado de Desarrollo o IDE que se utiliza para desarrollo de aplicaciones es Visual Studio, que es un programa en el que se pueden desarrollar aplicaciones multiplataforma, por consola o incluso con interfaz gráfica, la mayoría del .NET Framework no depende en absoluto de Windows, puede utilizarse en cualquier sistema operativo, como es el caso de Linux, para el cual existe Mono, que contiene todas las biblioteca utilizadas por Visual Studio y es un ambiente amigable para el programador.

Es por eso, que después de hacer el análisis de las propiedades del lenguaje C# al igual que de el ambiente Visual Studio 2008, y debido a la comodidad, escalabilidad, y estabilidad del lenguaje se acordó el uso del mismo.

El software se divide en 4 bloques (*Figura 4.1*):

- *Estructura de la Base de Datos*
- *Administrador*
- *Entrada*
- *Salida*



*Figura 4.1*Esquema del software.

La *base de datos* permite tener el registro de cada uno de los usuarios, a los que se les autorizará el acceso al estacionamiento del edificio, tomando como referencia los datos del usuario, del automóvil, un número de identificación personal (NIP) y el código único (CU) de la etiqueta RFID, proporcionada por el administrador que se colocará en el automóvil.

Desde el programa del *administrador* se llevan a cabo todas las consultas a la base de datos, se agregan, actualizan y eliminan registros de usuarios; también se puede adquirir un informe de la actividad vehicular que se lleva a cabo en el estacionamiento.

El *bloque de entrada* permite la lectura de la etiqueta RFID asignada al vehículo, efectúa una comparación para comprobar la existencia de la etiqueta dentro de la base de datos y, que pertenece a un usuario registrado, de existir el registro, se permitirá el acceso al estacionamiento, de lo contrario, el vehículo no podrá entrar.

El bloque de salida, tiene la función de realizar la lectura de la etiqueta y el ingreso del NIP de usuario, posteriormente hace una comparación y consulta en la base de datos, para verificar que ambos pertenezcan al mismo usuario, de ser así, se otorgará el permiso de salida, en caso contrario se activará una alarma.

4.1 Base de datos

La base de datos lleva por nombre rfid y está compuesta por 3 tablas: la tabla donde están almacenados los datos de los usuarios registrados que pueden tener acceso al estacionamiento; la tabla donde se registran las entradas a éste, la tercera es en la cual se almacenan las salidas de vehículos del estacionamiento.

Las columnas de las tablas tienen distintas propiedades, tipo de variables que almacenan y distintos propósitos, de acuerdo al tipo de dato que se almacena en ellas, y a las operaciones de cadenas de caracteres que se llevarán a cabo con esos registros.

La estructura de las tablas de la base de datos rfid está constituida como sigue:

Tabla "usuarios" (Tabla 4.1.):

Tabla 4.1 Tabla de usuarios.

Columna	Tipo de dato	Propósito
id	Entero de 10 bits de longitud, auto incrementable, índice de tabla.	Tener un índice de los registros agregados en las tablas, para su identificación y manejo de todas las columnas que pertenezcan a ese registro.
nomb	Variable de tipo carácter.	Almacenar el nombre o nombres del propietario del vehículo.
apepat	Variable de tipo carácter.	Almacenar el apellido paterno del propietario del vehículo.
apemat	Variable de tipo carácter.	Almacenar el apellido materno del propietario del vehículo.
tagveh	Variable de tipo carácter.	Almacenar el código de la tarjeta rfid asignada al usuario.
modelo	Variable de tipo carácter.	Almacenar el modelo del vehículo.
anio	Variable de tipo carácter.	Almacenar el año del vehículo.
marc	Variable de tipo carácter.	Almacenar la marca del vehículo.
plac	Variable de tipo carácter.	Almacenar el número de las placas del vehículo.
nip	Entero de 4 bits de longitud.	Almacenar la clave de usuario que permite la salida del vehículo.

Tabla "entradas" (Tabla 4.2):

Tabla 4.2 Tabla de entradas.

Columna	Tipo de dato	Propósito
id	Entero de 10 bits de longitud, auto incrementable, índice de tabla.	Tener un índice de los registros agregados en las tablas, para su identificación y manejo de todas las columnas que pertenezcan a ese registro.
idusu	Variable de tipo carácter.	Almacenar el identificador de los datos del propietario del vehículo, con el cual se almacenó el registro en la tabla de usuarios.
nomb	Variable de tipo carácter.	Almacenar el nombre o nombres del propietario del vehículo.
apepat	Variable de tipo carácter.	Almacenar el apellido paterno del propietario del vehículo.
apemat	Variable de tipo carácter.	Almacenar el apellido materno del propietario del vehículo.
tagveh	Variable de tipo carácter.	Almacenar el código de la tarjeta rfid asignada al usuario.
modelo	Variable de tipo carácter.	Almacenar el modelo del vehículo.
anio	Variable de tipo carácter.	Almacenar el año del vehículo.
marc	Variable de tipo carácter.	Almacenar la marca del vehículo.
plac	Variable de tipo carácter.	Almacenar el número de las placas del vehículo.
fecha	Fecha (aaaa-mm-dd)	Almacenar la fecha en la cual el vehículo accesa al estacionamiento.
horaent	Tiempo (hh:mm:ss)	Almacenar la hora de entrada del vehículo al estacionamiento.

Capítulo4.Diseño del software de la aplicación

Tabla "salidas" (Tabla 4.3):

Tabla 4.3 Tabla de salidas.

Columna	Tipo de dato	Propósito
id	Entero de 10 bits de longitud, auto incrementable, índice de tabla.	Tener un índice de los registros agregados en las tablas para su identificación y manejo de todas las columnas que pertenezcan a ese registro.
idusu	Variable de tipo carácter.	Almacenar el identificador de los datos del propietario del vehículo, con el cual se almacenó el registro en la tabla de usuarios.
nomb	Variable de tipo carácter.	Almacenar el nombre o nombres del propietario del vehículo.
apepat	Variable de tipo carácter.	Almacenar el apellido paterno del propietario del vehículo.
apemat	Variable de tipo carácter.	Almacenar el apellido materno del propietario del vehículo.
tagveh	Variable de tipo carácter.	Almacenar el código de la tarjeta rfid asignada al usuario.
modelo	Variable de tipo carácter.	Almacenar el modelo del vehículo.
anio	Variable de tipo carácter.	Almacenar el año del vehículo.
marc	Variable de tipo carácter.	Almacenar la marca del vehículo.
plac	Variable de tipo carácter.	Almacenar el número de las placas del vehículo.
fecha	Fecha (aaaa-mm-dd)	Almacenar la fecha de salida del vehículo del estacionamiento.
horasal	Tiempo (hh:mm:ss)	Almacenar la hora de salida del vehículo al estacionamiento.

4.2 Administrador

En el programa de administrador (*Figura 4.2*), se pueden realizar diferentes funciones en cuanto al manejo de información del usuario, como:

- Agregar registros
- Buscar registros
- Actualizar registros
- Eliminar registros

El bloque también está integrado por una sección de bitácora, que nos permite tener acceso a los registros de entradas y salidas, que el usuario ha realizado.

La sección de extravío de etiqueta permite corroborar la información del usuario, ingresando el NIP.

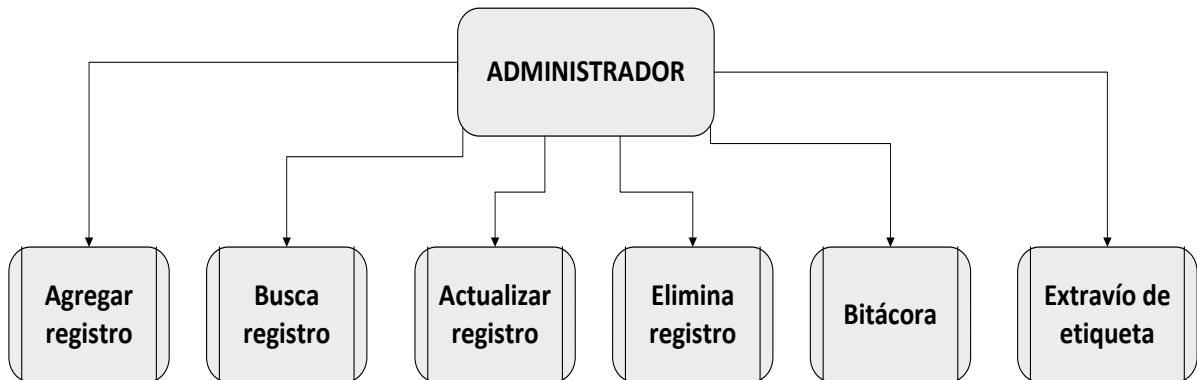


Figura 4.2 Esquema del programa de administrador.

A continuación se describe el algoritmo que se siguió, para lograr el objetivo planteado en cada una de las secciones.

Agregar registros.

En esta sección se añaden los datos del registro al que se le autorizará el acceso al estacionamiento (*Tabla 4.4*). Estos datos nos permiten mantener el control de información, e identificación de los usuarios y de su respectivo automóvil.

Tabla 4.4 Datos del vehículo y del propietario

DATOS DE USUARIO	DATOS DE AUTOMOVIL
Nombre	Modelo
Apellido Paterno	Año
Apellido Materno	Marca
NIP	Placas
	CU de la etiqueta vehicular

Para agregar el código de la etiqueta correspondiente a cada usuario, se realizó una interfaz de comunicación entre la tarjeta de prueba RFID y la PC por medio del puerto USB, emulando una comunicación serie RS232, debido a que la tecnología RFID utiliza este tipo de comunicación. Para realizar dicha emulación se utilizó el controlador USB Driver V3.0, con la finalidad de obtener una conversión USB-SERIE.

El algoritmo (*Figura 4.3*) utilizado para llevar a cabo la función de agregar registros, es el siguiente:

Se leen los datos que han sido ingresados en cada uno de los campos, se valida que no existan datos vacíos y que el NIP únicamente contenga dígitos del 0 al 9, si alguno de los campos ésta en blanco, se envía un mensaje que notifica la existencia de campos sin llenar, y no permite continuar hasta que se ingrese la información adecuada y necesaria; una vez que se validan los campos, se conecta a la base de datos rfid, y se inserta cada uno de los datos en su respectivo campo de la tabla usuarios, y posteriormente se cierra la conexión a la base.

Cabe mencionar que cuando se agrega un registro, se le asigna un identificador (ID), que es autoincrementado y que es de utilidad para las siguientes funciones.

Otro aspecto que se tomó en cuenta al agregar registros, fue el tener una identificación visual de la persona por medio de una fotografía, por si se presenta la situación de extravío de la etiqueta vehicular, de esta manera será más fácil y rápida la identificación del usuario y del vehículo, evitando que el usuario realice trámites y que tenga que esperar. La fotografía se toma al momento que se registra al usuario.

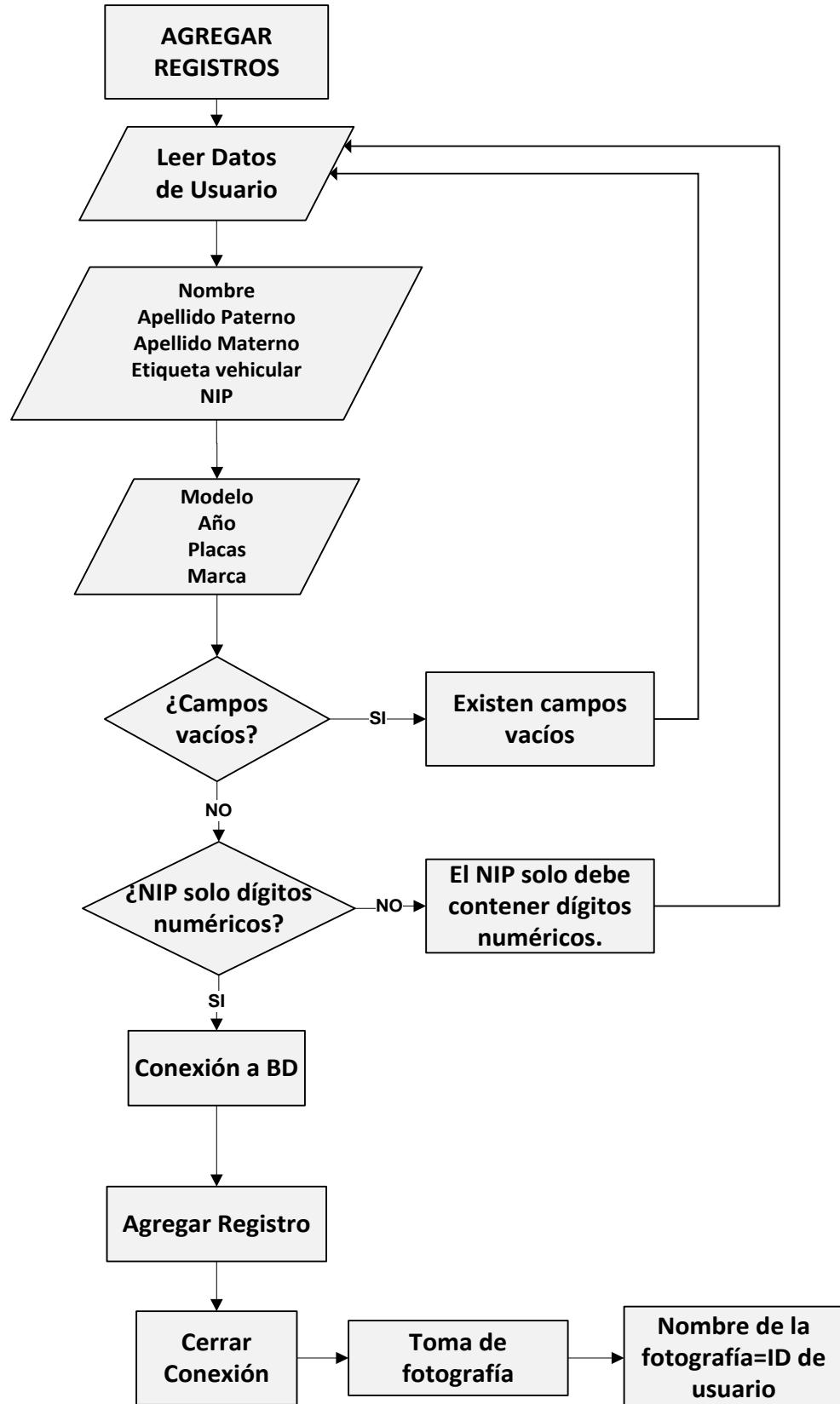


Figura 4.3 Algoritmo de agregar registro.

Buscar registros.

La sección de búsqueda, permite realizar consultas de los registros existentes en la base de datos, estas consultas pueden realizarse por distintos criterios (*Tabla 4.5*):

Tabla 4.5 Criterios de búsqueda

CRITERIOS DE BÚSQUEDA	
<i>Datos de usuario</i>	<i>Datos de automóvil</i>
Nombre	Modelo
Apellido Paterno	Año
Apellido Materno	Marca
	Placas

El algoritmo que se siguió para la implementación de esta función (*Figura 4.4*), se explica a continuación.

Se selecciona de un menú desplegable, el criterio por el cual se desea realizar la búsqueda, ya sea por datos de usuario o de automóvil; se ingresa el dato a buscar, se valida que efectivamente se haya seleccionado una opción, y que el campo no se encuentre vacío, de no cumplirse con alguna de estas dos condiciones, se muestra un mensaje de advertencia, indicando que se debe seleccionar un criterio de búsqueda, o que se debe ingresar el dato.

Después se realiza la conexión a la base de datos, se busca el registro deseado dentro de la tabla usuarios, si existe, la información se despliega en pantalla y se cierra la conexión.

Si el registro no está almacenado en la base de datos, se muestra un mensaje de que el registro no existe.

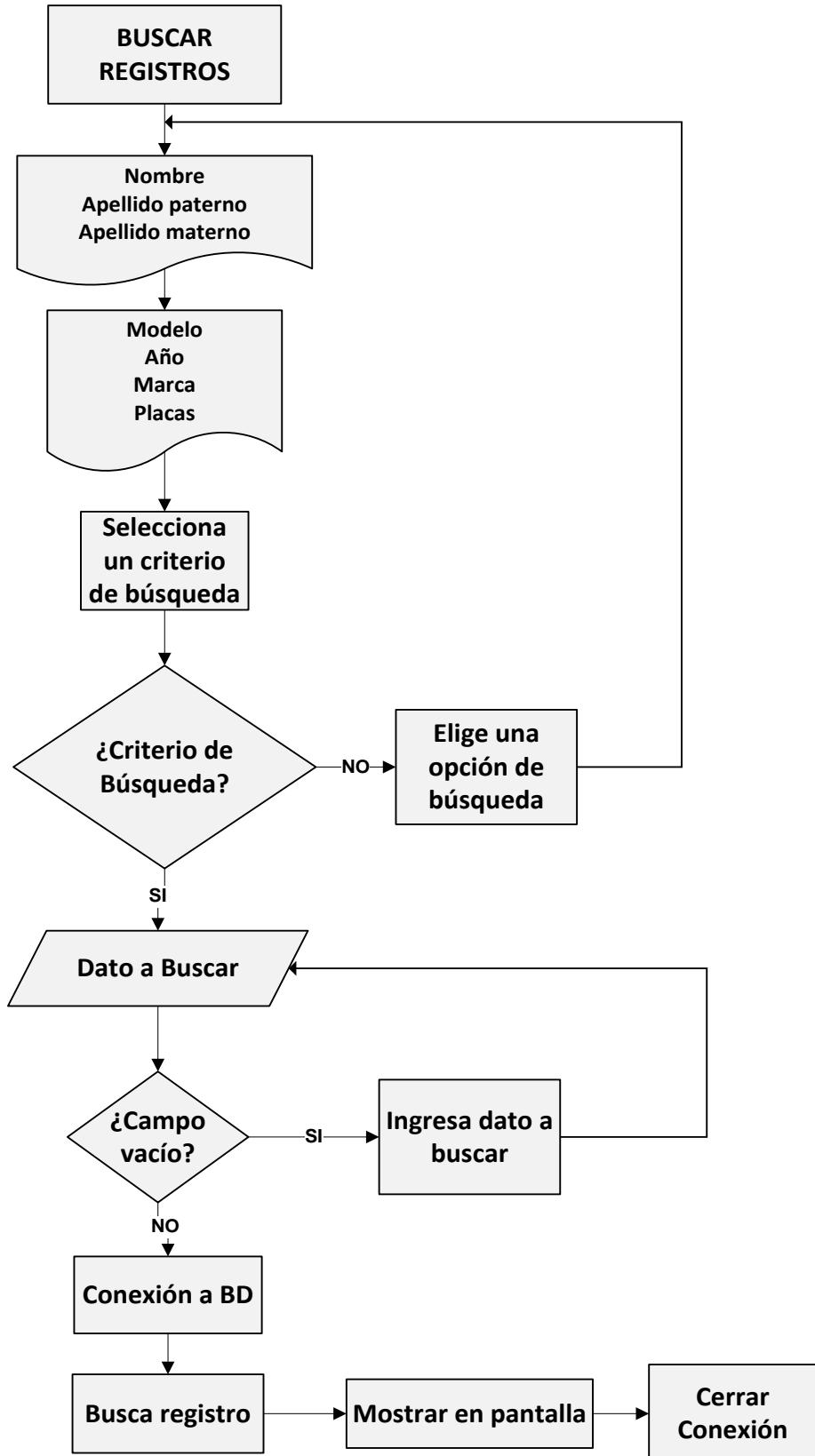


Figura 4.4 Algoritmo de búsqueda.

Actualizar registros.

La parte de actualizar, permite editar algunos campos de la información personal y de su vehículo de cada uno de los usuarios, en el caso de que exista algún error (*Tabla 4.6*).

Tabla 4.6 Opciones de datos para actualizar.

DATOS A ACTUALIZAR	
<i>Datos de usuario</i>	<i>Datos del vehículo</i>
Nombre	Modelo
Apellido Paterno	Año
Apellido Materno	Marca
	Placas

El algoritmo (*Figura 4.5*) para realizar esta función, inicia con una búsqueda del registro que se desea modificar, tomando en cuenta los criterios de búsqueda, y la validación antes descrita.

Una vez realizada la consulta, se despliegan en pantalla los usuarios encontrados dentro de la base de datos rfid, un dato importante y que nos es de gran utilidad, es el número de ID asignado al registro, ya que puede ocurrir que el dato a buscar se repita en dos o más registros, pero con el ID se puede tener el control en esta situación.

Enseguida se muestra un campo donde se debe ingresar el ID del usuario que se desea actualizar, se valida que en el campo no se encuentre vacío, se realiza la conexión a la base de datos y se busca el registro que corresponda con el ID, posteriormente se muestra la información almacenada del registro, en campos separados para su edición, se actualiza y se cierra la conexión.

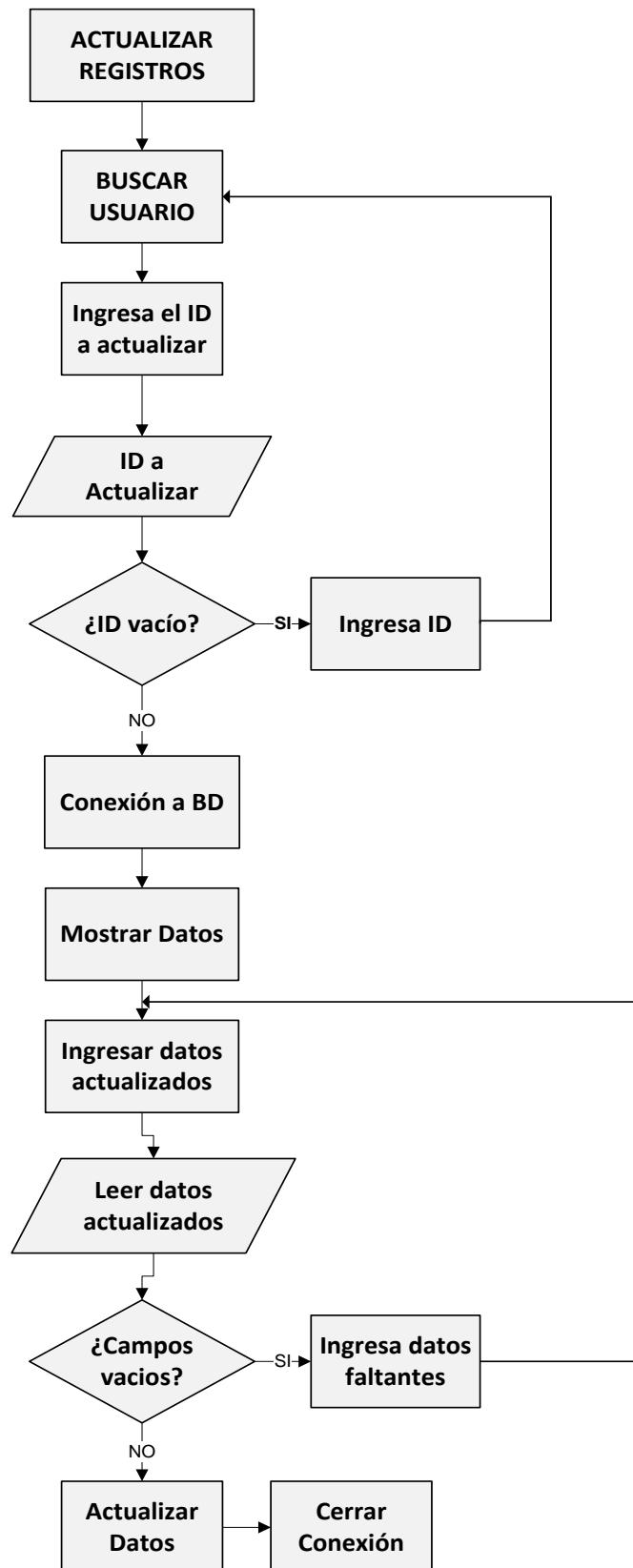


Figura 4.5 Algoritmo para llevar a cabo la actualización de datos.

Eliminar registros.

La sección de eliminar registros, permite dar de baja a un usuario y borrar su información dentro de la base de datos RFID.

El algoritmo (*Figura 4.6*) se describe a continuación:

Se realiza una búsqueda con los criterios y las validaciones correspondientes, la información de la búsqueda se muestra en pantalla y se pide el ID a eliminar, enseguida se realiza la conexión a la base de datos, se borra dicha información de la base de datos y se cierra la conexión.

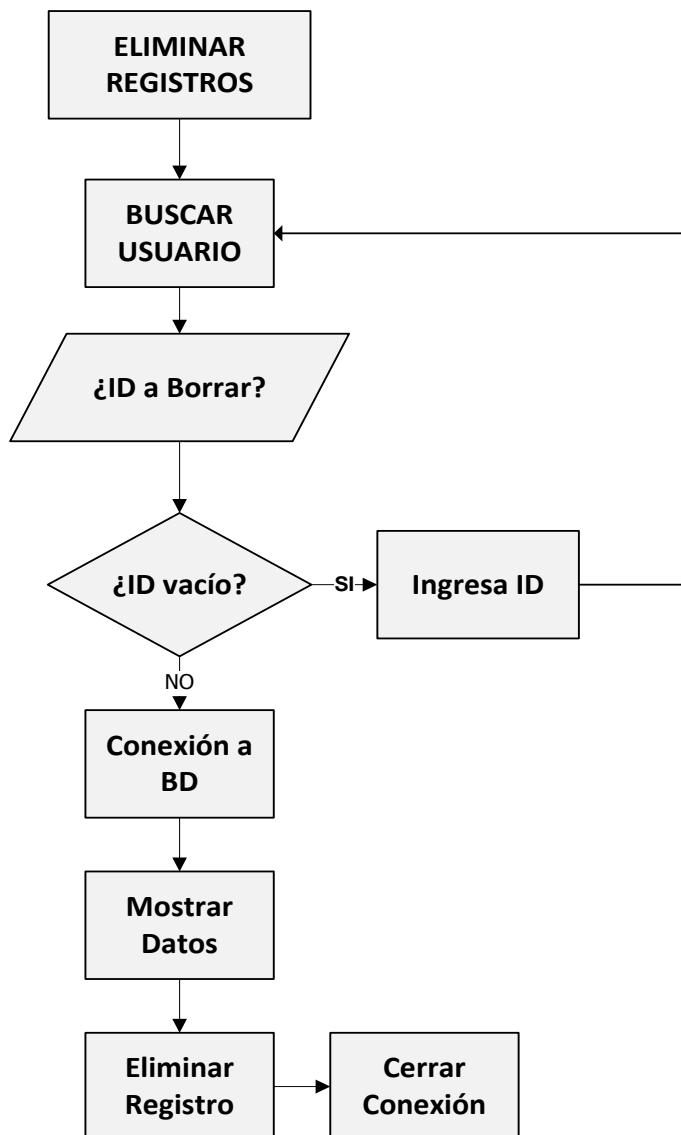


Figura 4.6 Algoritmo para eliminar usuario.

Bitácora

La sección de bitácora permite obtener un informe de las horas de entrada y salida al estacionamiento, de los usuarios autorizados.

Para esta sección se agregaron algunos criterios de búsqueda (*Tabla 4.7*):

Tabla 4.7 Criterios de búsqueda para la sección bitácora.

CRITERIOS DE BÚSQUEDA BITÁCORA		
<i>Datos de usuario</i>	<i>Datos del vehículo</i>	
Nombre	Modelo	<i>Fecha</i>
Apellido Paterno	Año	<i>Hora de entrada</i>
Apellido Materno	Marca	<i>Hora de salida</i>
	Placas	

El algoritmo (*Figura 4.7*) se basa en la función de buscar. En el criterio de fecha, se debe ingresar un rango del que se desea adquirir la información, el cual se selecciona de dos calendarios desplegables. En el caso de hora de entrada y hora de salida, se debe ingresar la hora inicial y la hora final, en que se desea saber los movimientos realizados dentro del estacionamiento.

En los criterios de nombre, apellido paterno, apellido materno, marca, placas, modelo y año, se conecta a la base de datos, busca los registros almacenados y los despliega en pantalla. Para estos criterios, es necesario pedir el identificador del usuario que se desea ver la bitácora, una vez ingresado el ID, busca en la base datos y muestra el historial del usuario, con la fecha y horas de entrada y salida al estacionamiento.

De esta manera se podrán realizar consultas sobre todos los movimientos de acceso y salida que realizan los usuarios.

Capítulo4.Diseño del software de la aplicación

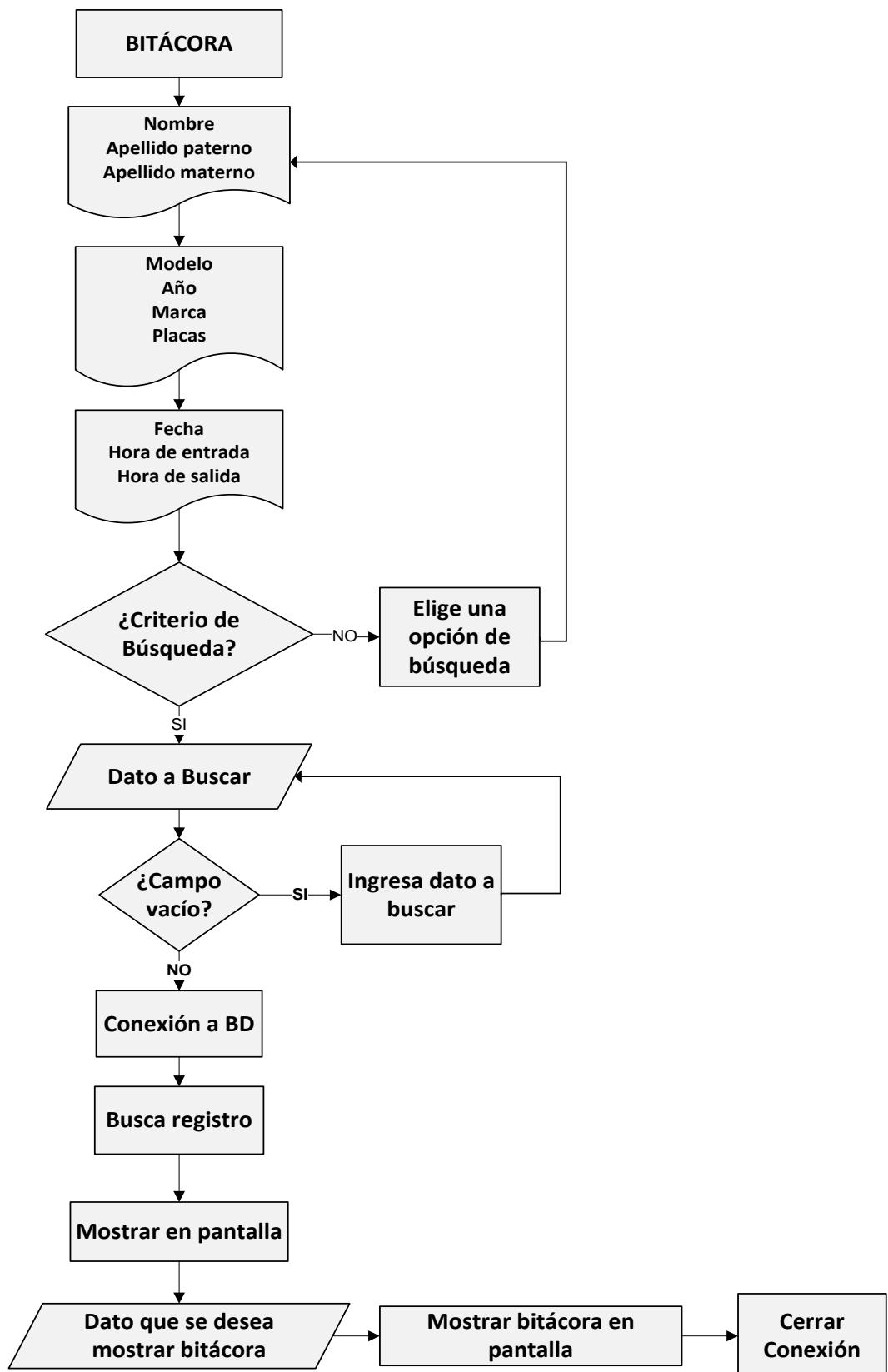


Figura 4.7 Algoritmo para consultar los movimientos dentro del estacionamiento

Extravío de etiqueta

La sección de extravío (*Figura 4.8*) de etiqueta permite desplegar la información de usuario, mediante el ingreso del NIP, esto se realizó con el fin de ahorrar tiempo y facilitar el proceso que se debe llevar a cabo, cuando un usuario pierda la etiqueta RFID de su automóvil, de esta manera ingresará el NIP y aparecerán sus datos personales, del automóvil y su fotografía, con lo que será más fácil identificar si realmente el automóvil le pertenece.

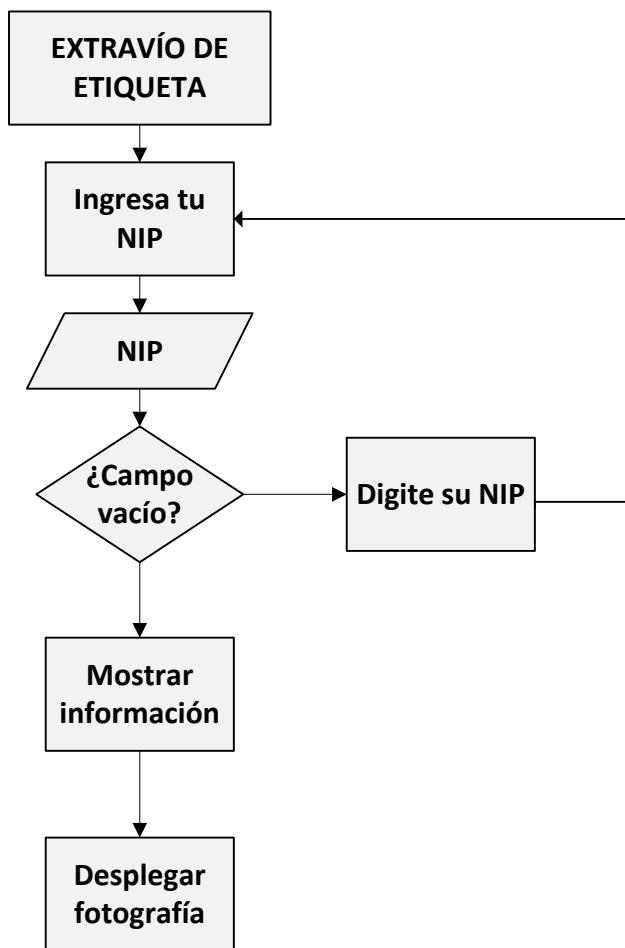


Figura 4.8 Algoritmo para la sección de extravío de etiqueta.

4.3 Entrada

El bloque de entrada permite tener el control de los automóviles que ingresan al estacionamiento.

Los elementos que implementan esta sección, son un lector que envía el código de la etiqueta del automóvil a la base de datos, se verifica que el código esté asociado a un registro de usuario, para poder permitir el acceso (*Figura 4.9*).

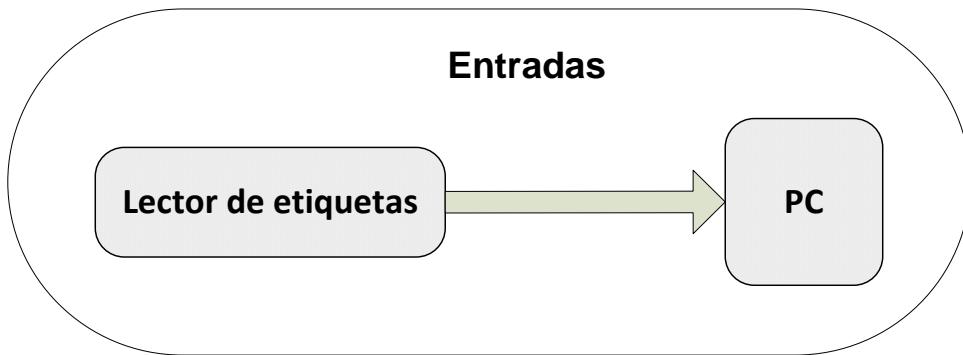


Figura 4. 9 Bloque de entradas.

El algoritmo (*Figura 4.10*) que se siguió para la implementación de esta sección, es el siguiente:

El horario en que se permite el acceso al estacionamiento está limitado por el administrador, el inicio se realiza de manera manual y para dar fin al acceso, es necesario ingresar la hora, de esta manera la comunicación entre el lector RFID y la PC, se mantiene abierta durante el tiempo que el estacionamiento proporciona sus servicios.

Cuando un automóvil ingresa al estacionamiento, se lleva a cabo la lectura de la etiqueta, el código es enviado a la PC, y se verifica que se encuentre almacenado en la base de datos, de no estar registrado se prohíbe el paso, en caso contrario, se permite el acceso y se registra la hora de entrada en la base de datos dentro de la tabla entradas.

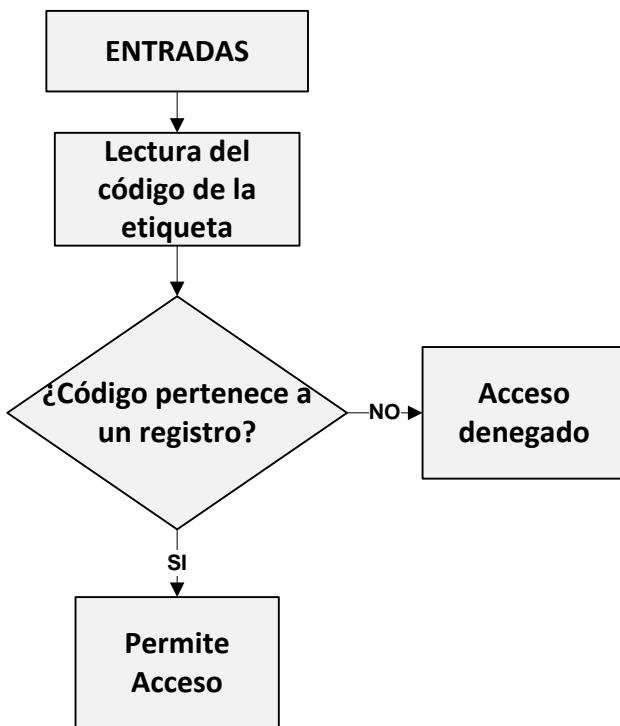


Figura 4. 10 Algoritmo de entrada.

4.4 Salida

La salida de automóviles debe registrarse, para poder tener el número de vehículos que se encuentran dentro del estacionamiento, y así informar a los usuarios que deseen acceder a éste, cuántos lugares disponibles hay.

El software debe controlar la lectura de las etiquetas por medio del hardware que se utiliza en la aplicación, y también hacer la consulta a la base de datos de usuarios, para obtener el registro correspondiente a la etiqueta del automóvil que sale, para después almacenarlo en la tabla de salidas, en donde se añade además, la fecha y la hora en que el vehículo sale.

El algoritmo (Figura 4.11) de operación del programa de control de salidas, es el siguiente:

Se realiza la lectura del NIP que el conductor debe introducir mediante el teclado numérico, con la opción de borrar, por si se equivoca, al presionar la tecla de aceptar, se realiza entonces la lectura de la tarjeta del vehículo, una vez que el programa tiene los 2 datos, se hace la consulta en la base de datos, para buscar el registro al que pertenecen, si pertenecen al mismo usuario y la digitación del NIP fue correcta, se permite la salida del estacionamiento.

Por el contrario, si se tiene el registro al que pertenece la tarjeta y el nip no coincide con éste; y hace la petición para que el conductor digite nuevamente su número de identificación personal; si se repite el evento en el cual no coincide, se pide por última vez la introducción del código, y si la respuesta vuelve a ser negativa, se activa una alarma indicando que el vehículo intenta ser robado.

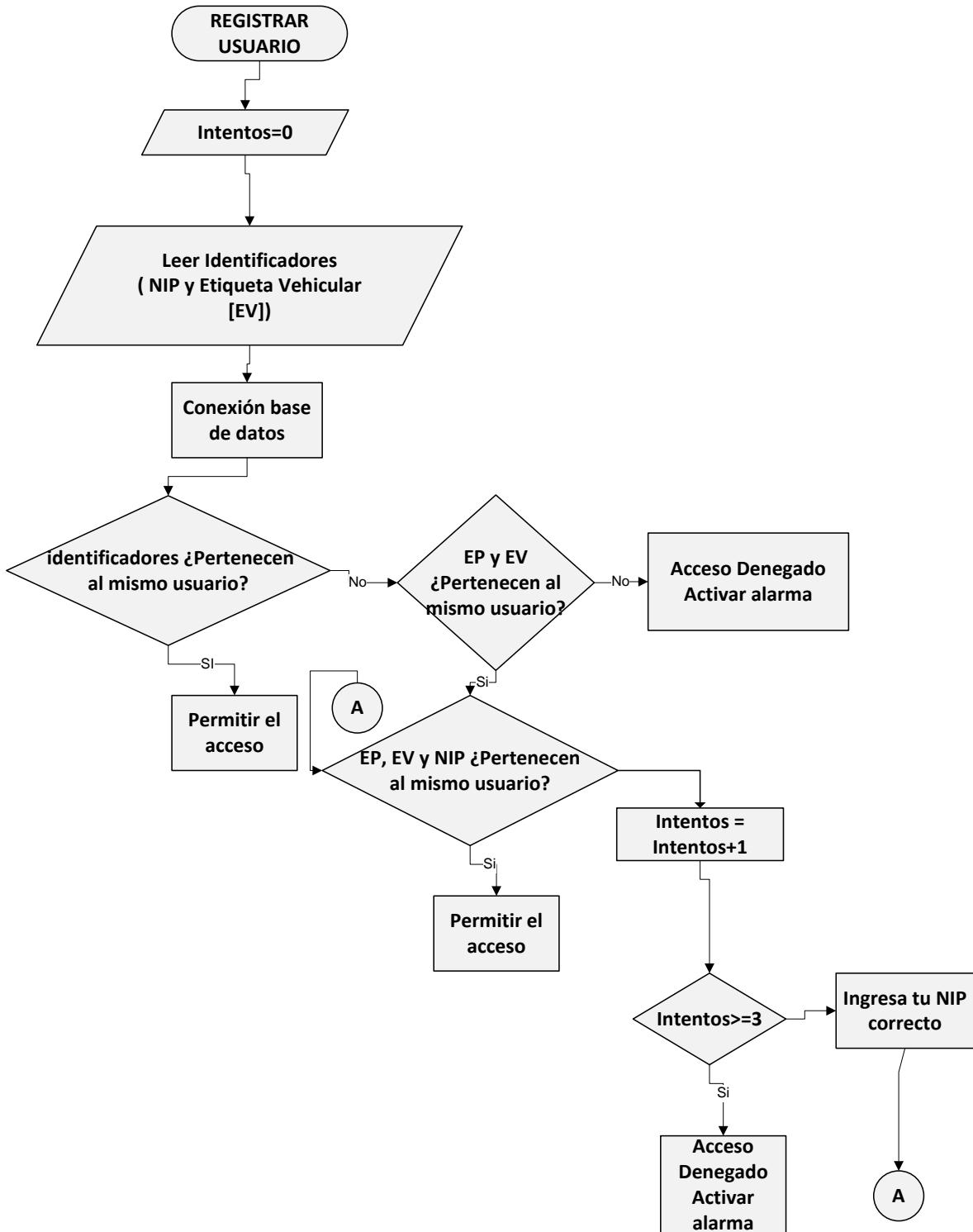


Figura 4. 11 Algoritmo de registro de salidas.

Capítulo 5-Resultados.

En este capítulo se presentan los resultados de la aplicación al integrar y el hardware y el software de los capítulos 3 y 4.

El primer punto es la portada (Figura 5.1) del programa en la cual se puede hacer la selección de las diferentes sub aplicaciones que conforman la Aplicación General.



Figura 5.1 Portada de la Aplicación General con los siguientes botones a) Programa de administrador, b) programa de entradas, c) programa de salidas, d) cerrar aplicación, e) información.

En la Figura 5.1 se puede observar:

- El título de la tesis
- Nombre de autores y asesores
- Los botones que son para el inicio de cada una de las sub aplicaciones, que conforman la aplicación final de la tesis.

Empezaremos por mostrar la funcionalidad de cada una de las sub aplicaciones, con las que cuenta el programa completo.

5.1 Programa del Administrador.

1.- Para entrar a la aplicación del administrador, tenemos que dar clic en el botón **Programa Administrador**, como lo muestra la Figura 5.2.



Figura 5.2 Clic en el botón Programa Administrador

2. Posteriormente, se mostrará la aplicación del administrador (Figura 5.3).

ID	nomb	apepat	apemat	tagveh	modelo	año	marc	plac	nip
1	Ernesto	Torres	Casanova	1800376AA4E	Corsa	2007	Chevrolet	377UC1	1234
2	Pablo	Hernandez	Reyes	1A00167493E	Mustang GT	2009	Ford	PCK855	1256
3	Alejandro	Cervantes	Najera	1A00165D174	G3	2008	Pontiac	MBZ1509	5678
4	Rabid	Guerrero	Huerta	1A001673CDB	Jetta	1998	Volkswagen	ERJ6641	987

Figura 5.3 Aplicación del administrador.

5.1.1 Agregar Usuarios.

En la primera pestaña **Agregar Usuarios**, se pretende introducir los datos de los usuarios a los que se otorgará el permiso para poder usar el estacionamiento del edificio 1. A cada conductor se le hará entrega de una etiqueta vehicular al igual que un NIP confidencial.

Los pasos que debes seguirse para agregar a un nuevo usuario son:

- 1.- Introducir los datos generales de la persona (nombre, apellido paterno, apellido materno), (Figura 5.4).

id	nomb	apepat	apemat	tagveh	modelo	anio	marc	plac	nip
1	Ernesto	Torres	Casanova	1B00376AA4E2	Corsa	2007	Chevrolet	377UCJ	1234
2	Pablo	Hernandez	Reyes	1A00167493EB	Mustang GT	2009	Ford	PCK855	1256
3	Alejandro	Cervantes	Najera	1A00165D1746	G3	2008	Pontiac	MBZ1509	5678
4	Rabid	Guerrero	Huerta	1A001673CDB2	Jetta	1998	Volkswagen	ERJ6641	987

Figura 5.4 Datos generales del usuario.

2. Agrega el código único (CU) del la tarjeta RFID del vehículo. esto se efectuará dando clic en el botón circular y pasando la tarjeta por el lector para que el programa capture el CU que esta contenido dentro de la etiqueta RFID. Después de hacerlo, el programa lo desplegará dentro del campo **Etiqueta vehicular** (Figura 5.5).

Aregar usuarios

The screenshot shows a Windows application window titled 'MenuPrincipal'. At the top, there are tabs: 'Agregar Usuarios' (highlighted in blue), 'Buscar Usuarios', 'Actualizar Registros', 'Eliminar Registros', and 'Bitácora'. Below the tabs, there are two main sections: 'Datos de Usuario' (User Data) and 'Datos del Vehículo' (Vehicle Data). In the 'Datos de Usuario' section, fields include 'Nombre' (Name) with value 'Alejandro', 'Apellido Paterno' (Last Name) with value 'Velazquez', 'Apellido Materno' (Middle Name) with value 'Jimenez', 'Etiqueta Vehicular' (Vehicle Tag) with value '01038202F87A' and a checkmark icon, and 'NIP' (NIP) with a blank input field. In the 'Datos del Vehículo' section, fields include 'Modelo' (Model) with value 'A3', 'Año' (Year) with value '2008', 'Marca' (Brand) with value 'Audi', and 'Placas' (License Plate) with value 'AVJ2008'. Below these sections is a large table with columns: id, nombr, apepat, apemat, tagveh, modelo, anio, marc, plac, and nip. The table contains five rows of data. At the bottom center is a blue 'Agregar' (Add) button.

id	nombr	apepat	apemat	tagveh	modelo	anio	marc	plac	nip
1	Ernesto	Torres	Casanova	1B00376AA4E2	Corsa	2007	Chevrolet	377UCJ	1234
2	Pablo	Hernandez	Reyes	1A00167493EB	Mustang GT	2009	Ford	PCK855	1256
3	Alejandro	Cervantes	Najera	1A00165D1746	G3	2008	Pontiac	MBZ1509	5678
4	Rabid	Guerrero	Huerta	1A001673CDB2	Jetta	1998	Volkswagen	ERJ6641	987
*									

Figura 5.5 Captura del CU de la etiqueta RFID.

3. Llenar los datos restantes como lo son el NIP y los datos propios del vehículo (Figura 5.6). Para terminar dar clic en el botón **Agregar**.

This screenshot shows the same application window as Figure 5.5, but with all fields filled. The 'NIP' field now contains '1357'. The 'Placas' field now contains 'AVJ2008'. The rest of the fields remain the same as in Figure 5.5. The table at the bottom is identical to the one in Figure 5.5.

id	nombr	apepat	apemat	tagveh	modelo	anio	marc	plac	nip
1	Ernesto	Torres	Casanova	1B00376AA4E2	Corsa	2007	Chevrolet	377UCJ	1234
2	Pablo	Hernandez	Reyes	1A00167493EB	Mustang GT	2009	Ford	PCK855	1256
3	Alejandro	Cervantes	Najera	1A00165D1746	G3	2008	Pontiac	MBZ1509	5678
4	Rabid	Guerrero	Huerta	1A001673CDB2	Jetta	1998	Volkswagen	ERJ6641	987
*									

Figura 5.6 Llenado de los campos vacíos.

Capítulo5.Resultados

4.- Si todos los datos introducidos son correctos el programa mostrara la ventana de confirmación (Figura 5.7).

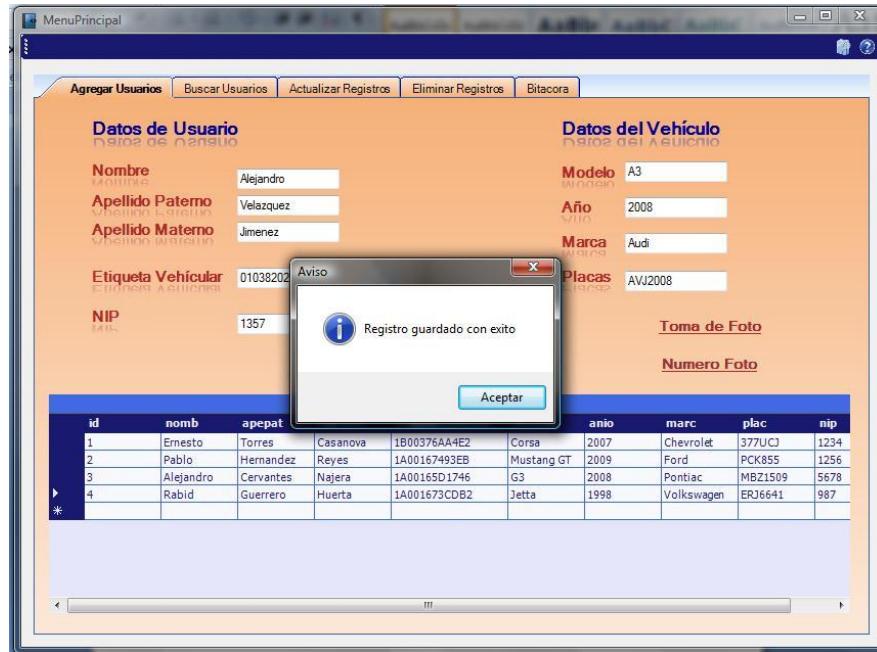


Figura 5.7 Mensaje de aprobación.

5. Los errores comunes dentro del llenado del formulario pueden ser que existan campos vacíos (Figura 5.8) o que el dato introducido en el campo de NIP no sea un numero (Figura 5.9) desplegándose los mensajes correspondientes.

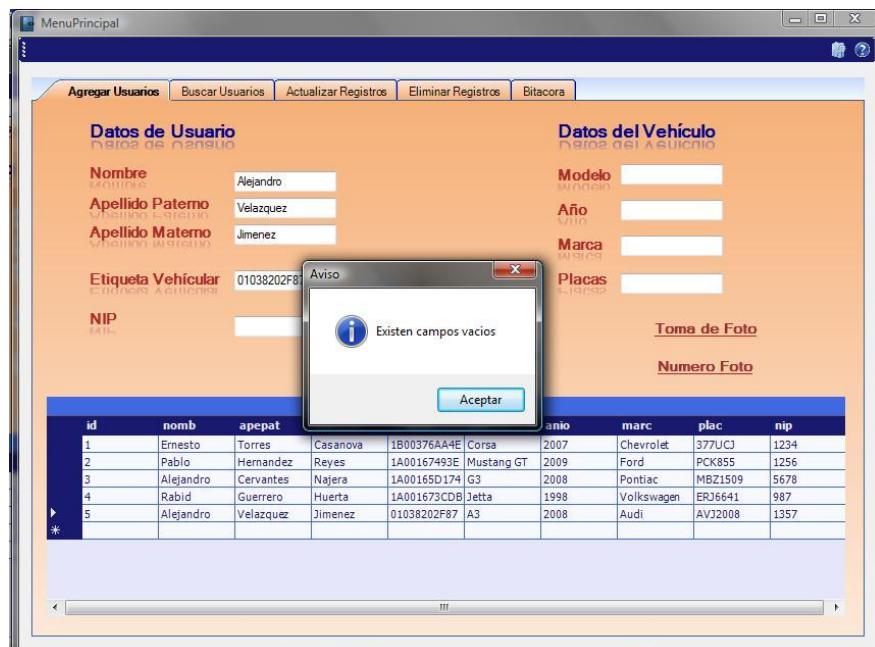


Figura 5.8 Mensaje de notificación de campos vacíos.

Agregar usuarios

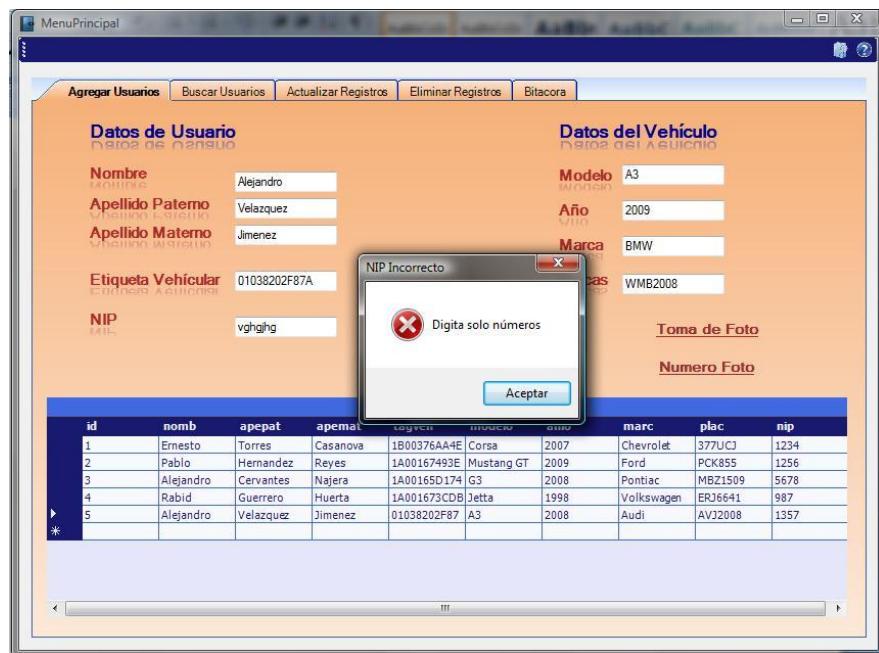


Figura 5.9 Notificación de error en el formato del NIP.

6. El siguiente paso es la toma de una foto para guardar un registro del usuario (Figura 5.10). Esto se hace como medida de seguridad por si se llegara a presentar un caso de extravío de una etiqueta vehicular, para poder identificar al usuario.

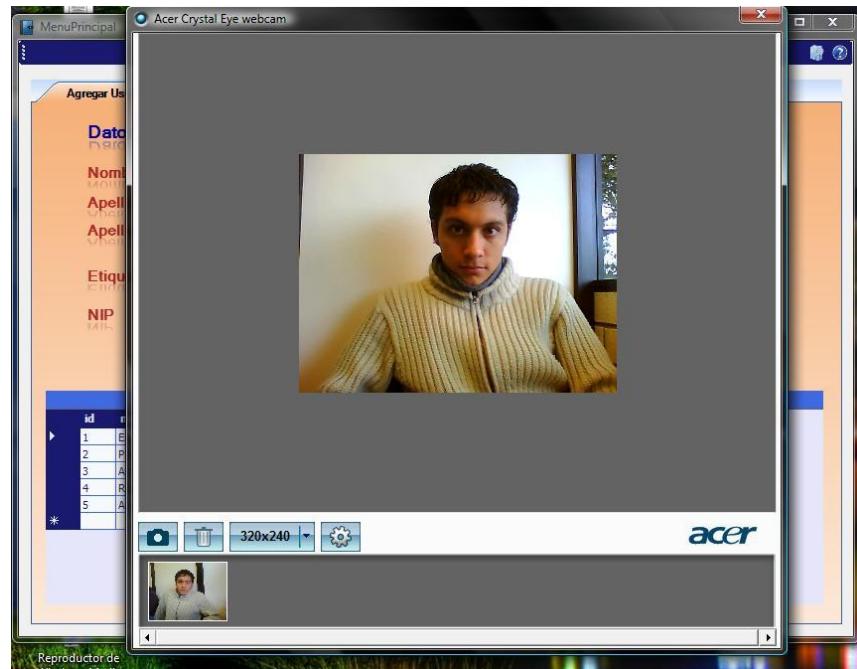


Figura 5.10 Captura de la foto del nuevo usuario.

5.1.2 Búsqueda de Usuarios

La búsqueda de usuarios está ubicada en la segunda pestaña (Figura 5.11). Los criterios de búsqueda que se pueden realizar son por:

- Nombre
- Apellido paterno
- Apellido materno
- Modelo
- Año del vehículo
- Marca del vehículo
- Placas

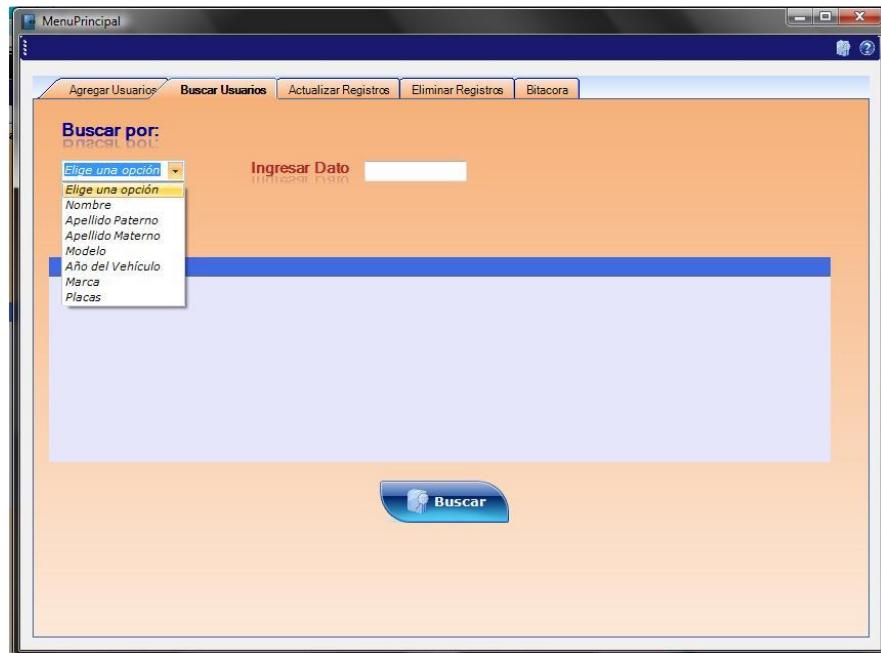


Figura 5.11 Ventana de búsqueda y criterios de búsqueda.

Ahora detallaremos los pasos para poder realizar una búsqueda, En este primer ejemplo haremos una búsqueda por **Nombre**.

1. Introducir el dato a buscar. En este caso introduciremos el nombre de algún usuario registrado en la base de datos. Para esto también se tendrá que elegir el criterio de búsqueda que es por nombre en la Figura 5.12.

Actualizar usuarios



Figura 5.12 Ventana de búsqueda con el criterio de nombre.

2. Después de haber dado clic en el botón de buscar se mostraran los resultados correspondientes al dato que hayamos introducido (Figura 5.13).

A screenshot of the same 'MenuPrincipal' window after a search has been performed. The 'Actualizar Registros' button is now highlighted in orange. The 'Nombre' dropdown is still set to 'Nombre' and the 'Ingresar Dato' field still contains 'Alejandro'. The main area of the window displays a table of vehicle data. The table has columns: id, nombr, apepat, apemat, tagveh, modelo, anio, marc, plac, and nip. There are three rows of data:

id	nombr	apepat	apemat	tagveh	modelo	anio	marc	plac	nip
3	Alejandro	Cervantes	Najera	1A00165D174	G3	2008	Pontiac	MBZ1509	5678
5	Alejandro	Velazquez	Jimenez	01038202F87	A3	2008	Audi	AVJ2008	1357
*									

Figura 5.13 Resultados obtenidos después de la búsqueda.

Capítulo5.Resultados

3. Los posibles errores en esta parte del programa pueden ser: a) un campo vacío, que b) el dato a buscar no se encuentre en la base de datos, c) que no se haya seleccionado un criterio de búsqueda. En las siguientes imágenes se muestran los posibles errores (Figura 5.14, Figura 5.15 y Figura 5.16).

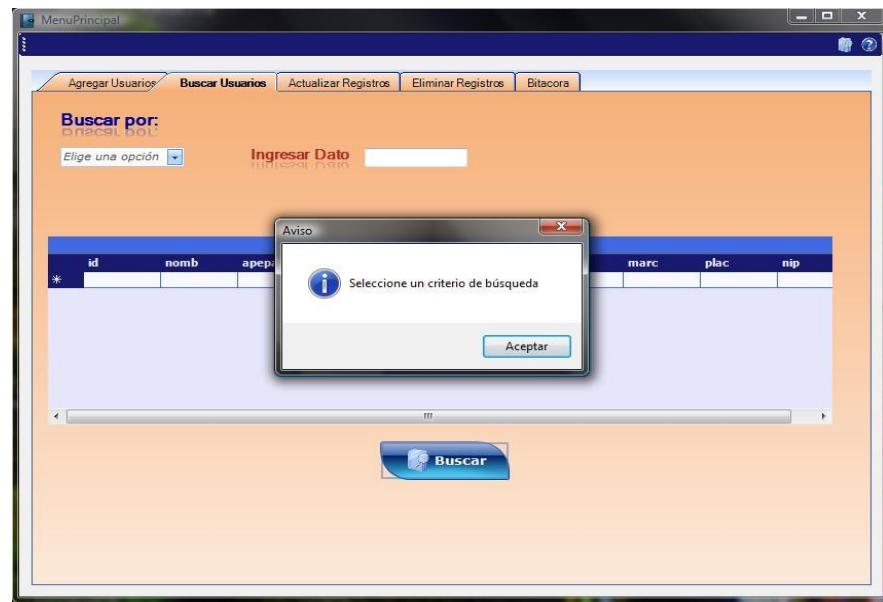


Figura 5.14 Mensaje de aviso para seleccionar el criterio de búsqueda.

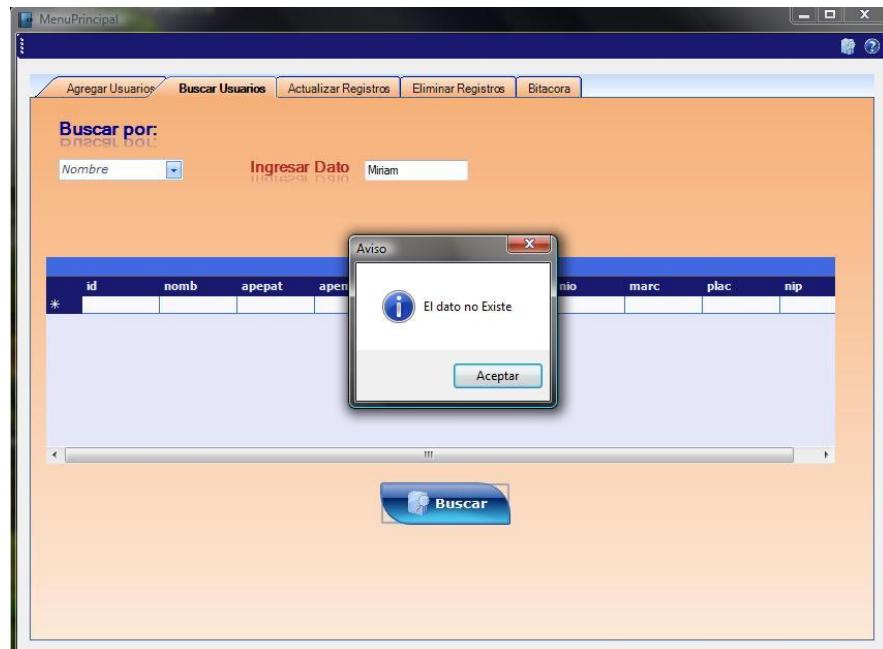


Figura 5.15 Aviso de que el dato de la búsqueda no se encuentra dentro de la base de datos.

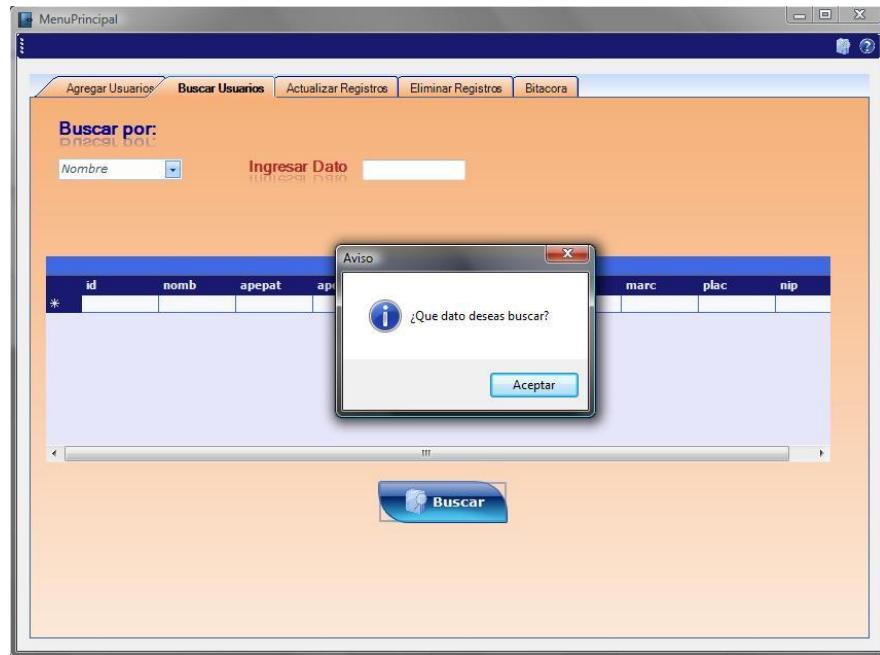


Figura 5.16 Mensaje que valida que se no esté en blanco el campo de Ingresar dato.

Si desea utilizar algún otro criterio de búsqueda, ya sea por apellido materno, apellido paterno, etc. el procedimiento es básicamente el mismo en todos los casos.

5.1.3 Actualizar Usuarios.

Esta parte de actualización se pensó para:

- Corregir errores de llenado del formulario, es decir, que se halla escrito mal algún nombre, apellido, etc.
- Que el usuario en el caso del vehículo, haya cambiado de modelo, de placas etc.

1. En la actualización se tiene que realizar una búsqueda como la que se explico en el subtema anterior (Figura 5.17, Figura 5.18).

Capítulo5.Resultados

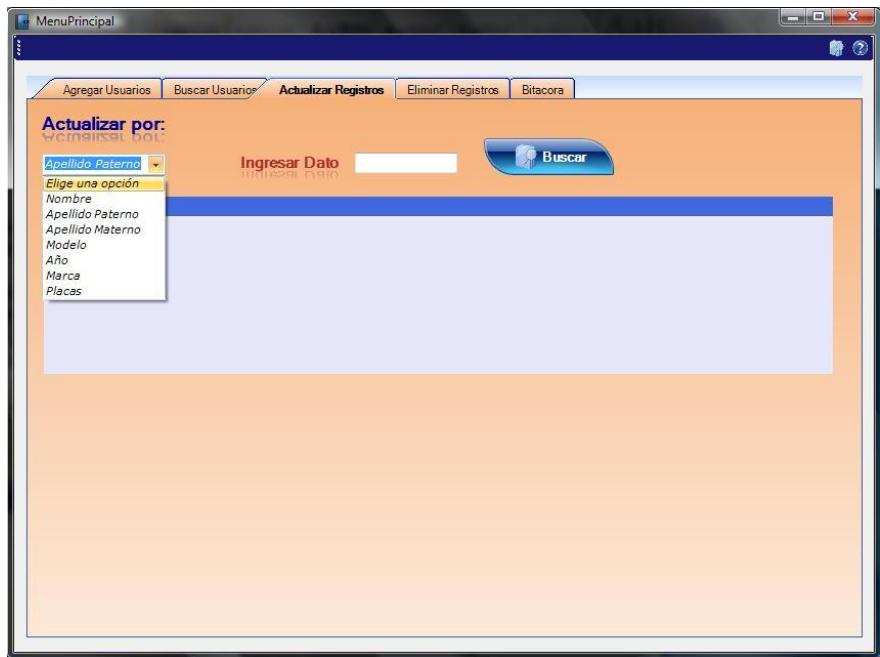


Figura 5.17 Selección del criterio de búsqueda.

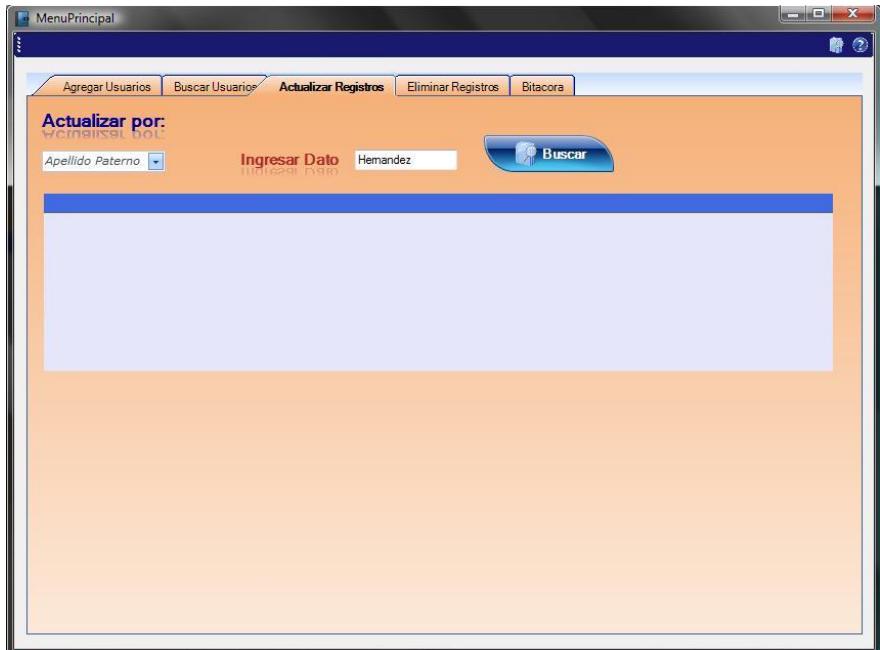


Figura 5.18 Dato a buscar.

Nota: El programa tiene que realizar nuevamente una búsqueda debido a que se necesita localizar el ID de usuario, que servirá de ayuda para poder obtener los datos del usuario y así actualizarlos.

Actualizar usuarios

2. Después de haber encontrado al usuario (Figura 5.19) se tiene que introducir el ID que aparece en la tabla para que se actualicen los datos.

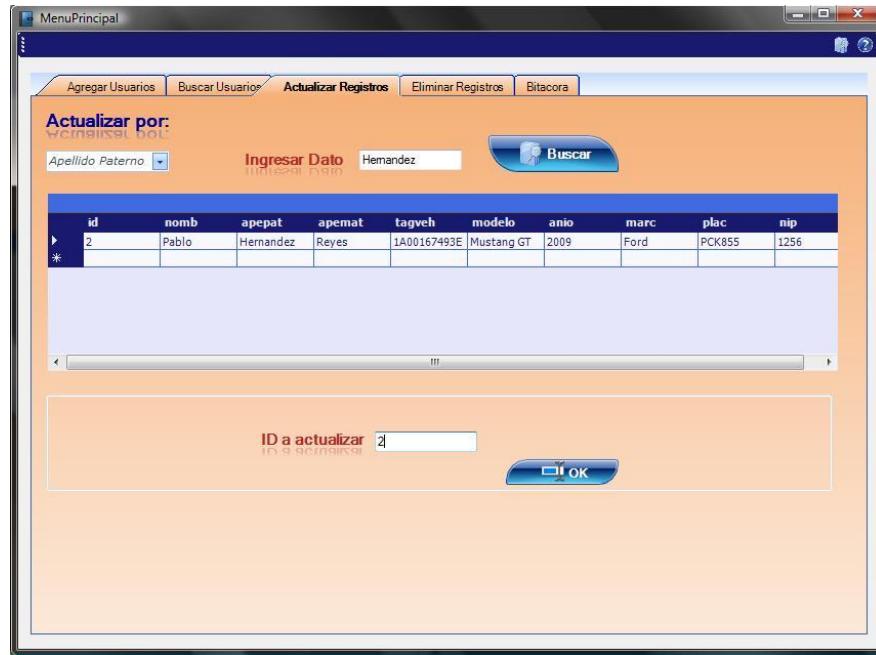
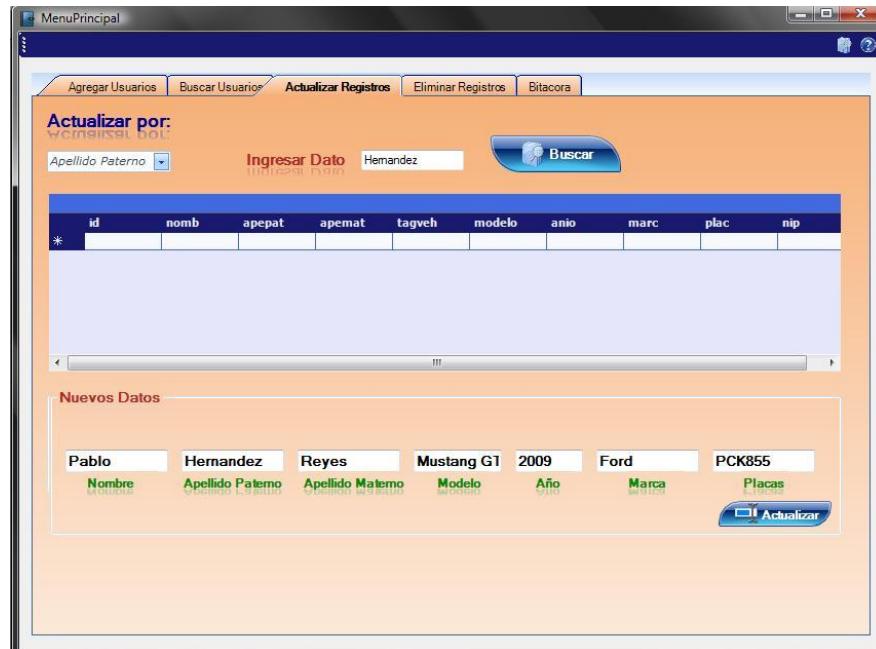


Figura 5.19 Localización del usuario e introducción del ID personal a actualizar.

3. Una vez introducido el **ID** y dando clic en el botón **OK** aparecerán los datos de dicho usuario en las cajas de texto editables (Figura 5.20) para que se hagan las modificaciones correspondientes.



Capítulo5.Resultados

Figura 5.20 Datos del usuario seleccionado para su modificación.

4. Capturadas las correcciones, se da clic en el botón **Actualizar** y desplegará un mensaje de que la actualización se llevó a cabo correctamente (Figura 5.21).

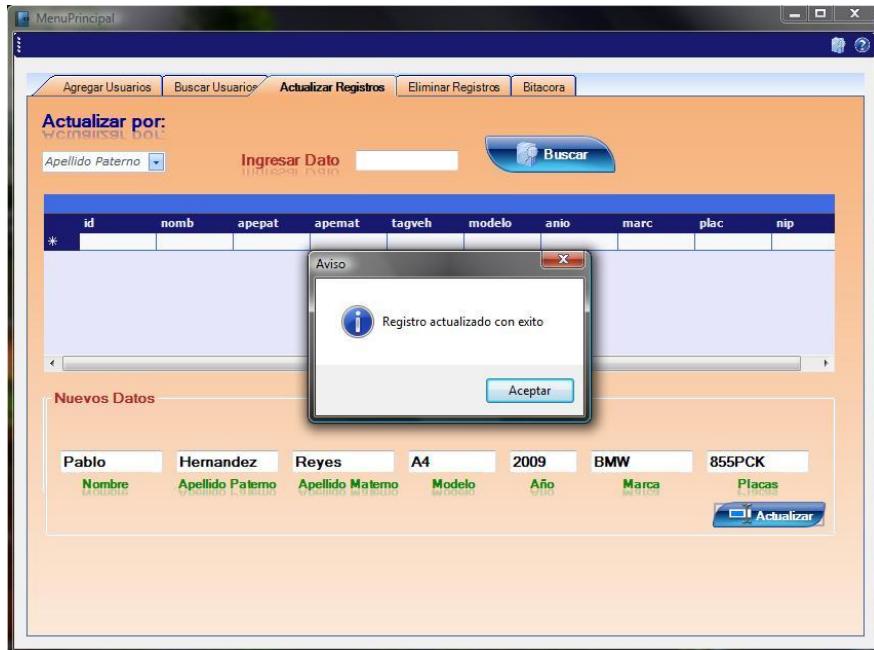


Figura 5.21 Registro actualizado correctamente.

5. Los posibles errores para este punto de actualización pueden ser:
a) que no se haya seleccionado el criterio de búsqueda; b) que no se haya introducido algún dato para buscar c) que algún campo este vacío tal como se hizo en la parte de búsqueda (subtema 5.1.2 paso numero 3).

5.1.4 Eliminar Registros.

Ubicado en la cuarta pestaña de la aplicación, la función de eliminar, se pensó para los usuarios que se dieran de baja del sistema. Los pasos para eliminar a un usuario de la base de datos son:

1. Realizar la búsqueda de usuario para localizar su ID
2. Terminada la búsqueda, se desplegarán los usuarios que correspondan al dato introducido y aparecerá un recuadro en donde se tiene que introducir el ID a eliminar (Figura 5.22).

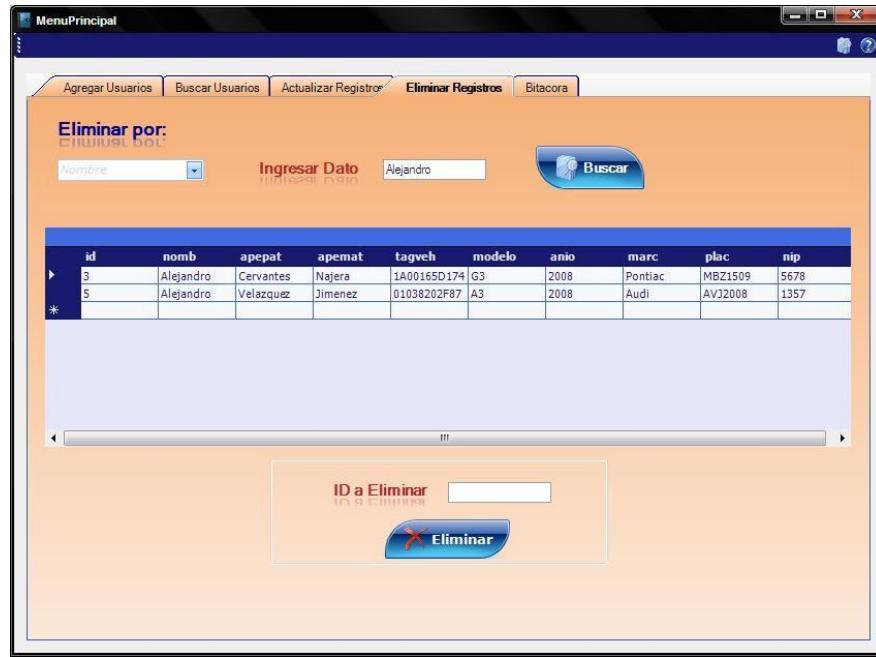


Figura 5.22 Selección del ID a eliminar

3. Seleccionar el ID del usuario que se quiere eliminar en el campo **ID a Eliminar** (Figura 5.23). Después de esto, hacer clic en el botón **Eliminar** y se mostrará el mensaje correspondiente de la eliminación (Figura 5.24).

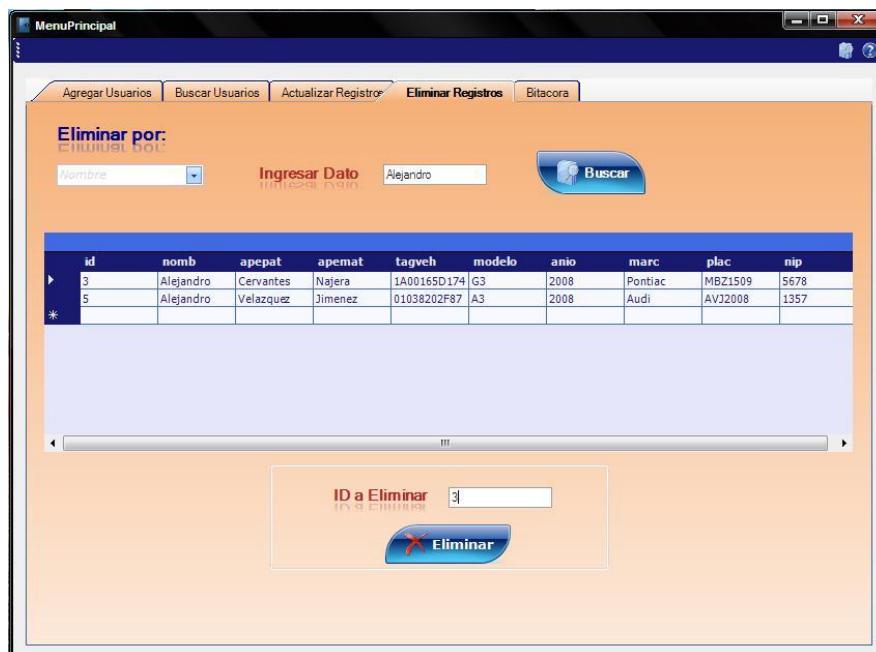


Figura 5.23 ID a eliminar.

Capítulo5.Resultados

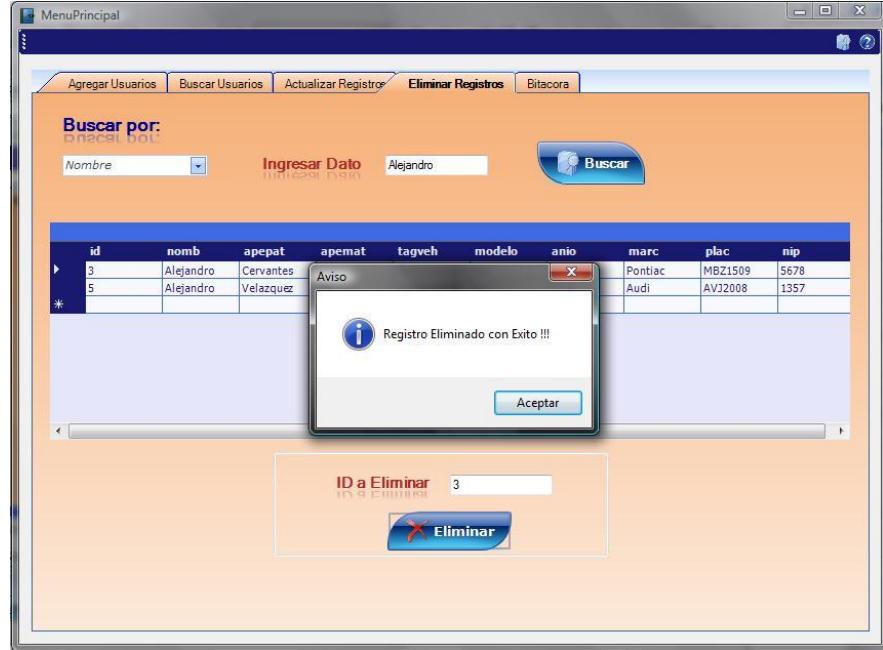


Figura 5.24 Mensaje de eliminación.

4.- Después de esto se mostrara la tabla de usuarios, en donde se puede observar que efectivamente la eliminación del usuario se llevó a cabo.

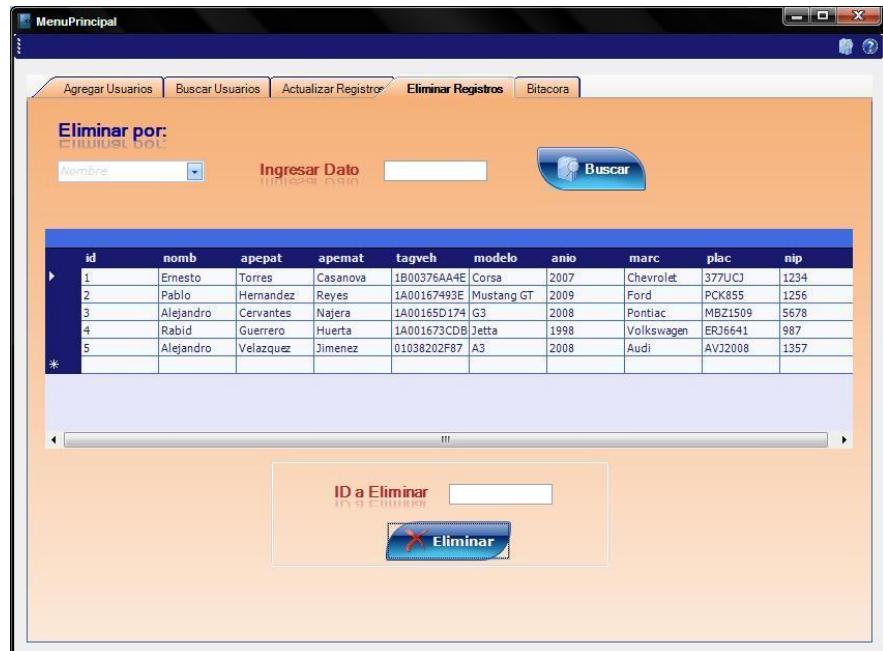


Figura 5.25 Nueva tabla con el registro eliminado.

5.1.5 Bitácora.

En esta pestaña ubicada en la 5ta. Posición, se presenta un nuevo formato (Figura 5.26), donde en la parte superior (Figura 5.27) se tendrá la búsqueda, que como ya se ha mencionado en los temas anteriores, nos ayudará a encontrar usuarios y obtener su ID.

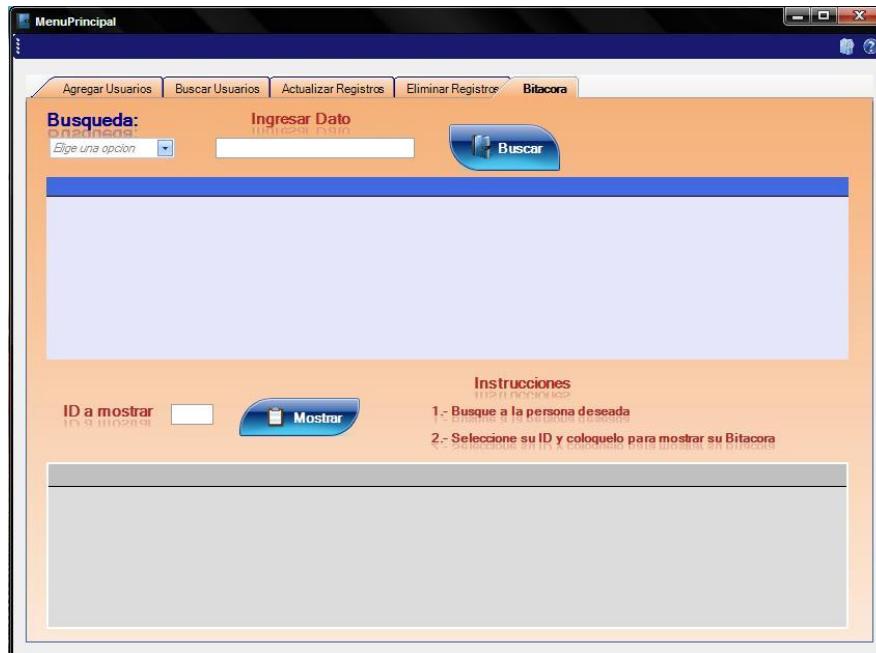


Figura 5.26 Pestaña Bitácora.



Figura 5.27 Primera parte búsqueda.

En la bitácora se agregaron tres nuevos criterios de búsqueda: por fecha, por hora de entrada y por hora de salida (Figura 5.30).

Capítulo5.Resultados



Figura 5.28 Nuevos criterios de búsqueda (Fecha, Hora de entrada, Hora de salida)

En la segunda parte (Figura 5.29) se presenta una opción para mostrar los datos de un solo usuario y observar el número de veces que ha entrado, salido y en qué fechas. Esto se realiza introduciendo el **ID del usuario** en el campo indicado y dando clic en el botón **Mostrar**.

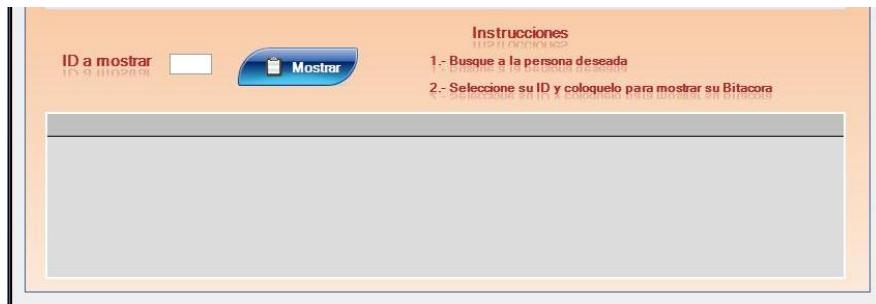


Figura 5.29 Segunda parte de la pestaña bitácora.

A continuación se describirán ejemplos de búsqueda por fecha y por hora de entrada.

a) BUSQUEDA POR FECHA.

1. Para hacer una búsqueda por fecha tenemos que seleccionar en la opción **Fecha** en el campo de búsqueda. A continuación para que se nos desplieguen los campos del intervalo que deseamos buscar (Figura 5.30).

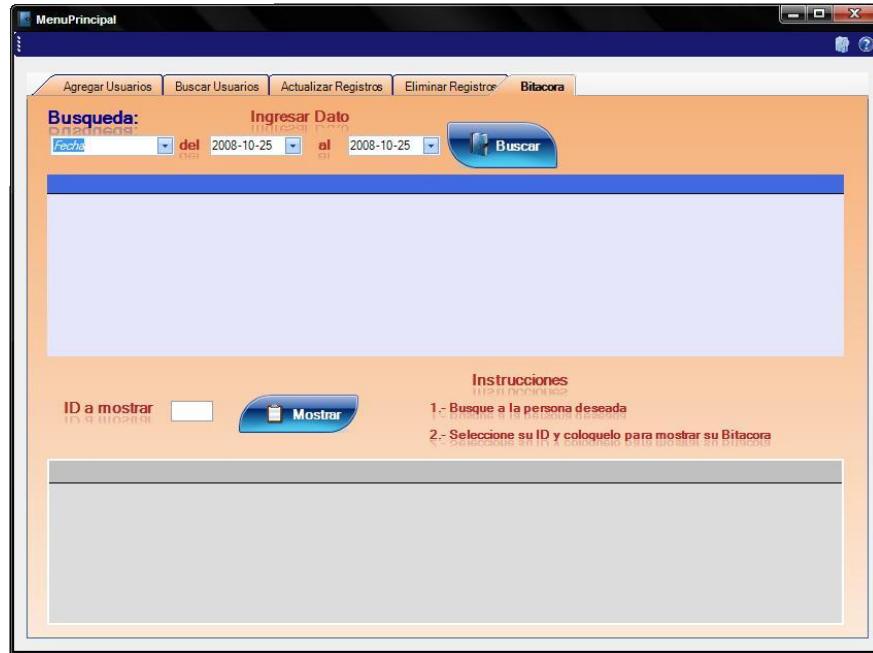


Figura 5.30 Selección de intervalo de Búsqueda.

2. Ahora tendremos que introducir un intervalo de búsqueda (Figura 5.31 y Figura 5.32), es decir una fecha de inicio y una fecha de fin.

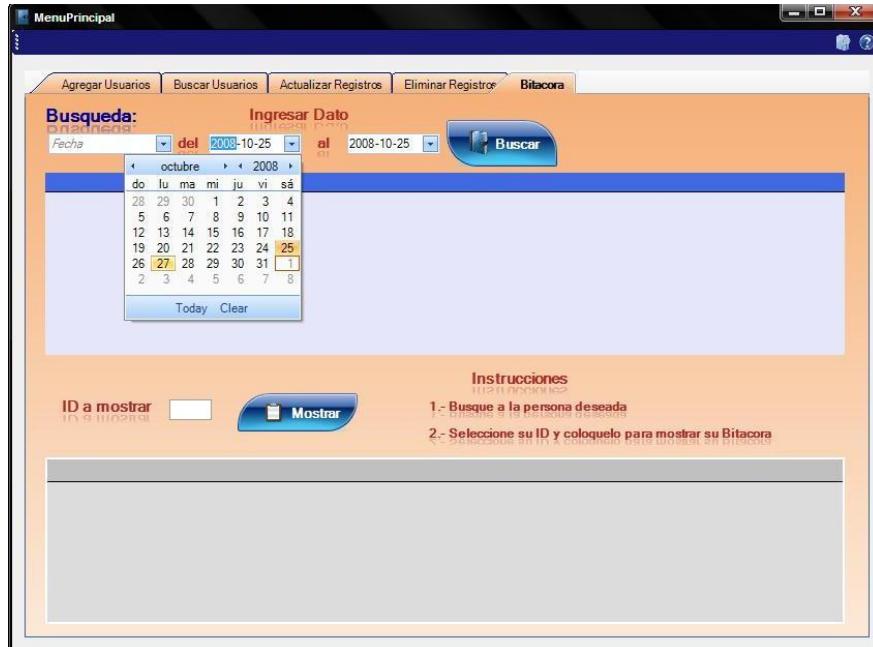


Figura 5.31 Fecha de inicio para búsqueda.

Capítulo5.Resultados

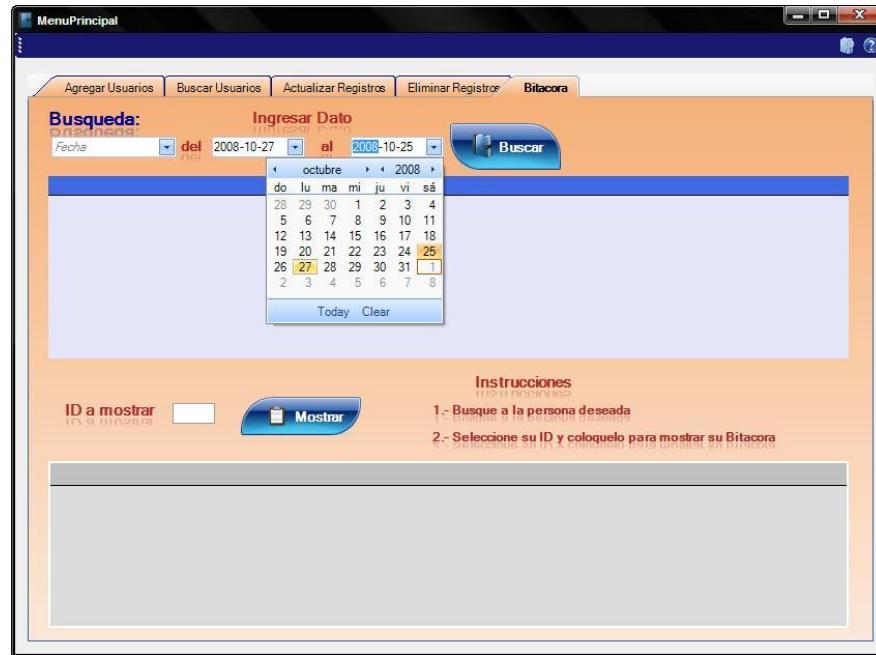


Figura 5.32 Fecha de término de búsqueda.

3. Después de haber hecho la selección del intervalo de búsqueda y dado clic en el botón buscar, se desplegarán todos los usuarios que hayan usado el estacionamiento en esas fechas (Figura 5.33).

The screenshot shows the same application window as Figure 5.32. The 'Ingresar Data' toolbar is visible at the top. Below it, a table displays user data for the selected date range (2008-10-27 to 2008-10-27). The columns are labeled: idusu, nomb, apepat, apemat, modelo, marc, plac, fecha, horaent, and horasal. The data shows multiple entries for user 'Ernesto Torres' with different vehicle details. At the bottom left is an 'ID a mostrar' input field with a dropdown arrow, and a 'Mostrar' button. On the right, under 'Instrucciones', are the same two steps as in Figure 5.32.

idusu	nomb	apepat	apemat	modelo	marc	plac	fecha	horaent	horasal
1	Ernesto	Torres	Casanova	Corsa	Chevrolet	377UCJ	27/10/2008	12:19:03	12:20:34
1	Ernesto	Torres	Casanova	Corsa	Chevrolet	377UCJ	27/10/2008	12:25:01	12:20:34
4	Rabid	Guerrero	Huerta	Jetta	Volkswagen	ERJ6641	27/10/2008	12:18:57	12:20:43
2	Pablo	Hernandez	Reyes	Mustang GT	Ford	PCK855	27/10/2008	12:18:59	12:21:30
3	Alejandro	Cervantes	Najera	G3	Pontiac	MBZ1509	27/10/2008	12:19:01	12:21:44
1	Ernesto	Torres	Casanova	Corsa	Chevrolet	377UCJ	27/10/2008	12:19:03	12:26:14
1	Ernesto	Torres	Casanova	Corsa	Chevrolet	377UCJ	27/10/2008	12:25:01	12:26:14

Figura 5.33 Usuarios correspondientes al periodo establecido.

b) BUSQUEDA POR HORA DE ENTRADA.

1. Para realizar una búsqueda por tiempo, tenemos que seleccionar la opción de **Hora de entrada** u **Hora de salida** (Figura 5.34). Hecho lo anterior mostrarán dos campos (Figura 5.35) que se tienen que llenar con una hora de inicio y una hora de fin.

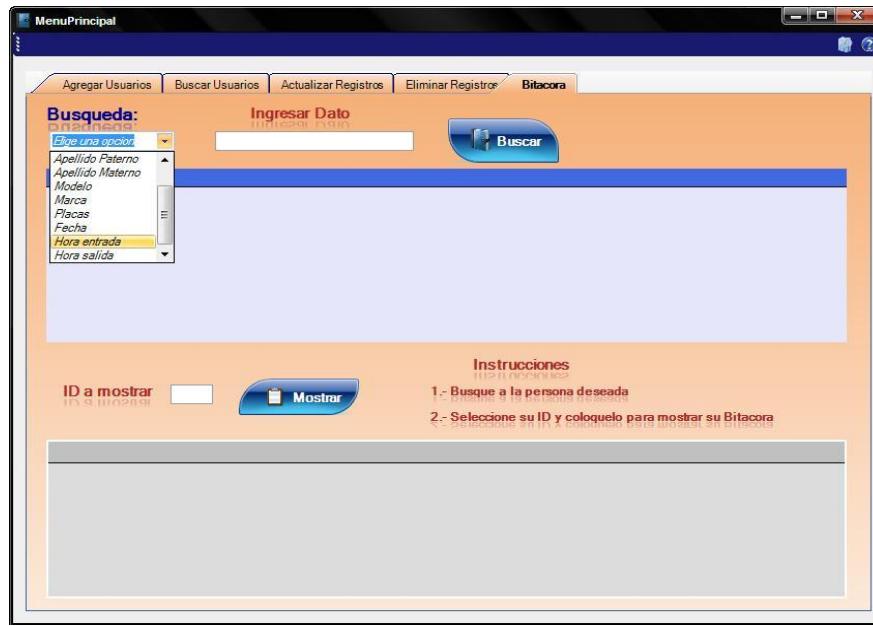


Figura 5.34 Selección del criterio de búsqueda.

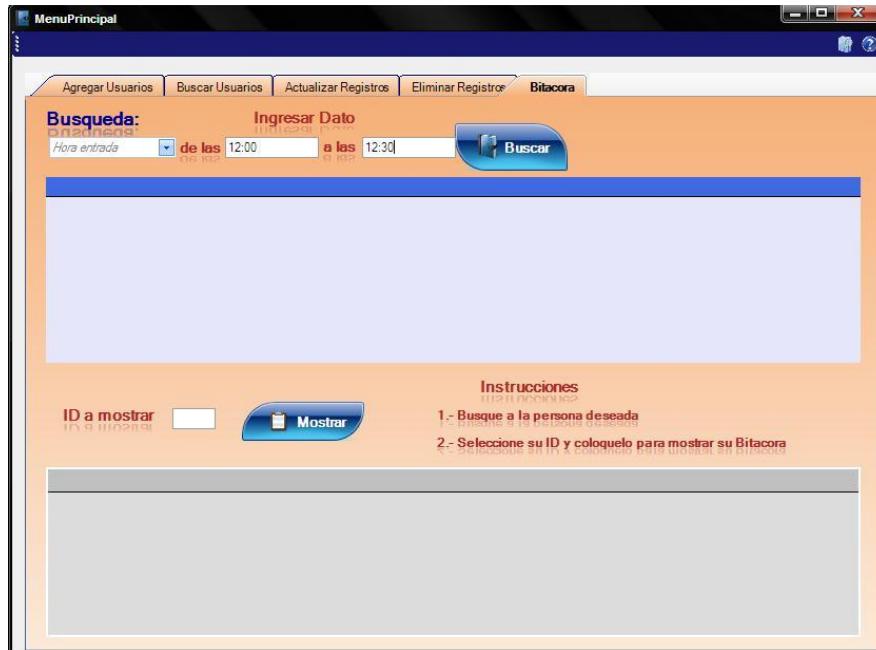


Figura 5.35 Intervalo de búsqueda.

Capítulo5.Resultados

2. Ya que se estableció el intervalo, dar clic en el botón **Buscar**. El programa mostrará a los usuarios que hayan entrado en el periodo establecido (que en el ejemplo es de las 12:00 a las 12:30). (Figura 5.36).



Figura 5.36 Usuarios validos para el horario establecido.

3. Es posible mostrar el número total de entradas y salidas de cualquier usuario. Después de haber hecho una búsqueda, tenemos que introducir el **ID** de alguna persona para mostrar su bitácora (Figura 5.37).



Figura 5.37 ID del Usuario a mostrar

7. Dando clic en el botón **Mostrar**, se desplegaran los datos de entradas y salidas de dicho usuario (Figura 5.38).

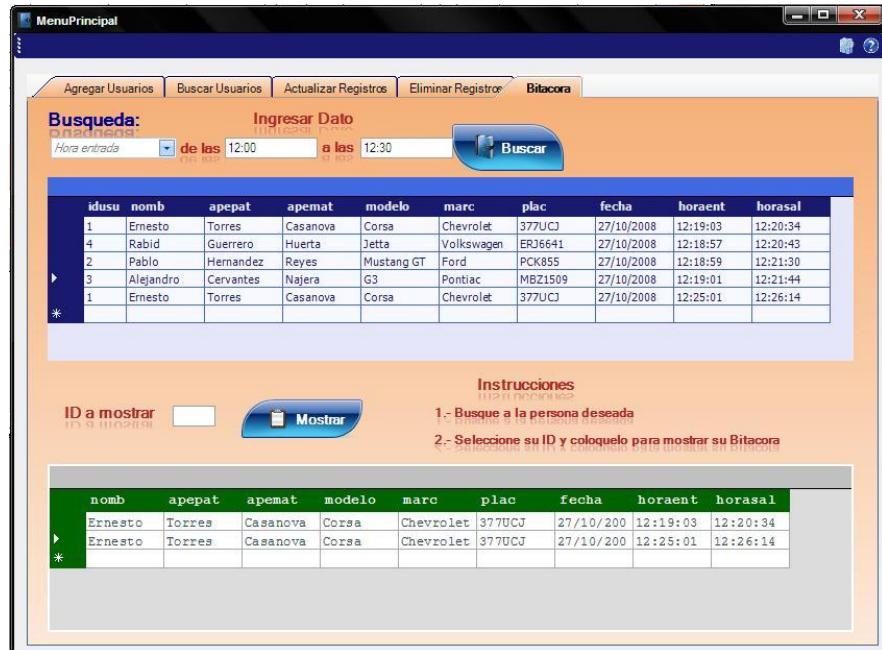


Figura 5.38 No. de veces que ha entrado el usuario.

5.2 Programa de Entradas.

El programa de entradas se inicia dando clic en el botón de la portada general (Figura 5.39). En esta aplicación se manejan dos aspectos fundamentales para el proyecto: a) desde aquí se lleva el control por hora para las entradas; b) También se podrá restringir el acceso al estacionamiento por medio de un horario límite en que los usuarios podrán accesar.



Figura 5.39 Selección del botón "Programa de entrada".

Capítulo5.Resultados

1. Para comenzar el uso de la aplicación de entradas (Figura 5.40) tenemos que introducir el límite de acceso al estacionamiento (Figura 5.41).



Figura 5.40 Programa de entradas.



Figura 5.41 Hora de fin con el formato (HH:mm) en horas (24 Hrs al día).

2. Realizado el paso anterior, se tiene que dar clic en el botón **Inicio** para que comience a registrar a los usuarios que entran al estacionamiento mediante el lector RFID colocado en la entrada.

3. Una vez que se haya leído una tarjeta RFID se mostrará un mensaje de bienvenida (Figura 5.42) en el que se mostraran los datos del usuario. En ese mismo momento se enviarán a la base de datos junto con la hora del acceso para llevar el registro.

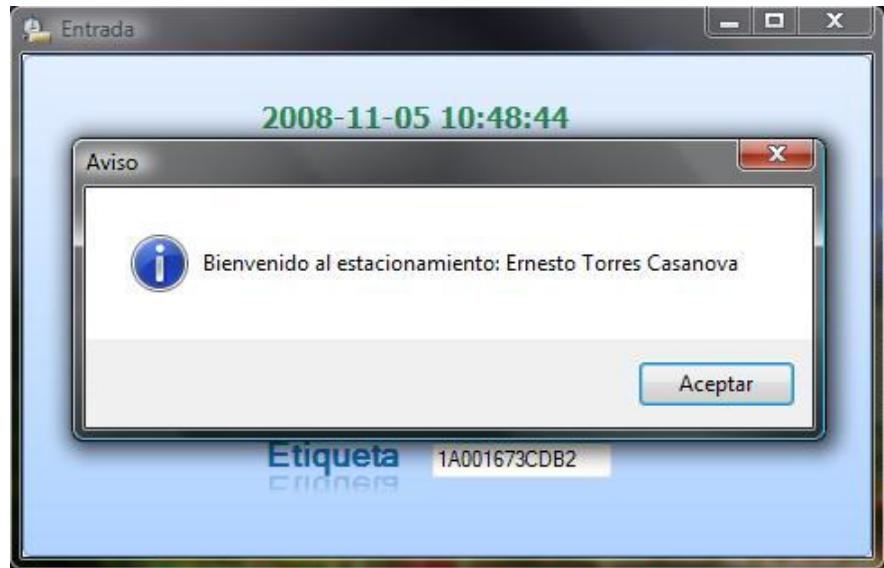


Figura 5.42 Mensaje de bienvenida.

4. Concluido el Horario de entradas, se mostrará un mensaje anunciando que el acceso se terminó (Figura 5.43) impidiendo así el acceso a cualquier vehículo adicional.



Figura 5.43 Mensaje de fin de jornada de acceso.

Capítulo5.Resultados

5. Los mensajes de error para la aplicación son el de “Acceso denegado” (Figura 5.44) que aparecerá cuando haya un usuario no registrado.

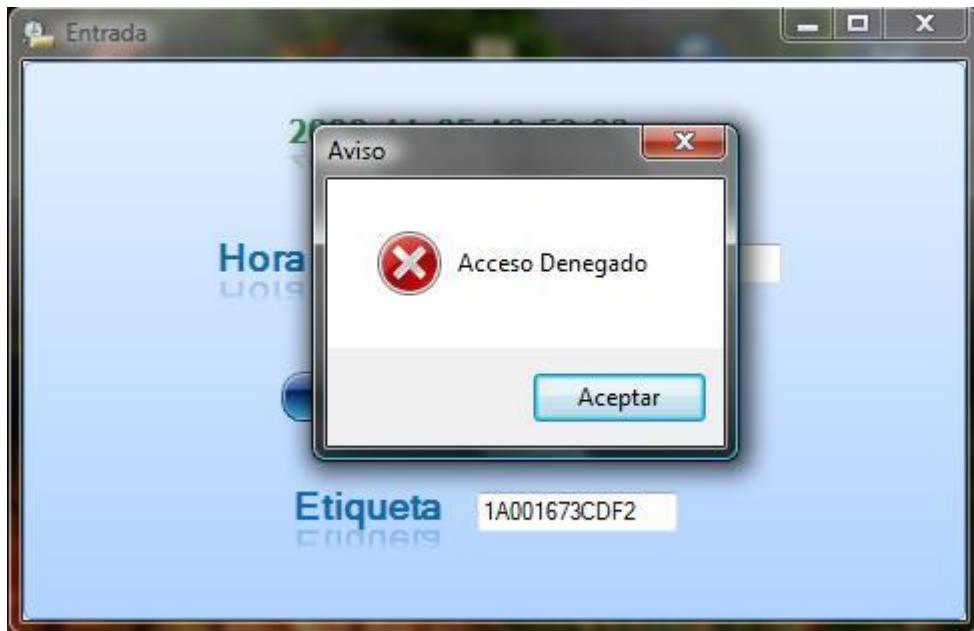


Figura 5.44 Mensaje de Acceso denegado.

5.3 Programa de salida.

La activación de este programa se efectúa dando clic en el botón “Programa de salidas” (Figura 5.45).



Figura 5.45 Inicio del programa de salidas.

El programa de salida (Figura 5.46) se compone de dos partes: la primera de ellas es un reloj que gracias al cual podemos tener un registro de la hora de salida. La segunda parte del programa consta de un teclado numérico para introducir el NIP del usuario.

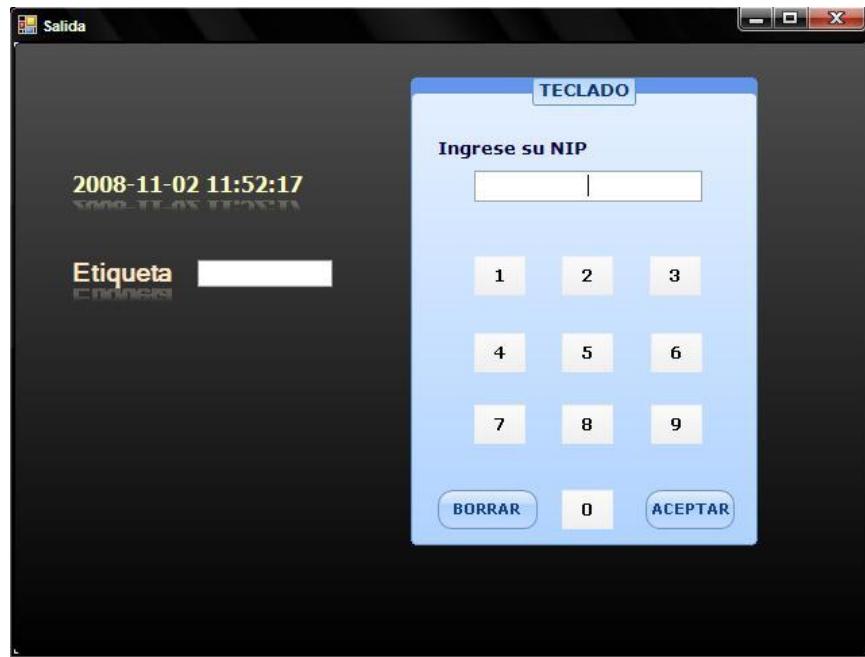


Figura 5.46 Programa para salidas.

El proceso de salida se da de la siguiente forma:

1. El usuario tendrá que introducir su NIP personal (Figura 5.47).

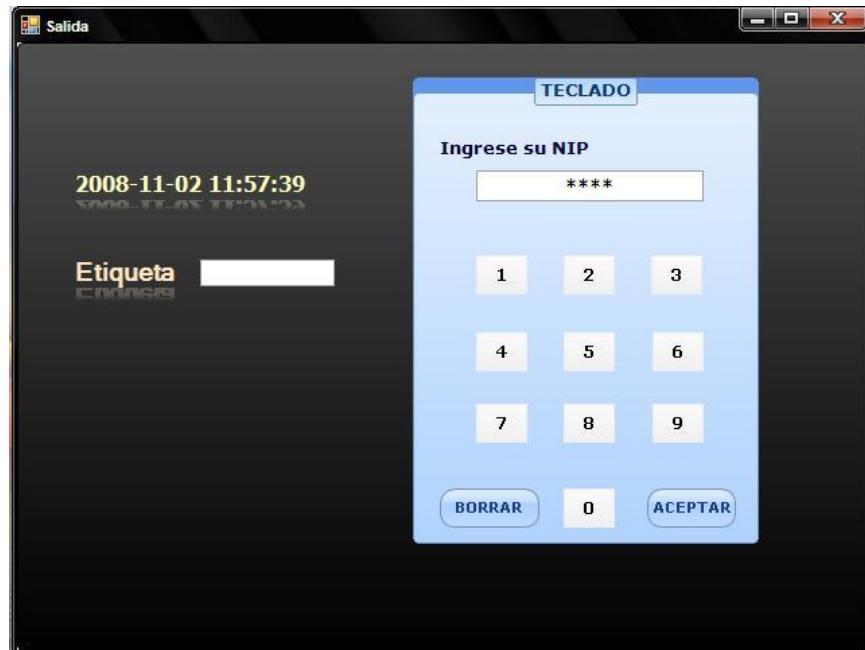


Figura 5.47 Digitación del NIP.

Capítulo5.Resultados

2. Posteriormente, se hará clic en el botón **Aceptar** para que se realice la lectura de la etiqueta RFID (Figura 5.48), que se mostrara en el campo **Etiqueta**.

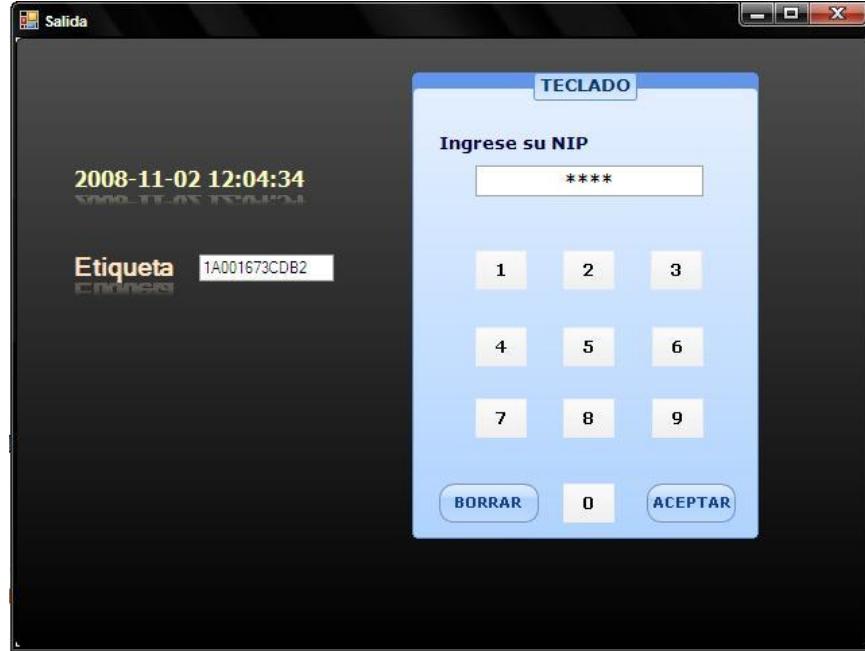


Figura 5.48 Lectura de Etiqueta después de dar clic en Aceptar.

3. Si el NIP proporcionado y la etiqueta RFID leída corresponden al mismo usuario entonces se le permitirá la salida del usuario (Figura 5.49). En ese momento se mandarán los datos junto con la hora de salida Base de Datos (BD).

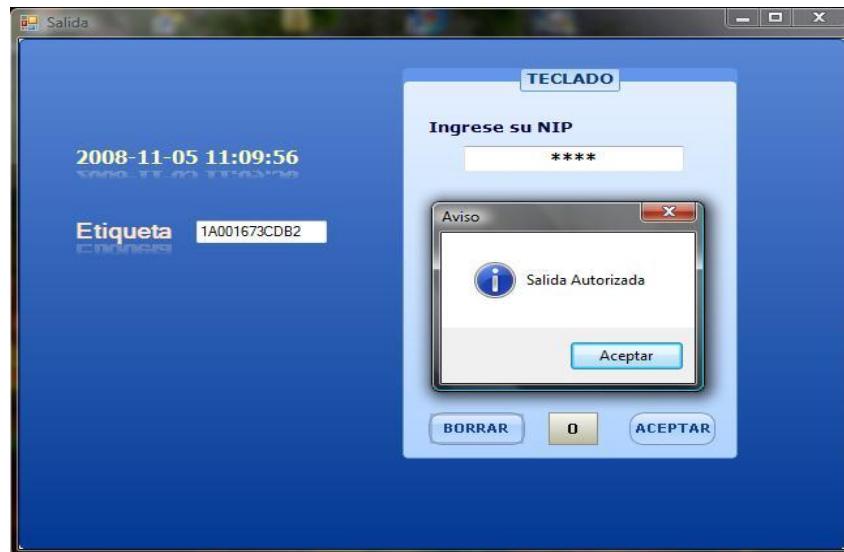


Figura 5.49 Salida autorizada al usuario.

4. En este punto los errores que se pueden presentar son:

- Que el NIP no sea correcto, es decir que no corresponda con el NIP registrado en la BD. Entonces se mostrará un mensaje de error (Figura 5.50).

A partir de aquí el usuario tendrá 2 oportunidades más para teclear un NIP válido. De lo contrario se mostrará un mensaje de “**Robo de Automóvil**” (Figura 5.51).

- Otro error es que la etiqueta leída no corresponda al mismo usuario para lo cual automáticamente se activará un mensaje de “**Robo de Automóvil**” y se activará una alarma (Figura 5.51).

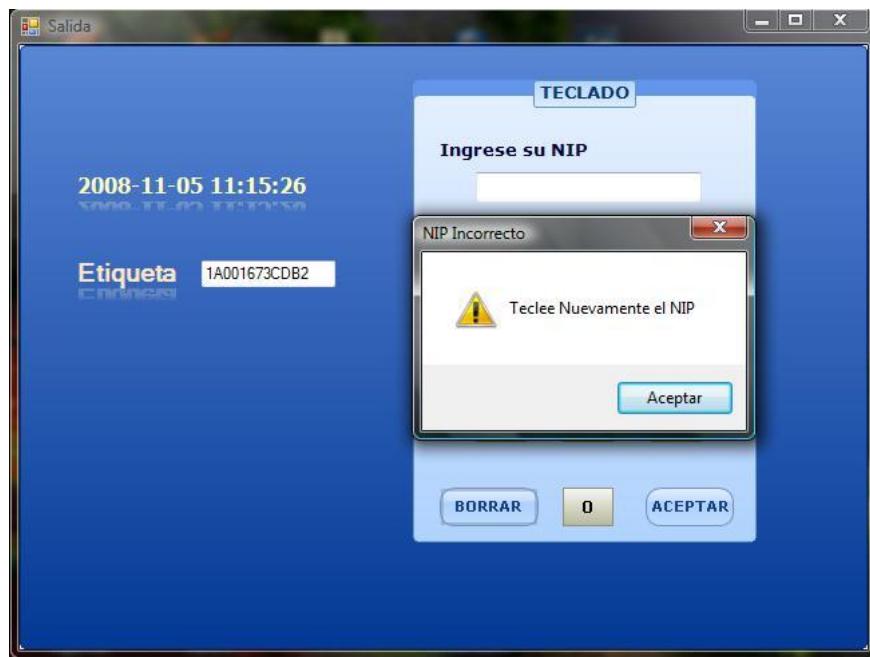


Figura 5.50 Error en el NIP.

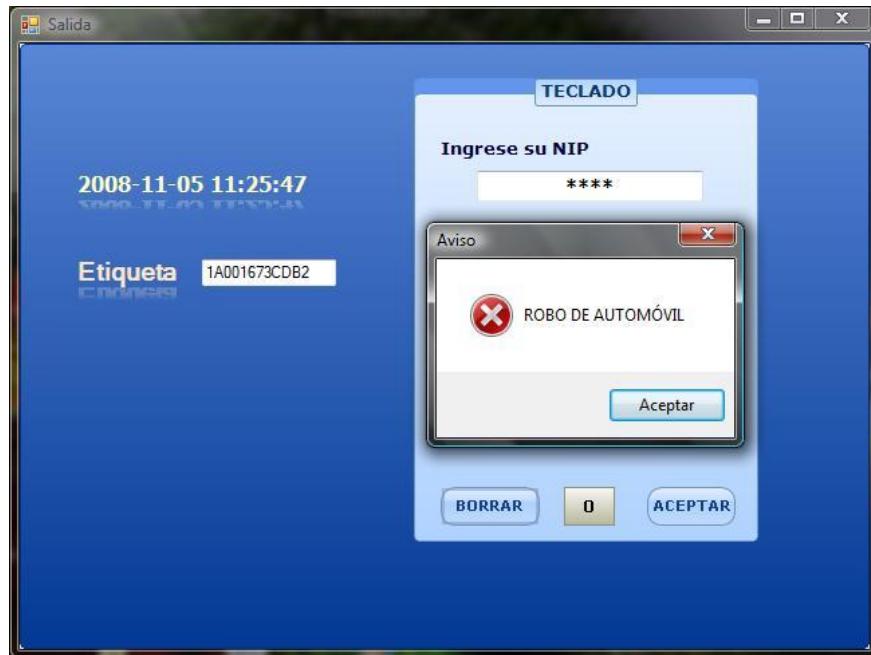


Figura 5.51 Robo de Automóvil.

5.4 Extravío de tarjeta RFID.

Este programa se pensó debido a que existe la posibilidad de que el usuario extravié la etiqueta RFID proporcionada.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Para atender a un reporte de extravío se tiene que ir al con el administrador, quien será el único que podrá ejecutar la aplicación de extravío. Desde el programa de administrador se tiene que dar clic en el botón “Extravío de etiqueta” ubicado en la parte superior derecha de la aplicación (Figura 5.52).

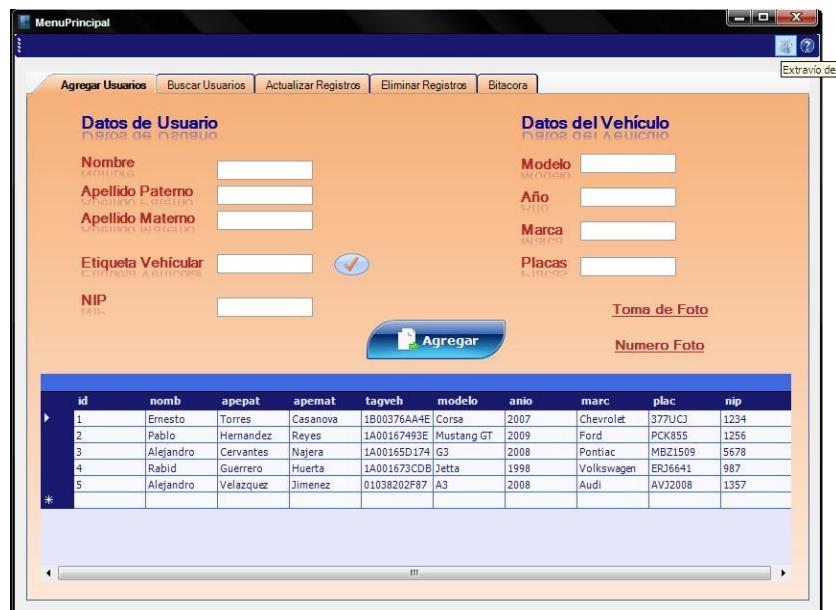


Figura 5.52 Botón extravío de etiqueta.

2. La Figura 5.53 se muestra la aplicación de extravío en la que se tiene que teclear el NIP (Figura 5.54) correspondiente al usuario para que se desplieguen sus datos y se muestre la foto que se tomó al momento del registro (Figura 5.55).

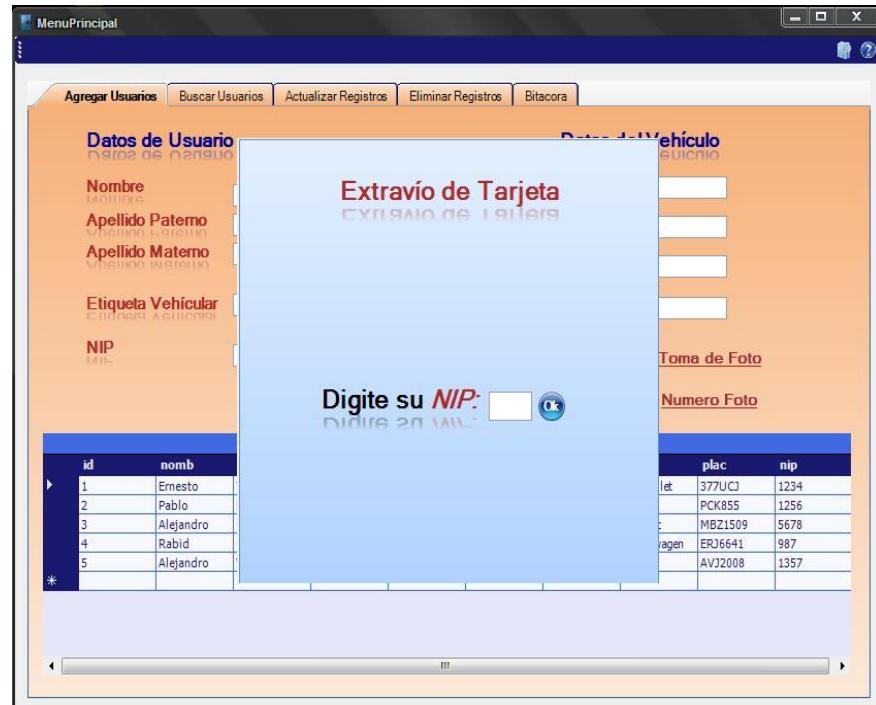


Figura 5.53 Aplicación para el extravío

Capítulo 5. Resultados



Figura 5.54 Tecleo de NIP



Figura 5.55 Datos del usuario junto con su foto para identificación

3. Una vez hecha la verificación de los datos y la debida identificación del usuario, el administrador podrá permitir o negar la salida.

Conclusiones

Finalmente, es posible afirmar que los objetivos generales y particulares del presente proyecto se cumplieron satisfactoriamente, ya que:

- Se le propone una solución a la necesidad de tener un sistema que mejore el control de acceso de vehículos que actualmente se lleva a cabo en los estacionamientos de la Unidad Profesional Lic. Adolfo López Mateos (UPALM), eliminando las deficiencias existentes como:

- Largas filas de vehículos en los accesos principales al área de estacionamientos.
- El uso de pases de acceso (papel).
- Que personas ajenas a las escuelas hagan uso de un espacio en algún estacionamiento.
- Robo de vehículos.

- En base al conocimiento de los elementos que integran a la identificación por radiofrecuencia, se logró identificar su arquitectura y se aplicó en la solución de un problema de la vida real.

- El diseño de la aplicación se basó en la utilización de un sistema RFID, contemplando 2 aspectos como son:

- a) Integrar la parte física del sistema (hardware) con el software de control diseñado para funcionar desde un equipo remoto. El software cumple además con el requisito de presentar una interfaz amigable para el administrador del sistema.
- b) Implementar las aplicaciones necesarias para tener además un sistema registro e identificación de los usuarios.

Cabe mencionar que al proyecto final se le pueden agregar mejoras como:

- Informar a la entrada del estacionamiento, del número de cajones o espacios de estacionamiento vacíos, para evitar al usuario pérdidas de tiempo en buscar un espacio disponible en caso de que no lo hubiera.

Conclusiones

- Realizar el estudio económico y de campo para realizar la implementación física del proyecto. Este estudio sin embargo no ha sido concluido, por lo cual será mostrado en la exposición final del proyecto y se incluirá en el presente trabajo como un anexo.
- La expansión del sistema para que opere mediante una red local que permita administrar el acceso a todos los estacionamientos de la UPALM.

Costos de Proyecto

Los parámetros involucrados en el costo total del proyecto de desarrollo de un software son:

- Costos de hardware y software
- Costos de viajes y capacitación
- Costos de esfuerzo (el pago a los ingenieros de software)

Para este proyecto, los costos de viajes y capacitación no serán tomados en cuenta, ya que el desarrollo se llevó a cabo por los integrantes del equipo, consecuentemente, no se requirió capacitación ni viajes largos para su elaboración.

En cuanto a los costos de software, se realizó el cálculo en base a los siguientes parámetros:

- ✓ Tiempo de programación: 5 meses.
- ✓ Precio del equipo que se utilizó para programar: \$12,000.
- ✓ Sueldo promedio de un programador: \$ 22,000 mensuales.

Se considera una jornada de trabajo, 8 horas diarias de lunes a viernes; en un mes se trabajan 160 horas, que divididas entre el sueldo promedio mensual de un programador, se tiene:

$$\$ 22,000 / 160 \text{ hrs.} = \$ 137.5 / \text{hr.}$$

Es decir, el pago por hora equivale a **\$137.50.**

Las horas en las que se realizó el software con 3 programadores fueron 250 hrs., tomando en cuenta los 5 meses en los cuales se llevó a cabo la programación, ya que se trabajaron en promedio 2.5 hrs. por día.

Por lo tanto, multiplicando el número de horas empleadas en la programación del proyecto, por el pago por hora de programación se tiene la siguiente cifra:

$$250 \text{ hrs.} \times 137.5 \text{ \$/hr.} = \b{34,375.00}$$

A este resultado se le suma el costo del equipo que se utilizó para programar, más un 15% del resultado obtenido, que se considera como la depreciación del equipo.

$$\$ 34,375.00 + \$ 12,000.00 = \b{46375.00}$$

$$\text{El 15\% de depreciación es: } \$ 46375.00 \times 0.15 = \b{6,956.25}$$

Costos de Proyecto

La cifra final correspondiente al costo del software es:

$$\text{Costo de software} = \$ 46375.00 + \$ 6,956.25 = \$ 53,331.25$$

En cuanto a los costos de hardware, se tiene la siguiente tabla:

Material	Costo unitario (\$)	Cantidad	Subtotal
Tarjeta de prueba RFID Demo Board V3.02	3,850.00	1	3,850.00
Etiquetas RFID 125 KHz.	12.00	10	120.00
Lector RFID 125 KHz. ID-12	780.00	1	780.00
TOTAL:			\$ 4,750.00

Sumando el costo del software y hardware, se tiene el costo total del proyecto:

$$\text{Costo total: } \$ 53,331.25 + \$ 4,750.00 = \$ 58,081.00$$

Referencias

Escritas

RFID Oportunidades y riesgos, su aplicación y práctica

L.I. Luis Miguel Godínez González

Alfaomega Grupo Editor

IEEE Applications & Practice

Paul Hartmann, RF SAW Inc.

Daniel W. Engels, University of Texas

IEEE Communications Society

Electrónicas

<http://www.it.uc3m.es/jmb/RFID/rfid.pdf>

<http://sociedaddelainformacion.telefonica.es/jsp/articulos/detalle.jsp?elem=3609>

<http://sociedaddelainformacion.telefonica.es/jsp/articulos/detalle.jsp?elem=3609>

<http://www.metrobus.df.gob.mx>

<http://www.metro.df.gob.mx/servicios/modernidad.html>

Índice de Tablas

Índice de Tablas

Tabla 1.1 Rango de Frecuencias.	3
Tabla 1.2 Sectores que actualmente utilizan RFID.	11
Tabla 1.3 Sistemas RFID	21
Tabla 2.1 Comparativa de etiquetas de tipo activas y pasivas.	25
Tabla 2.2 Frecuencias manejadas por los sistemas RFID.	27
Tabla 3.1 Tabla de costo del sistema RFID	37
Tabla 3.2 Módulos de Baja Frecuencia.	40
Tabla 3.3 Terminales de los módulos de baja frecuencia	41
Tabla 3.4 Terminales de los módulos de alta frecuencia.	43
Tabla 3. 5 Costos de las etiquetas RFID.....	45
Tabla 4.1 Tabla de usuarios.	50
Tabla 4.2 Tabla de entradas.	51
Tabla 4.3 Tabla de salidas.....	52
Tabla 4.4 Datos del vehículo y del propietario	54
Tabla 4.5 Criterios de búsqueda	56
Tabla 4.6 Opciones de datos para actualizar.....	58
Tabla 4.7 Criterios de búsqueda para la sección bitácora.....	61

Índice de Imágenes

Figura 1.1 Etiqueta RFID.	4
Figura 1.2 Lector RFID.	5
Figura 1.3 Base de Datos.	5
Figura 1.4 Identificación de aviones.	6
Figura 1.5 Ingresos generados a nivel mundial por RFID.	8
Figura 1.6 WALMART, primera tienda de autoservicio en implementar RFID.	9
Figura 1.7 Proceso de ensamblaje en la industria automotriz.	9
Figura 1.8 Identificación de aeronaves.	10
Figura 1.9 Nokia RFID.	10
Figura 1.10 Etiquetas RFID en deportes (control de tiempos).	10
Figura 1.11 Pulsera RFID (etiqueta).	11
Figura 1.12 Tarjeta Inteligente con tecnología RFID.	12
Figura 1.13 Tarjeta Electrónica utilizada en el MetroBús.	13
Figura 1.14 Acceso al MetroBús con tarjeta Inteligente	13
Figura 1.15 Estudiantes del Colegio Inglés utilizando RFID.	13
Figura 1.16 Logística.....	14
Figura 1.17 Garantizar frescura en los alimentos.	14
Figura 1.18 Seguimiento en los servicios de paquetería....	15
Figura 1.19 Control en almacenes.	15
Figura 1.20 Etiquetas RFID en los equipajes.....	15

Índice de Imágenes

Figura 1.21 Tráfico en pasos fronterizos	16
Figura 1.22 Pasaportes con etiquetas RFID.....	16
Figura 1.23 Control de alumnos en excursiones.....	16
Figura 1.24 Credenciales escolares con RFID.	17
Figura 1.25 RFID en las bibliotecas escolares.....	17
Figura 1.26 Tecnología RFID en hospitales.....	18
Figura 1.27 RFID en seres vivos	18
Figura 2.1 Proceso de la tecnología de RFID	22
Figura 2.2 Colisión producida por transmisión de información de más de 2 etiquetas simultáneamente.....	23
Figura 2.3 Tipos de etiquetas más comunes: a) tipo botón (con aproximadamente 1.5 cm de diámetro), b) tipo chip (desde 5 mm por lado), c) tipo etiqueta auto adherible (tamaño variable) y d) tipo encapsulado (aproximadamente 8mm de largo).	24
Figura 2.4 Tipos de Lectores: a) lector de estación ó fijo y b) lector manual.	28
Figura 2.5 Antenas RFID.	30
Figura 2.6 Comunicación bidireccional entre el Lector y la Etiqueta RFID.....	31
Figura 2.7 Tipos de modulación por pulsos.....	32
Figura 2.8 Tipos de codificación.....	33
Figura 2.9 RFID cuenta con lectura de etiquetas con protocolo anti-collision.....	34
Figura 3.1 a) Diagrama a bloques, b) Tarjeta de pruebas DEMO BOARD V3.02.....	37
Figura 3.2 Bloque de alimentación.	38
Figura 3.3 Bloque de Control.....	39
Figura 3.4 Bloque de Lectura/Escritura.....	39
Figura 3.5 Diagrama esquemático del módulo de baja frecuencia.	41
Figura 3.7 Diagrama esquemático del módulo de alta frecuencia.	42
Figura 3.6 Módulo de alta frecuencia.	42
Figura 3.8 Bloque de comunicación con la PC.	44
Figura 3.9 Etiqueta RFID	45
Figura 4.1 Esquema del software.	49
Figura 4.2 Esquema del programa de administrador.....	53
Figura 4.3 Algoritmo de agregar registro.	55
Figura 4.4 Algoritmo de búsqueda.....	57
Figura 4.5 Algoritmo para llevar a cabo la actualización de datos.	59
Figura 4.6 Algoritmo para eliminar usuario.....	60
Figura 4.7 Algoritmo para consultar los movimientos dentro del estacionamiento	62
Figura 4.8 Algoritmo para la sección de extravío de etiqueta.....	63
Figura 4.9 Bloque de entradas.	64
Figura 4.10 Algoritmo de entrada.....	65
Figura 4.11 Algoritmo de registro de salidas.....	67
Figura 5.1 Portada de la Aplicación General con los siguientes botones a) Programa de administrador, b) programa de entradas, c) programa de salidas, d) cerrar aplicación, e) información.....	68
Figura 5.2 Clic en el botón Programa Administrador.....	69

Índice de Imágenes

Figura 5.3 Aplicación del administrador.....	69
Figura 5.4 Datos generales del usuario.....	70
Figura 5.5 Captura del CU de la etiqueta RFID.....	71
Figura 5.6 Llenado de los campos vacíos.....	71
Figura 5.7 Mensaje de aprobación.....	72
Figura 5.8 Mensaje de notificación de campos vacíos.....	72
Figura 5.9 Notificación de error en el formato del NIP.....	73
Figura 5.10 Captura de la foto del nuevo usuario.....	73
Figura 5.11 Ventana de búsqueda y criterios de búsqueda.....	74
Figura 5.12 Ventana de búsqueda con el criterio de nombre.....	75
Figura 5.13 Resultados obtenidos después de la búsqueda.....	75
Figura 5.14 Mensaje de aviso para seleccionar el criterio de búsqueda.....	76
Figura 5.15 Aviso de que el dato de la búsqueda no se encuentra dentro de la base de datos.....	77
Figura 5.16 Mensaje que valida que se no esté en blanco el campo de Ingresar dato.....	77
Figura 5.17 Selección del criterio de búsqueda.....	78
Figura 5.18 Dato a buscar.....	78
Figura 5.19 Localización del usuario e introducción del ID personal a actualizar.....	79
Figura 5.20 Datos del usuario seleccionado para su modificación.....	80
Figura 5.21 Registro actualizado correctamente.....	80
Figura 5.22 Selección del ID a eliminar.....	81
Figura 5.23 ID a eliminar.....	81
Figura 5.24 Mensaje de eliminación.....	82
Figura 5.25 Nueva tabla con el registro eliminado.....	82
Figura 5.26 Pestaña Bitácora.....	83
Figura 5.27 Primera parte búsqueda.....	83
Figura 5.28 Nuevos criterios de búsqueda (Fecha, Hora de entrada, Hora de salida).....	84
Figura 5.29 Segunda parte de la pestaña bitácora.....	84
Figura 5.30 Selección de intervalo de Búsqueda.....	85
Figura 5.31 Fecha de inicio para búsqueda.....	85
Figura 5.32 Fecha de término de búsqueda.....	86
Figura 5.33 Usuarios correspondientes al periodo establecido.....	86
Figura 5.34 Selección del criterio de búsqueda.....	87
Figura 5.35 Intervalo de búsqueda.....	87
Figura 5.36 Usuarios validos para el horario establecido.....	88
Figura 5.37 ID del Usuario a mostrar.....	88
Figura 5.38 No. de veces que ha entrado el usuario.....	89
Figura 5.39 Selección del botón "Programa de entrada".....	89
Figura 5.40 Programa de entradas.....	90
Figura 5.41 Hora de fin con el formato (HH:mm) en horas (24 Hrs al día).....	90
Figura 5.42 Mensaje de bienvenida.....	91
Figura 5.43 Mensaje de fin de jornada de acceso.....	91
Figura 5.44 Mensaje de Acceso denegado.....	92
Figura 5.45 Inicio del programa de salidas.....	92
Figura 5.46 Programa para salidas.....	93
Figura 5.47 Digitación del NIP.....	93
Figura 5.48 Lectura de Etiqueta después de dar clic en Aceptar.....	94
Figura 5.49 Salida autorizada al usuario.....	94
Figura 5.50 Error en el NIP.....	95

Índice de Imágenes

Figura 5.51 Robo de Automóvil.....	96
Figura 5.52 Botón extravío de etiqueta.....	97
Figura 5.53 Aplicación para el extravío	97
Figura 5.54 Tecleo de NIP.....	98
Figura 5.55 Datos del usuario junto con su foto para identificación	98